

Przewodnik techniczny – wydanie szóste 2010

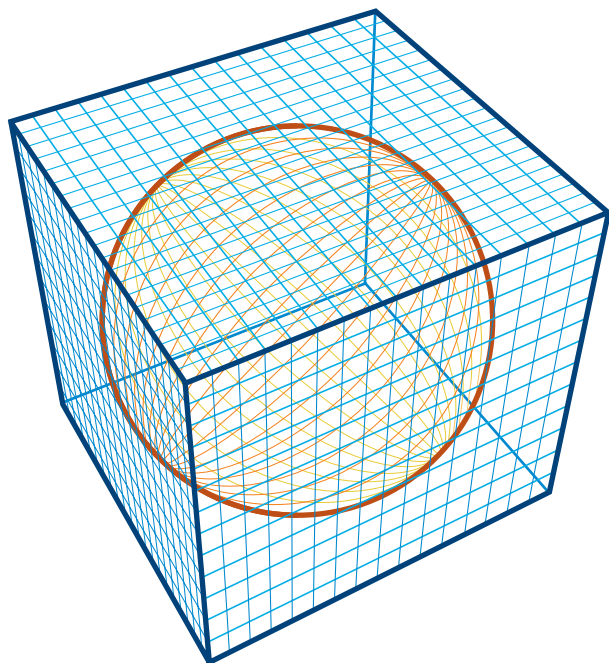
Podręcznik instalacji elektrycznych Układy zabezpieczeń, sterowania i elektryczne

Power and productivity
for a better world™



Podręcznik instalacji elektrycznych

Układy zabezpieczeń, sterowania i elektryczne



Wydanie pierwsze 2003

Wydanie drugie 2004

Wydanie trzecie 2005

Wydanie czwarte 2006

Wydanie piąte 2007

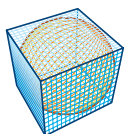
Wydanie szóste 2010

*Wydane przez ABB SACE
via Baioni, 35 - 24123 Bergamo (Włochy)*

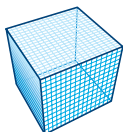
Wszelkie prawa zastrzeżone

Podręcznik instalacji elektrycznych

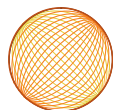
Układy zabezpieczeń, sterowania i elektryczne



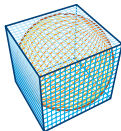
Aspekty ogólne



Część 1
Układy zabezpieczeń i sterowania



Część 2
Układy elektryczne



Aspekty ogólne

Spis treści

| | |
|--|----|
| Wprowadzenie | 6 |
| 1 Normy | |
| 1.1 Aspekty ogólne..... | 7 |
| 1.2 Normy IEC dla instalacji elektrycznych | 19 |

Wprowadzenie

Zakres i przeznaczenie

Niniejszy podręcznik instalacji elektrycznych ma stanowić kompendium wiedzy i szybko dostępne narzędzie przeznaczone dla projektantów i użytkowników instalacji elektrycznych. Nie jest on dokumentem teoretycznym lub katalogiem technicznym. Ma stanowić uzupełnienie takich dokumentów i pomagać w prawidłowym doborze urządzeń dla wielu typów instalacji.

Prawidłowe wymiarowanie instalacji elektrycznej wymaga wiedzy dotyczącej szeregu różnych czynników, na przykład montażu sieci, przewodów elektrycznych lub innych elementów systemu. Zmusza to projektantów do zapoznania się z treścią wielu dokumentów i katalogów technicznych. Niniejszy podręcznik instalacji elektrycznych stanowi jednakże pojedynczy dokument i zawiera tabele umożliwiające szybkie określenie najważniejszych parametrów elementów instalacji elektrycznej oraz dobór zabezpieczeń dla szerokiego zakresu instalacji. Zamieszczone przykłady aplikacyjne mają pomóc w zrozumieniu treści tabel doboru.

Użytkownicy podręcznika instalacji elektrycznych

Podręcznik instalacji elektrycznych jest narzędziem przeznaczonym dla wszystkich tych, którzy interesują się instalacjami elektrycznymi: dla instalatorów i techników utrzymania ruchu, dla których będzie stanowił skrótowe i wygodne kompendium wiedzy elektrotechnicznej oraz dla inżynierów sprzedaży, którzy będą mogli korzystać z zawartych w dokumencie tabel doboru.

Zakres zastosowania podręcznika instalacji elektrycznych

Niektóre tabele przedstawiają przybliżone wartości parametrów, ze względu na uogólnienie procesu wyboru. Przykładem mogą być tabele zawierające parametry konstrukcyjne maszyn elektrycznych. Jeśli było to tylko możliwe, podano współczynniki korekcyjne dla warunków odbiegających od założonych. Tabele opracowywano zawsze w sposób zachowawczy, kładąc nacisk na bezpieczeństwo. W celu uzyskania dokładniejszych wyników obliczeń i dokładniejszego doboru wielkości elementów instalacji elektrycznej zaleca się użycie programu DOC.

1 Normy

1.1 Aspekty ogólne

W każdej dziedzinie techniki, a szczególnie w elektrotechnice, warunkiem wystarczającym (nawet, jeśli nie jest to warunek konieczny) dla realizacji instalacji zgodnie ze "stanem wiedzy" i wymaganiami klientów oraz społeczności jest przestrzeganie wszystkich istotnych przepisów i norm technicznych. Wobec powyższego, dokładna znajomość norm stanowi fundament prawidłowego rozwiązywania problemów napotykanym w instalacjach elektrycznych, które muszą być projektowane tak, aby zapewnić "akceptowalny poziom bezpieczeństwa", który nie jest nigdy absolutny.

Normy prawne

Są to wszystkie normy, z których wynikają zasady zachowania osób prawnych, działających w ramach suwerennego państwa.

Normy techniczne

Normy te stanowią zbiór zaleceń, na podstawie których należy projektować, produkować i kontrolować maszyny, urządzenia, materiały i instalacje, w celu zapewnienia ich sprawności i bezpieczeństwa działania.

Normy techniczne, publikowane przez organizacje krajowe i międzynarodowe, są opracowywane szczegółowo i mogą mieć moc prawną, jeśli zostaną wdrożone, wykorzystując odpowiednie środki legislacyjne.

Obszary zastosowań

| | Elektrotechnika i elektronika | Telekomunikacja | Mechanika, ergonomia i bezpieczeństwo |
|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|--|
| Organizacja międzynarodowa | IEC | ITU | ISO |
| Organizacja europejska | CENELEC | ETSI | CEN |

Niniejszy przegląd techniczny uwzględnia wyłącznie organizacje normalizacyjne zajmujące się elektrotechniką i elektroniką.

IEC – Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (International Electrotechnical Commission - IEC) powstała w 1906 roku. Celem jej założenia było zapewnienie międzynarodowej współpracy w zakresie normalizacji i certyfikacji w dziedzinie elektrotechniki i elektroniki. Stowarzyszenie składa się z międzynarodowych komitetów z ponad 40 krajów z całego świata.

Komisja IEC publikuje normy międzynarodowe, zalecenia techniczne i sprawozdania, które stanowią podstawę lub wzorzec dla wszystkich działań normalizacyjnych, tak krajowych, jak i europejskich.

Normy IEC są zazwyczaj publikowane w dwóch językach: angielskim i francuskim. W 1991 roku komisja IEC ratyfikowała umowę o współpracy z komitetem CENELEC (europejską organizacją normalizacyjną), w zakresie wspólnego planowania nowych działań normalizacyjnych i wspólnego głosowania nad projektami norm.

1 Normy

GENELEC – Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki

Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki (European Committee for Electrotechnical Standardization – CENELEC) został utworzony w 1973 roku. Aktualnie komitet obejmuje 31 państw (Austria, Belgia, Bułgaria, Cypr, Chorwacja, Czechy, Dania, Estonia, Finlandia, Francja, Niemcy, Grecja, Węgry, Islandia, Irlandia, Włochy, Łotwa, Litwa, Luksemburg, Malta, Holandia, Norwegia, Portugalia, Polska, Rumunia, Słowacja, Słowenia, Hiszpania, Szwecja, Szwajcaria, Wielka Brytania) i współpracuje z 12 państwami stowarzyszonymi (Albania, Białoruś, Gruzja, Bośnia i Hercegowina, Tunezja, Republika Macedońska, Serbia, Libia, Czarnogóra, Turcja, Ukraina i Izrael), które początkowo utrzymywały zgodność swoich krajowych dokumentów z wymaganiami CENELEC, a następnie zastąpiły je dokumentami zharmonizowanymi (HD).

Istnieje różnica pomiędzy normami europejskimi EN i dokumentami zharmonizowanymi (HD). Pierwsze z nich muszą zostać zaakceptowane na każdym poziomie, w różnych krajach, bez dodatków lub zmian, natomiast te drugie mogą być aktualizowane w celu spełnienia szczególnych, krajowych wymagań. Normy EN są zazwyczaj publikowane w trzech językach: angielskim, francuskim i niemieckim.

Począwszy od 1991 r. komitet CENELEC współpracuje z komisją IEC w celu przyspieszenia procesu przygotowywania norm międzynarodowych.

Komitet CENELEC zajmuje się określoną tematyką, w przypadku której konieczna jest pilna normalizacja. Jeśli badanie określonej tematyki zostało już rozpoczęte przez komisję IEC, europejski komitet normalizacyjny CENELEC może zaakceptować lub też, w razie konieczności, uzupełnić prace już zatwierdzone przez IEC.

DYREKTYWY UE DLA URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH

Jednym z zadań instytucjonalnych Unii Europejskiej jest publikacja dyrektyw, które muszą być przyjmowane przez poszczególne państwa członkowskie i muszą być wdrażane do stosowania w ramach prawa krajowego.

Po przyjęciu, powyższe dyrektywy obowiązują prawnie i stają się odniesieniem dla producentów, instalatorów i dystrybutorów, którzy muszą przestrzegać nakazów prawa.

Dyrektywy opierają się na następujących zasadach:

- harmonizacja jest ograniczona do kluczowych wymagań;
- tylko produkty spełniające kluczowe wymagania, określone przez dyrektywy, mogą być wprowadzane na rynek i uruchamiane;
- normy zharmonizowane, których numery odniesienia są publikowane w oficjalnym dzienniku UE i są transponowane na normy krajowe, są uznawane za zgodne z kluczowymi wymaganiami;
- stosowanie norm zharmonizowanych lub też innych specyfikacji technicznych jest nieobowiązkowe, a producenci mogą wybierać inne rozwiązania techniczne, w celu spełnienia kluczowych wymagań;
- producent może wybierać spośród różnych procedur oceny zgodności, oferowanych przez daną dyrektywę.

Celem każdej z dyrektyw jest zmuszenie producentów do przedsięwzięcia wszelkich środków i podjęcia wszelkich kroków niezbędnych do zagwarantowania, że produkt nie wpłynie na bezpieczeństwo i zdrowie osób, zwierząt lub mienia.

1 Normy

Dyrektywa niskonapięciowa 2006/95/CE

Dyrektywa niskonapięciowa odnosi się do każdego urządzenia zaprojektowanego do pracy z napięciem znamionowym z przedziału od 50 do 1000 V prądu przemiennego lub od 75 do 1500 V prądu stałego.

W szczególności, dotyczy ona wszelkich urządzeń wykorzystywanych do produkcji, przetwarzania, przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej, takich jak maszyny, transformatory, układy, przyrządy pomiarowe, zabezpieczenia i elementy połączeniowe.

Następujące kategorie leżą poza zakresem tej dyrektywy:

- urządzenia elektryczne przeznaczone do pracy w atmosferze zagrożonej wybuchem;
- urządzenia elektryczne przeznaczone dla radiologii i medycyny;
- urządzenia elektryczne przeznaczone dla wind osobowych i towarowych;
- liczniki energii elektrycznej;
- wtyki i gniazda przeznaczone do użytku domowego;
- sterowniki ogrodzeń elektrycznych;
- zakłócenia radioelektryczne;
- specjalizowane urządzenia elektryczne, przeznaczone dla statków, statków powietrznych lub kolei, które muszą spełnić wymagania bezpieczeństwa określone przez organizacje międzynarodowe, których członkami są państwa członkowskie UE.

Dyrektywa EMC 2004/108/CE (“Kompatybilność elektromagnetyczna”)

Dyrektywa kompatybilności elektromagnetycznej dotyczy wszystkich urządzeń elektrycznych i elektronicznych, jak również systemów i instalacji zawierających elementy elektryczne i/lub elektroniczne. Urządzenia objęte tą dyrektywą są podzielone na następujące kategorie, w zależności od ich przeznaczenia:

- domowe odbiorniki radiowe i telewizyjne;
- przemysłowe urządzenia produkcyjne;
- ruchome urządzenia radiowe;
- ruchome urządzenia radiowe i komercyjne urządzenia radiotelefoniczne;
- urządzenia medyczne i naukowe;
- urządzenia informatyczne (ITE);
- wyposażenie domowe i domowe urządzenia elektroniczne;
- lotnicze i morskie urządzenia radiowe;
- edukacyjne urządzenie elektroniczne;
- sieci telekomunikacyjne i ich wyposażenie;
- nadajniki radiowe i telewizyjne;
- oświetlenie i lampy fluorescencyjne.

Urządzenia muszą być skonstruowane w taki sposób, aby:

- a) generowane przez nie zakłócenia elektromagnetyczne nie przekraczały poziomu umożliwiającego zgodną z przeznaczeniem pracę urządzeń radiowych, telekomunikacyjnych i innych;
- b) urządzenia muszą charakteryzować się samoistną odpornością na zakłócenia elektromagnetyczne, w celu umożliwienia im pracy zgodnie z przeznaczeniem.

Urządzenie spełnia wymagania punktu a) i b) dyrektywy, jeśli spełnia normy zharmonizowane, dotyczące rodziny produktu lub też, w przypadku ich braku, spełnia normy ogólne.

1 Normy

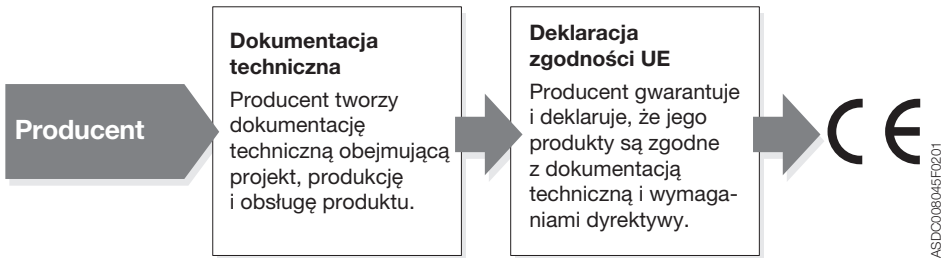
Znak zgodności CE

Znak zgodności CE informuje o spełnieniu wszystkich wymagań narzuconych producentowi, dotyczących jego produktów, w ramach dyrektyw Unii Europejskiej, niezbędnych do przyznania znaku CE.



Kiedy znak CE zostaje przyznany produktowi, stanowi to deklarację producenta lub jego uprawnionego przedstawiciela, że dany produkt spełnia mające zastosowanie wymagania, w tym wymagania dotyczące procedur oceny zgodności. Uniemożliwia to państwom członkowskim ograniczanie sprzedaży i uruchamiania produktów noszących znak CE, chyba że takie środki będą uzasadnione przez udowodnioną niezgodność produktu.

Schemat blokowy procedur oceny zgodności, określony przez dyrektywę 2006/95/CE dla wyposażenia elektrycznego przeznaczonego do pracy w określonym zakresie napięć:



ASDC08045FC201

Morski certyfikat typu

Warunki środowiskowe, charakteryzujące użytkowanie wyłączników w instalacjach pokładowych mogą różnić się od warunków pracy panujących w standardowym środowisku przemysłowym; w rzeczywistości, zastosowania morskie mogą wymagać instalacji pracujących w szczególnych warunkach, takich jak:

- środowisko charakteryzujące się wysoką temperaturą i wilgotnością, w tym słoną mgłą (wilgoć-ciepło, środowisko słonej mgły);
- środowisko pokładowe (maszynownia), w którym urządzenia pracują w obecności drgań o dużej amplitudzie i długim czasie trwania.

W celu zapewnienia prawidłowej pracy w takim środowisku, rejestry statków wymagają, aby urządzenia zostały sprawdzone zgodnie ze specjalnymi procedurami kontrolnymi, z których najważniejszymi jest kontrola wpływu drgań, dynamicznych przechyłów, wilgotności oraz podwyższonej temperatury w suchych warunkach.

1 Normy





Wyłączniki firmy ABB SACE (serii Tmax i Emax) są certyfikowane przez następujące rejestry statków:

| | | |
|---------------|------------------------------|-----------------------------|
| • RINA | Registro Italiano Navale | Włoski rejestr statków |
| • DNV | Det Norske Veritas | Norweski rejestr statków |
| • BV | Bureau Veritas | Francuski rejestr statków |
| • GL | Germanischer Lloyd | Niemiecki rejestr statków |
| • LRs | Lloyd's Register of Shipping | Brytyjski rejestr statków |
| • ABS | American Bureau of Shipping | Amerykański rejestr statków |

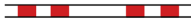







W celu uzyskania informacji dotyczących typologii i parametrów certyfikowanych wyłączników zawsze zaleca się kontakt z firmą ABB SACE lub też sprawdzenie certyfikatów na stronach internetowych <http://bol.it.abb.com>.

Znaki zgodności z odpowiednią normą krajową lub międzynarodową









W poniższej tabeli zebrano – wyłącznie w celach informacyjnych – międzynarodowe i krajowe znaki zgodności:

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|-----------|---|---------------------------|--|
| EUROPA |  | – | Znak zgodności ze zharmonizowanymi normami europejskimi, zamieszczonymi w umowie ENEC |
| AUSTRALIA |  | Znak AS | Produkty elektryczne i nieelektryczne. Gwarantuje zgodność z normami SAA (Standard Association of Australia). |
| AUSTRALIA |  | Znak S.A.A. | Standards Association of Australia (S.A.A.). Urząd Dozoru Energetycznego Nowej Południowej Walii, Sydney, Australia |
| AUSTRIA |  | Austriacki znak zgodności | Wyposażenie instalacyjne i materiały |









1 Normy

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|----------|---|--------------------------|---|
| AUSTRIA |  | Znak identyfikacyjny ÖVE | Kable |
| BELGIA |  | Znak CEBEC | Materiały instalacyjne i urządzenia elektryczne |
| BELGIA |  | Znak CEBEC | Rury i kanały, przewody i przewody giętkie |
| BELGIA |  | Certyfikat zgodności | Materiały instalacyjne i urządzenia elektryczne (w przypadku braku równoważnych norm krajowych lub kryteriów) |
| CANADA |  | Znak CSA | Produkty elektryczne i nieelektryczne. Znak gwarantuje zgodność z normami CSA (Canadian Standard Association). |
| CHINY |  | Znak CCC | Znak jest wymagany dla szerokiego zakresu wytwarzanych produktów, przed ich eksportem lub sprzedażą na rynku ChRL |
| CZECHY |  | Znak EZU' | Instytut Kontroli Elektrotechnicznej |
| SŁOWACJA |  | Znak EVPU' | Elektrotechniczny Instytut Badawczo-Rozwojowy |

1 Normy

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|-----------|---|--|---|
| CHORWACJA |  | KONKAR | Instytut Elektrotechniki |
| DANIA |  | Znak odbioru DEMKO | Materiały niskonapięciowe. Znak ten gwarantuje zgodność produktu z wymaganiami (bezpieczeństwo) przepisów "Przepisy instalacji silnoprądowych". |
| FINLANDIA |  | Znak bezpieczeństwa Elektriska Inspektoratet | Materiały niskonapięciowe. Znak ten gwarantuje zgodność produktu z wymaganiami (bezpieczeństwo) przepisów "Przepisy instalacji silnoprądowych". |
| FRANCJA |  | Znak ESC | Urządzenia do użytku domowego |
| FRANCJA |  | Znak NF | Przewody i kable – rury i kanały – materiały instalacyjne |
| FRANCJA |  | Znak identyfikacyjny NF | Kable |
| FRANCJA |  | Znak NF | Przenośne elektronarzędzia |
| FRANCJA |  | Znak NF | Urządzenia do użytku domowego |

1 Normy

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|----------|---|--|--|
| NIEMCY |  | Znak VDE | Dla urządzeń i wyposażenia technicznego, wyposażenia instalacyjnego, takiego jak wtyczki, gniazda, bezpieczniki, przewody i kable oraz inne elementy (kondensatory, układy uziemienia, oprawy lamp i urządzenia elek-troniczne) |
| NIEMCY |  | Znak identyfikacyjny VDE | Przewody, kable i przewody giętkie |
| NIEMCY |  | Znak VDE dla kabli | Dla kabli, izolowanych przewodów giętkich, rur i kanałów instalacyjnych |
| NIEMCY |  | Znak VDE-GS dla wyposażenia technicznego | Znak bezpieczeństwa dla wyposażenia technicznego, przyznawany po kontroli i certyfikacji produktu przez laboratorium badawcze VDE w Offenbach; znakiem zgodności jest znak VDE, który jest przyznawany w celu niezależnego stosowania lub też stosowania wraz ze znakiem GS. |
| WĘGRY |  | MEEI | Węgierski Instytut Kontroli i Certyfikacji Urządzeń Elektrycznych |
| JAPONIA |  | Znak JIS | Znak gwarantujący zgodność z odpowiednimi japońskimi normami przemysłowymi |
| IRLANDIA |  | Znak IIRS | Urządzenia elektryczne |
| IRLANDIA |  | Znak IIRS | Urządzenia elektryczne |

1 Normy

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|-----------|---|---------------------------|--|
| WŁOCHY |  | Znak IMQ | Znak przyznawany materiałom elektrycznym przeznaczonym dla niewykwalifikowanych użytkowników; poświadcza zgodność z normami europejskimi |
| NORWEGIA |  | Norweski znak homologacji | Obowiązkowa homologacja bezpieczeństwa dla materiałów i urządzeń niskonapięciowych |
| HOLANDIA |  | KEMA-KEUR | Ogólny dla wszelkich urządzeń |
| POLSKA |  | BBJ-SEP | Produkty elektryczne |
| ROSJA |  | Certyfikat zgodności | Produkty elektryczne i nieelektryczne. Gwarantuje zgodność z normami krajowymi (GOST) |
| SINGAPUR |  | SISIR | Produkty elektryczne i nieelektryczne |
| SŁOWENIA |  | SIQ | Słoweński Instytut Jakości i Metrologii |
| HISZPANIA |  | AEE | Produkty elektryczne. Znak kontrolowany przez Asociación Electrotécnica Española (Hiszpańskie Stowarzyszenie Elektrotechniczne). |




1 Normy

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|-----------------|---|----------------------------|---|
| HISZPANIA |  | AENOR | Asociación Española de Normalización y Certificación (Hiszpańskie Stowarzyszenie Normalizacji i Certyfikacji) |
| SZWECJA |  | Znak SEMKO | Obowiązkowa homologacja bezpieczeństwa dla materiałów i urządzeń niskonapięciowych |
| SZWAJCARIA |  * PZ 1 | Znak bezpieczeństwa | Szwajcarskie materiały niskonapięciowe podlegające obowiązkowej homologacji (bezpieczeństwa) |
| SZWAJCARIA |  ----- | | Kable podlegające obowiązkowej homologacji |
| SZWAJCARIA |  | Znak bezpieczeństwa SEV | Materiały niskonapięciowe podlegające obowiązkowej homologacji |
| WIELKA BRYTANIA |  | Znak ASTA | Znak gwarantujący zgodność z odpowiednimi "normami brytyjskimi" |
| WIELKA BRYTANIA |  | Znak BASEC | Znak, który gwarantuje zgodność z "normami brytyjskimi" dla przewodników, kabli i wyposażenia dodatkowego |
| WIELKA BRYTANIA |  | Znak identyfikacyjny BASEC | Kable |

1 Normy

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|-----------------|---|--------------------------------|--|
| WIELKA BRYTANIA |  | Znak bezpieczeństwa BEAB | Zgodność z "normami brytyjskimi" dla wyposażenia domowego |
| WIELKA BRYTANIA |  | Znak bezpieczeństwa BSI | Zgodność z "normami brytyjskimi" |
| WIELKA BRYTANIA |  | BEAB Kitemark | Zgodność z odpowiednimi "normami brytyjskimi" dotyczącymi bezpieczeństwa i parametrów |
| USA |  | Znak UNDERWRITERS LABORATORIES | Produkty elektryczne i nieelektryczne |
| USA |  | Znak UNDERWRITERS LABORATORIES | Produkty elektryczne i nieelektryczne |
| USA. |  | Znak UL Recognition | Produkty elektryczne i nieelektryczne |
| CEN |  | Znak CEN | Znak przyznawany przez Europejski Komitet Normalizacyjny (CEN): gwarantuje zgodność z normami europejskimi |
| CENELEC |  | Znak CENELEC | Kable |

1 Normy

| PAŃSTWO | Symbol | Znak zgodności | Zastosowanie/organizacja |
|---------|---|-------------------|---|
| CENELEC |  | Znak harmonizacji | Znak certyfikacji gwarantujący, że kabel spełnia odpowiednie normy zharmonizowane z CENELEC – znak identyfikacyjny |
| EC |  | Znak Ex EUROPEA | Znak gwarantujący zgodność z odpowiednimi normami europejskimi produktów przeznaczonych do pracy w atmosferze zagrożonej wybuchem |
| CEEel |  | Znak CEEel | Znak stosowany dla niektórych urządzeń domowych (golarki, zegarki elektroniczne, itd.). |

Deklaracja zgodności UE

Deklaracja zgodności UE stanowi oświadczenie producenta, który deklaruje na własną odpowiedzialność, że wszystkie urządzenia, procedury lub usługi spełniają wymagania odpowiednich norm (dyrektyw) lub innych dokumentów normatywnych.

Deklaracja zgodności UE musi zawierać następujące informacje:

- nazwa i adres producenta lub jego europejskiego przedstawiciela;
- opis produktu;
- przytoczone zharmonizowane normy lub dyrektywy, których sprawa dotyczy;
- odnośniki do technicznych specyfikacji zgodności;
- dwie ostatnie cyfry roku przyznania znaku CE;
- identyfikację osoby podpisującej dokument.

Kopia deklaracji zgodności UE musi być przechowywana przez producenta lub jego przedstawiciela wraz z dokumentacją techniczną.

1 Normy

1.2 Normy IEC dla instalacji elektrycznych

Na kolejnych stronach przedstawiono listę najważniejszych norm, odnoszących się do najbardziej typowych aplikacji niskonapięciowych. Normy podano wraz z rokiem ich publikacji.

Podane normy mogły zostać zaktualizowane, ale nie podano tutaj opublikowanych zmian.

| NORMA | ROK | TYTUŁ |
|-----------------------|------------|--|
| IEC 60027-1 | 1992 | Symbole i oznaczenia literowe stosowane w elektryce – Część 1: Zasady ogólne |
| IEC 60034-1 | 2010 | Maszyny elektryczne wirujące – Część 1: Dane znamionowe i parametry |
| IEC 60617-DB-Snapshot | 2010 | Symbole graficzne stosowane w schematach |
| IEC 61082-1 | 2006 | Przygotowanie dokumentów używanych w elektrotechnice – Część 1: Podstawowe zasady |
| IEC 60038 | 2009 | Napięcia znormalizowane IEC |
| IEC 60664-1 | 2007 | Koordinacja izolacji urządzeń elektrycznych w układach niskiego napięcia – Część 1: Zasady, wymagania i badania |
| IEC 60909-0 | 2001 | Prądy zwarciove w sieciach trójfazowych prądu przemiennego – Część 0: Obliczanie prądów |
| IEC 60865-1 | 1993 | Obliczanie skutków prądów zwarciowych – Część 1: Definicje i metody obliczania |
| IEC 60076-1 | 2000 | Transformatory – Część 1: Wymagania ogólne |
| IEC 60076-2 | 1993 | Transformatory – Część 2: Przyrosty temperatury |
| IEC 60076-3 | 2000 | Transformatory – Część 3: Poziomy izolacji, próby wytrzymałości elektrycznej i zewnętrzne odstępy izolacyjne w powietrzu |
| IEC 60076-5 | 2006 | Transformatory – Część 5: Wytrzymałość zwarciova |
| IEC/TR 60616 | 1978 | Oznakowanie przyłączy kablowych i zaczeów transformatorów mocy |
| IEC 60076-11 | 2004 | Transformatory – Część 11: Transformatory suche |
| IEC 60445 | 2010 | Zasady podstawowe i zasady bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja – Identyfikacja zacisków urządzeń i zakończeń przewodów |
| IEC 60073 | 2002 | Zasady podstawowe i zasady bezpieczeństwa przy współdziałaniu człowieka z maszyną, oznaczanie i identyfikacja. Zasady kodowania wskaźników i elementów manipulacyjnych |
| IEC 60447 | 2004 | Podstawowe zasady oraz zasady bezpieczeństwa dotyczące współdziałania człowieka z maszyną, znakowanie i identyfikacja. Zasady manewrowania |
| IEC 60947-1 | 2007 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 1: Postanowienia ogólne |
| IEC 60947-2 | 2009 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 2: Wyłączniki |

1 Normy

| NORMA | ROK | TYTUŁ |
|---------------|------------|---|
| IEC 60947-3 | 2008 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 3: Rozłączniki, odłączniki, rozłączniki izolacyjne i zestawy łączników z bezpiecznikami topikowymi |
| IEC 60947-4-1 | 2009 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 4-1: Styczniki i rozruszniki do silników – Mechanizmowe styczniki i rozruszniki do silników |
| IEC 60947-4-2 | 2007 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 4-2: Styczniki i rozruszniki – Półprzewodnikowe sterowniki i rozruszniki do silników prądu przemiennego |
| IEC 60947-4-3 | 2007 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 4-3: Styczniki i rozruszniki – Półprzewodnikowe styczniki i rozruszniki prądu przemiennego do obciążeń innych niż silniki |
| IEC 60947-5-1 | 2009 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5-1: Aparaty i łączniki sterownicze – Elektromechaniczne aparaty sterownicze |
| IEC 60947-5-2 | 2007 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5-2: Aparaty i łączniki sterownicze – Łączniki zbliżeniowe |
| IEC 60947-5-3 | 2005 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5-3: Aparaty i łączniki sterownicze – Wymagania dotyczące urządzeń zbliżeniowych o określonym sposobie zachowania się w warunkach defektu |
| IEC 60947-5-4 | 2002 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5: Aparaty i łączniki sterownicze – Rozdział 4: Metody zapewnienia styczności styków o małej energii. Badania specjalne. |
| IEC 60947-5-5 | 2005 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5-5: Aparaty i łączniki sterownicze – Elektryczne urządzenia zatrzymania awaryjnego z funkcją blokady mechanicznej |
| IEC 60947-5-6 | 1999 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 5-6: Aparaty i łączniki sterownicze. Interfejsy d.c. czujników zbliżeniowych i wzmacniaczy łączeniowych (NAMUR). |
| IEC 60947-6-1 | 2005 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 6-1: Łączniki wielozadaniowe – Urządzenia przełączające |
| IEC 60947-6-2 | 2007 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 6-2: Łączniki wielozadaniowe – Łączniki (lub urządzenia) sterownicze i zabezpieczeniowe (CPS) |
| IEC 60947-7-1 | 2009 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 7: Wyposażenie pomocnicze – Rozdział 1: Listwy zaciskowe do przewodów miedzianych |

1 Normy

| NORMA | ROK | TYTUŁ |
|---------------|------------|---|
| IEC 60947-7-2 | 2009 | Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa – Część 7: Wyposażenie pomocnicze – Rozdział 2: Listwy zaciskowe przewodu ochronnego do przewodów miedzianych |
| IEC 61439-1 | 2009 | Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 1: Postanowienia ogólne |
| IEC 60439-2 | 2005 | Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 2: Rozdzielnice i sterownice do rozdziału energii elektrycznej. |
| IEC 60439-3 | 2001 | Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 3: Rozdzielnice tablicowe przeznaczone do obsługi przez osoby postronne (DBO) |
| IEC 60439-4 | 2004 | Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 4: Wymagania dotyczące zestawów przeznaczonych do instalowania na terenach budów (ACS) |
| IEC 60439-5 | 2006 | Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 5: Wymagania szczegółowe dotyczące zestawów do rozdziału energii w sieciach publicznych |
| IEC 61095 | 2009 | Styczniki elektromechanizmowe do zastosowań domowych i podobnych |
| IEC/TR 60890 | 1987 | Metoda wyznaczania przez ekstrapolację przyrostów temperatury niskonapięciowych rozdzielnic i sterownic badanych w niepełnym zakresie badań typu (PTTA) |
| IEC/TR 61117 | 1992 | Metoda wyznaczania wytrzymałości zwarciowej zestawów sprawdzanych w niepełnym zakresie badań typu (PTTA) |
| IEC 60092-303 | 1980 | Instalacje elektryczne na statkach. Część 303: Wyposażenie – Transformatory instalacji zasilania i oświetlenia |
| IEC 60092-301 | 1980 | Instalacje elektryczne na statkach. Część 301: Wyposażenie – Generatory i silniki |
| IEC 60092-101 | 2002 | Instalacje elektryczne na statkach – Część 101: Definicje i wymagania ogólne |
| IEC 60092-401 | 1980 | Instalacje elektryczne na statkach. Część 401: Wykonanie i badanie instalacji |
| IEC 60092-201 | 1994 | Instalacje elektryczne na statkach – Część 201: Projektowanie systemu – Postanowienia ogólne |
| IEC 60092-202 | 1994 | Instalacje elektryczne na statkach – Część 202: Projektowanie systemu – Zabezpieczenia |

1 Normy

| STANDARD | YEAR | TITLE |
|----------------|------|--|
| IEC 60092-302 | 1997 | Instalacje elektryczne na statkach – Część 302: Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa |
| IEC 60092-350 | 2008 | Instalacje elektryczne na statkach – Część 350: Kable elektroenergetyczne okrętowe – Ogólne wymagania dotyczące konstrukcji i badań |
| IEC 60092-352 | 2005 | Instalacje elektryczne na statkach – Część 352: Dobór i montaż kabli elektrycznych |
| IEC 60364-5-52 | 2009 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprzewodowanie |
| IEC 60227 | | Kable o izolacji z polichlorku winylu na napięcie znamionowe do 450/750 V |
| | 2007 | Część 1: Wymagania ogólne |
| | 2003 | Część 2: Metody badań |
| | 1997 | Część 3: Kable bez pancerzy przeznaczone dla okablowania stałego |
| | 1997 | Część 4: Kable opancerzone przeznaczone dla okablowania stałego |
| | 2003 | Część 5: Kable i przewody giętkie |
| | 2001 | Część 6: Kable urządzeń dźwigowych i przeznaczone dla połączeń elastycznych |
| | 2003 | Część 7: Kable elastyczne, ekranowane i nieekranowane, dwużyłowe lub o większej liczbie żył |
| IEC 60228 | 2004 | Żyły kabli izolowanych |
| IEC 60245 | | Kable o izolacji gumowej na napięcie znamionowe do 450/750 V |
| | 2008 | Część 1: Wymagania ogólne |
| | 1998 | Część 2: Metody badań |
| | 1994 | Część 3: Kable o izolacji silikonowej odporne na działanie temperatury |
| | 2004 | Część 4: Kable i przewody giętkie |
| | 1994 | Część 5: Kable dla urządzeń dźwigowych |
| | 1994 | Część 6: Kable elektrod spawalniczych |
| | 1994 | Część 7: Kable o izolacji z etylen-octan winylu odporne na działanie temperatury |
| | 2004 | Część 8: Przewody giętkie wymagające dużej elastyczności |
| IEC 60309-2 | 2005 | Gniazda wtyczkowe i wtyczki do instalacji przemysłowych – Część 2: Wymagania dotyczące zamienności wyrobów z zestykami tulejkowo-kołkowymi |
| IEC 61008-1 | 2010 | Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB) – Część 1: Postanowienia ogólne |
| IEC 61008-2-1 | 1990 | Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB) Część 2-1: Stosowanie postanowień ogólnych do wyłączników RCCB o działaniu niezależnym od napięcia sieci |

1 Normy

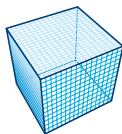
| NORMA | ROK | TYTUŁ |
|----------------|------------|---|
| IEC 61008-2-2 | 1990 | Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB) Część 2-2: Stosowanie postanowień ogólnych do wyłączników RCCB o działaniu zależnym od napięcia sieci |
| IEC 61009-1 | 2010 | Wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym do użytku domowego i podobnego (RCBO) – Część 1: Postanowienia ogólne |
| IEC 61009-2-1 | 1991 | Wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym do użytku domowego i podobnego (RCBO) – Część 2-1: Stosowanie postanowień ogólnych do wyłączników RCCB o działaniu niezależnym od napięcia sieci |
| IEC 61009-2-2 | 1991 | Wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym do użytku domowego i podobnego (RCBO) – Część 2-2: Stosowanie postanowień ogólnych do wyłączników RCBO o działaniu zależnym od napięcia sieci |
| IEC 60670-1 | 2002 | Puszki i obudowy do sprzętu elektroinstalacyjnego do stałych instalacji elektrycznych domowych i podobnych – Część 1: Wymagania ogólne |
| IEC 60669-2-1 | 2009 | Łączniki do stałych instalacji elektrycznych domowych i podobnych – Część 2-1: Wymagania szczegółowe – Łączniki elektroniczne |
| IEC 60669-2-2 | 2006 | Łączniki do stałych instalacji elektrycznych domowych i podobnych – Część 2: Wymagania szczegółowe - Rozdział 2: Elektromagnetyczne łączniki zdalnie sterowane (RCS) |
| IEC 60669-2-3 | 2006 | Łączniki do stałych instalacji elektrycznych domowych i podobnych – Część 2-3: Wymagania szczegółowe – Łączniki zwłoczne (TDS) |
| IEC 60079-10-1 | 2009 | Atmosfery wybuchowe – Część 10 -1: Klasyfikacja przestrzeni – Gazowe atmosfery wybuchowe |
| IEC 60079-14 | 2007 | Atmosfery wybuchowe - Część 14: Projektowanie, dobór i montaż instalacji elektrycznych |
| IEC 60079-17 | 2007 | Atmosfery wybuchowe – Część 17: Kontrola i konserwacja instalacji elektrycznych |
| IEC 60269-1 | 2009 | Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe – Część 1: Wymagania ogólne |
| IEC 60269-2 | 2010 | Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe. Część 2: Wymagania dodatkowe dotyczące bezpieczników przeznaczonych do wymiany przez osoby wykwalifikowane (bezpieczniki głównie do stosowania w przemyśle) – Przykłady znormalizowanych systemów bezpiecznikowych od A do J |

1 Normy

| NORMA | ROK | TYTUŁ |
|----------------|------------|---|
| IEC 60269-3 | 2010 | Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe – Część 3-1: Wymagania dodatkowe dotyczące bezpieczników przeznaczonych do wymiany przez osoby niewykwalifikowane (bezpieczniki głównie dla gospodarstw domowych i podobnych zastosowań) – Przykłady znormalizowanych systemów bezpiecznikowych od A do F |
| IEC 60127-1/10 | | Bezpieczniki topikowe miniaturowe. |
| | 2006 | Część 1: Definicje dotyczące bezpieczników topikowych miniaturowych oraz ogólne wymagania dotyczące wkładek topikowych miniaturowych |
| | 2010 | Część 2: Wkładki topikowe zamknięte |
| | 1988 | Część 3: Wkładki topikowe subminiaturowe |
| | 2005 | Część 4: Wkładki topikowe modułowe uniwersalne (UMF) do montażu przewlekanego i powierzchniowego |
| | 1988 | Część 5: Wytyczne do oceny jakości wkładek topikowych miniaturowych |
| | 1994 | Część 6: Podstawy zespolone do wkładek topikowych miniaturowych |
| | 2001 | Część 10: Przewodnik do bezpieczników topikowych miniaturowych |
| EC 60364-1 | 2005 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 1: Wymagania podstawowe, ustalanie ogólnych charakterystyk, definicje |
| IEC 60364-4-41 | 2005 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed porażeniem elektrycznym |
| IEC 60364-4-42 | 2010 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-42: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed skutkami oddziaływania cieplnego |
| IEC 60364-4-43 | 2008 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed prądem przetężeniowym |
| IEC 60364-4-44 | 2007 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-44: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa – Ochrona przed zakłóceniami napięciowymi i zaburzeniami elektromagnetycznymi |
| IEC 60364-5-51 | 2005 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-51: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Postanowienia ogólne |
| IEC 60364-5-52 | 2009 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprzewodowanie |
| IEC 60364-5-53 | 2002 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Odłączanie izolacyjne, łączenie i sterowanie |
| IEC 60364-5-54 | 2002 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Układy uziemiające i przewody ochronne |

1 Normy

| NORMA | ROK | TYTUŁ |
|------------------|-------------|--|
| IEC 60364-5-55 | 2008 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 5-55: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Inne wyposażenie |
| IEC 60364-6 | 2006 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 6: Sprawdzenie |
| IEC 60364-7 | 2004...2010 | Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 7: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji |
| IEC 60529 | 2001 | Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy. (Kod IP). |
| IEC 61032 | 1997 | Ochrona osób i urządzeń za pomocą obudów. Próbniki do sprawdzania. |
| IEC/TR 61000-1-1 | 1992 | Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 1: Postanowienia ogólne – Rozdział 1: Stosowanie i interpretacja podstawowych definicji i terminów |
| IEC/TR 61000-1-3 | 2002 | Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) – Część 1-3: Postanowienia ogólne – Wpływ impulsu elektromagnetycznego dużej wysokości EMP (HEMP) na cywilne wyposażenie i systemy |



Część 1

Układy zabezpieczeń i sterowania

Spis treści

| | |
|---|------------|
| 1 1 Układy zabezpieczeń i sterowania | |
| 1.1 Tabliczki znamionowe wyłączników | 28 |
| 1.2 Najważniejsze definicje | 31 |
| 1.3 Typy wyzwalaczy | 35 |
| 1.3.1 Wyzwalacze termomagnetyczne i wyzwalacze magnetyczne..... | 35 |
| 1.3.2 Wyzwalacze elektroniczne | 38 |
| 1.3.3 Zabezpieczenia różnicowoprądowe..... | 44 |
| 2 Przegląd parametrów | |
| 2.1 Parametry elektryczne wyłączników..... | 50 |
| 2.2 Charakterystyki wyzwolenia..... | 58 |
| 2.2.1 Oprogramowanie "Curves 1.0" | 59 |
| 2.2.2 Charakterystyki wyzwolenia wyzwalaczy termomagnetycznych | 60 |
| 2.2.3 Funkcje wyzwalaczy elektronicznych | 65 |
| 2.3 Charakterystyki ograniczeń..... | 90 |
| 2.4 Całka Joule'a | 93 |
| 2.5 Obniżenie wartości znamionowych w przypadku pracy w podwyższonej temperaturze..... | 94 |
| 2.6 Obniżenie wartości znamionowych w przypadku pracy na wysokości..... | 106 |
| 2.7 Parametry elektryczne rozłączników izolacyjnych..... | 107 |
| 3 Koordynacja zabezpieczeń | |
| 3.1 Koordynacja zabezpieczeń..... | 114 |
| 3.2 Tabele selektywności..... | 123 |
| 3.3 Tabele dobezpieczeń..... | 156 |
| 3.4 Tabele koordynacji pomiędzy wyłącznikami i rozłącznikami izolacyjnymi..... | 162 |
| 4 Zastosowania specjalne | |
| 4.1 Sieci prądu stałego..... | 166 |
| 4.2 Sieci o określonej częstotliwości: 400 Hz i 16 2/3 Hz | 183 |
| 4.2.1 Sieci 400 Hz..... | 183 |
| 4.2.2 Sieci 16 2/3 Hz..... | 196 |
| 4.3 Sieci 1000 V DC i 1000 V AC | 200 |
| 4.4 Układy automatycznego przełączania źródeł zasilania (ATS)..... | 212 |
| 5 Rozdzielnice | |
| 5.1 Rozdzielnice elektryczne..... | 214 |
| 5.2 Rozdzielnice MNS | 229 |
| 5.3 Rozdzielnice dystrybucyjne ArTu..... | 230 |
| Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarć w rozdzielnicach niskiego napięcia | 233 |
| Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890 | 243 |
| Załącznik C: Przykłady zastosowań: Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyzwalacze typu PR123/P i PR333/P | 257 |

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

1.1 Tabliczki znamionowe wyłączników

Wyłączniki kompaktowe: SACE Tmax XT

TYP WYŁĄCZNIKA

| | | | |
|--------------------|--|---|----------------------------------|
| Seria XT | Wielkość 1 2 3 4 | Prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy graniczny dla napięcia B = 18 kA (XT1) C = 25 kA (XT1) N = 36 kA S = 50 kA H = 70 kA L = 120 kA (XT2-XT4) V = 150 kA (XT2-XT4) | Wielkość 160A 250A |
|--------------------|--|---|----------------------------------|

| | | | | | | | | |
|----------------------|-----------|-----|-----|-----|--------------------|---------|----------|-----|
| Tmax XT1B 160 | | | | | Ue=690V AC/500V DC | Ui=800V | Uimp=8kV | S/N |
| Ue (V) | 230 | 415 | 525 | 690 | 250 | | | |
| Icu (kA) | 25 | 18 | 6 | 3 | 18 | | | |
| Ics (%Icu) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| Cat A | ~ 50-60Hz | | | | --- 2P in series | | | |

ABB SACE Tmax XT1B 160
IEC 60947-2
ABB SACE Italy
In = 160A

Napięcie znamionowe izolacji **Ui**; jest to maksymalna wartość skuteczna napięcia wytrzymywanego przez wyłącznik dla częstotliwości zasilania, w określonych warunkach próby.

Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane **Uimp**; jest to wartość szczytowa napięcia udarowego wytrzymywanego przez wyłącznik, w określonych warunkach próby.

Numer seryjny

Zgodność z normą **IEC 60947-2**: "Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa - wyłączniki".

Znak **CE** przyznany wyłącznikom firmy ABB, informujący o zgodności z następującymi dyrektywami UE: "Dyrektywa niskonapięciowa" (LVD) nr 2006/95/WE, "Dyrektywa kompatybilności elektromagnetycznej" (EMC) nr 89/336 EWG.

Prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy graniczny (**Icu**) i prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy eksploatacyjny (**Ics**) dla różnych wartości napięcia.

Zgodnie z międzynarodową normą IEC 60947-2, wyłączniki mogą zostać podzielone na kategorię **A**, to znaczy bez określonej wartości prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego oraz kategorii **B**, dla której określono wartość prądu zwarcioowego krótkotrwałego wytrzymywanego.

Prąd znamionowy **In**

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Wyłączniki kompaktowe: Tmax T

| TYP WYŁĄCZNIKA | | Prąd znamionowy wyłączalny zwarcio- wy graniczny dla napięcia 415 V AC | | Prąd znamionowy ciągły | |
|----------------|---|---|--|------------------------------|--|
| Wielkość | 1 | B = 16 kA | | 160A | |
| | 2 | C = 25 kA | | 250A | |
| | 3 | N = 36 kA | | 320A | |
| | 4 | S = 50 kA | | 400A | |
| | 5 | H = 70 kA | | 630A | |
| | 6 | L = 85 kA (dla T2) | | 800A | |
| | 7 | L = 120kA (dla T4-T5-T7) | | 1000A | |
| | | L = 100 kA (dla T6) | | 1250A | |
| | | V = 150 kA (dla T7) | | 1600A | |
| | | V = 200 kA | | | |

| Tmax T2L 160 | Iu=160A | Ue=690V | Ui=800V | Uimp=8kV | IEC 60947-2 | | | |
|--------------|-----------|---------|---------|--------------------------|-------------|-----|-----|---------------|
| Ue (V) | 230 | 400/415 | 440 | 500 | 690 | 250 | 500 | Made in Italy |
| Icu (kA) | 150 | 85 | 75 | 50 | 10 | 85 | 85 | by ABB SACE |
| Ics (% Icu) | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | 75 | |
| Cat A | ~ 50-60Hz | | | 2 P --- 3 P in series | | CE | | |

Prąd znamionowy wyłączalny zwarcio-
wy graniczny (**Icu**) i prąd
znamionowy wyłączalny
zwarcio-
wy eksploatacyjny
(**Ics**) dla różnych wartości
napięcia.

Zgodnie z
międzynarodową normą
IEC 60947-2, wyłączniki
mogą zostać podzielone
na kategorię **A**, to znaczy
bez określonej wartości
prądu znamionowego
krótkotrwałego
wytrzymawanego oraz
kategorię **B**, dla której
określono wartość prądu
zwarcio-
wytrzymawanego
krótkotrwałego.

Znak **CE** przyznany
wyłącznikom firmy ABB,
informujący o zgodności
z następującymi
dyrektywami UE:
"Dyrektywa
niskonapięciowa" (LVD)
nr 2006/95/WE,
"Dyrektywa
kompatybilności
elektromagnetycznej"
(EMC) nr 89/336 EWG.

Zgodność z normą
IEC 60947-2: "Aparatura
rozdzielcza i sterownicza
niskonapięciowa -
wyłączniki".

Napięcie znamionowe
izolacji **Ui**; jest to
maksymalna wartość
skuteczna napięcia
wytrzymawanego
przez wyłącznik
dla częstotliwości
zasilania,
w określonych
warunkach próby.

Napięcie znamionowe
uderowe
wytrzymawane **Uimp**;
jest to wartość
szczytowa napięcia
uderowego
wytrzymawanego
przez wyłącznik,
w określonych
warunkach próby.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Wyłączniki powietrzne: Emax

TYP WYŁĄCZNIKA

| Seria E | Wielkość X1 | Prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy graniczny dla napięcia 415 V AC | Prąd znamionowy ciągły |
|-------------------|-----------------------|--|---------------------------|
| | 1 | B = 42 kA | 630 A |
| | 2 | N = 65 kA (50 kA E1) | 800 A |
| | 3 | S = 75 kA (85 kA E2) | 1000 A |
| | 4 | H = 100 kA | 1250 A |
| | 6 | L = 130 kA (150 kA X1) | 1600 A |
| | | V = 150 kA (130 kA E3) | 2000 A |
| | | | 2500 A |
| | | | 3200 A |
| | | | 4000 A |
| | | | 5000 A |
| | | | 6300 A |

Prąd znamionowy ciągły **I_u**

Napięcie znamionowe łączeniowe **U_e**

Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany **I_{cu}**; jest to maksymalne natężenie prądu przewodzonego przez wyłącznik, przez określony czas.

SACE E3V 32

I_u=3200A U_e=690V
I_{cu}=85kA x 1s

| Cat B | ~ 50-60 Hz | | | | | IEC 60947-2 made in Italy by ABB-SACE |
|----------------------|------------|-----|-----|-----|-----|---|
| U _e (V) | 230 | 415 | 440 | 525 | 690 | |
| I _{cu} (kA) | 130 | 130 | 130 | 100 | 100 | |
| I _{cs} (kA) | 100 | 100 | 100 | 85 | 85 | |

Zgodnie z międzynarodową normą IEC 60947-2, wyłączniki mogą zostać podzielone na kategorię **A**, to znaczy bez określonej wartości prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego oraz kategorię **B**, dla której określono wartość prądu zwarciowego

Prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy graniczny (**I_{cu}**) i prąd znamionowy wyłączalny zwarcioowy eksploatacyjny (**I_{cs}**) dla różnych wartości napięcia.

Znak **CE** przyznany wyłącznikom firmy ABB, informujący o zgodności z następującymi dyrektywami UE: "Dyrektywa niskonapięciowa" (LVD) nr 2006/95/WE, "Dyrektywa kompatybilności elektromagnetycznej"

Zgodność z normą **IEC 60947-2**: "Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa - wyłączniki".

ASDC008048FD01

30 Układy zabezpieczeń i sterowania | ABB

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

1.2 Najważniejsze definicje

Najważniejsze definicje dotyczące aparatury rozdzielczej i sterowniczej niskiego napięcia zostały zamieszczone w międzynarodowych normach IEC 60947-1, IEC 60947-2 i IEC 60947-3.

Opis ogólny

Wyłącznik

Łącznik mechanizmowy zdolny do załączania, przewodzenia i wyłączenia prądów w warunkach normalnej pracy układu oraz zdolny do załączania, przewodzenia przez określony czas i rozłączania prądów w warunkach awaryjnych, na przykład takich jak zwarcia.

Wyłącznik ograniczający

Wyłącznik charakteryzujący się na tyle krótkim czasem wyłączenia, że zapobiega on osiągnięciu wartości szczytowej prądu zwarciowego, która w przeciwnym razie zostałaby osiągnięta.

Wyłącznik wtykowy

Wyłącznik, który oprócz zestyków rozłączających, posiada dodatkowy zestaw zestyków, umożliwiających jego wyjęcie.

Wyłącznik wysuwny

Wyłącznik, który oprócz zestyków przerywających, posiada zestaw zestyków izolujących, które umożliwiają odłączenie wyłącznika od głównego obwodu (położenie wysunięte), w celu zapewnienia odstępu izolacyjnego, spełniającego określone wymagania.

Wyłącznik kompaktowy

Wyłącznik, w którym dolna, nośna część obudowy jest wykonana z uformowanego tworzywa sztucznego, stanowiącego izolację i będącego integralną częścią wyłącznika.

Odlącznik

Łącznik mechanizmowy, który, w położeniu otwartym spełnia wymagania dla funkcji separacji.

Wyzwalacz

Urządzenie połączone mechanicznie z łącznikiem mechanizmowym, które wyzwala układ zamykający/otwierający obwód i umożliwia zamknięcie lub otwarcie łącznika.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Typy uszkodzeń i prądów

Przebieżenie

Warunki pracy w nieszkodzonym elektrycznym obwodzie, które mogą prowadzić do przetężenia.

Zwarcie

Przypadkowe lub świadome połączenie dwóch punktów obwodu, których potencjały są nominalnie różne, wykonane za pomocą rezystancji lub impedancji o małej wartości.

Prąd różnicowy (I_{Δ})

Jest to suma wektorowa prądów płynących w obwodzie głównym wyłącznika.

Parametry znamionowe

Napięcia i częstotliwości

Napięcie znamionowe łączeniowe (U_e)

Napięcie znamionowe łączeniowe urządzenia jest to wartość napięcia, która w połączeniu z prądem znamionowym łączeniowym określa zakres zastosowań urządzenia. Do tej wartości napięcia odnoszą się odpowiednie próby i kategorie użytkowania.

Napięcie znamionowe izolacji (U_i)

Napięcie znamionowe izolacji jest to wartość napięcia, do którego odnoszą się napięcia próby wytrzymałości dielektrycznej oraz drogi upływu. W żadnym wypadku wartość napięcia znamionowego łączeniowego nie może przekroczyć napięcia znamionowego izolacji.

Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane (U_{imp})

Wartość szczytowa napięcia udarowego o określonym przebiegu i polaryzacji, które urządzenie jest w stanie wytrzymać bez uszkodzenia, w określonych warunkach próby. Do tej wartości odnoszą się również wartości odstępów izolacyjnych.

Częstotliwość znamionowa

Częstotliwość napięcia zasilania, dla którego zaprojektowano urządzenie, oraz do którego odnoszą się pozostałe parametry.

Prądy

Prąd znamionowy (I_n)

Prąd znamionowy wyłącznika jest to natężenie prądu, który może przepływać przez wyłącznik w trakcie jego długotrwałej pracy.

Znamionowy prąd różnicowy zadziałania ($I_{\Delta n}$)

Jest to wartość skuteczna prądu różnicowego roboczego sinusoidalnego przypisanego wyłącznikowi przez producenta, przy którym ma zadziałać wyłącznik, w określonych warunkach.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Parametry w warunkach zwarcia

Prąd załączalny znamionowy

Prąd załączalny znamionowy urządzenia jest to określone przez producenta natężenie prądu, które w określonych warunkach dane urządzenie może bezpiecznie załączać.

Prąd wyłączalny znamionowy

Prąd wyłączalny znamionowy urządzenia jest to określone przez producenta natężenie prądu, które w określonych warunkach dane urządzenie może bezpiecznie wyłączać.

Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy graniczny (I_{cs})

Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy graniczny jest to maksymalne natężenie prądu zwarciowego, który może zostać wyłączony dwa razy przez wyłącznik (w sekwencji O - t - ZO), przy danym napięciu znamionowym łączeniowym. Nie jest wymagane, aby po sekwencji otwarcia i zamknięcia wyłącznik przewodził prąd o natężeniu odpowiadającemu jego wartości znamionowej.

Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy eksploatacyjny (I_{cs})

Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy eksploatacyjny wyłącznika jest to maksymalne natężenie prądu zwarciowego, który wyłącznik może wyłączyć trzy razy w sekwencji otwarcia i zamknięcia (O - t - ZO - t - ZO), dla określonego napięcia znamionowego łączeniowego (U_e) i dla określonego współczynnika mocy. Po tej sekwencji wyłącznik musi być w stanie przewodzić prąd o natężeniu odpowiadającemu jego wartości znamionowej.

Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymawany (I_{cw})

Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymawany jest to natężenie prądu, który może być przewodzony przez zamknięty wyłącznik, przez określony krótki czas, w określonych warunkach; wyłącznik musi być w stanie przewodzić ten prąd przez krótki czas, w celu umożliwienia zapewnienia selektywności wyłączników połączonych szeregowo.

Znamionowy prąd załączalny zwarciovy (I_{cm})

Znamionowy prąd załączalny zwarciovy urządzenia jest to wartość prądu zwarciowego załączalnego, przypisana urządzeniu przez producenta dla napięcia znamionowego łączeniowego, dla częstotliwości roboczej, dla określonego współczynnika mocy, dla prądu przemiennego.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Kategorie użytkowania

Kategoria użytkowania wyłącznika musi zostać określona wraz ze szczegółową informacją, czy jest on przeznaczony do pracy selektywnej w oparciu o celową zwłokę zadziałania względem innych wyłączników połączonych z nim szeregowo po stronie obciążenia, w warunkach zwarcia (tabela 4, IEC 60947-2).

Kategoria A – Wyłączniki, które nie są specjalnie przeznaczone do pracy selektywnej w warunkach zwarcia względem innych układów zabezpieczających, połączonych szeregowo po stronie obciążenia, to znaczy, że nie jest dla nich podawana informacja o wartości prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego.

Kategoria B – Wyłączniki przeznaczone specjalnie do pracy selektywnej w warunkach zwarcia, względem innych układów zabezpieczających, połączonych szeregowo po stronie obciążenia. Są to wyłączniki działające z zamierzoną zwłoką w warunkach zwarcia, w celu zapewnienia selektywności. Dla takich wyłączników jest podawana informacja o wartości prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego. Wyłącznik zostaje zaklasyfikowany do kategorii B, jeśli wartość jego prądu I_{cw} jest większa, niż (tabela 3 IEC 60947-2):

| | |
|--|----------------------|
| 12·In lub 5 kA, decyduje większa wartość | dla $I_n \leq 2500A$ |
| 30 kA | dla $I_n > 2500A$ |

Trwałość elektryczna i mechaniczna

Trwałość mechaniczna

Trwałość mechaniczna urządzenia jest wyrażana jako liczba cykli przestawieniowych w warunkach braku obciążenia (każdy cykl przestawieniowy składa się z jednego otwarcia i jednego zamknięcia), które można wykonać, zanim konieczna będzie wymiana lub serwis elementów mechanicznych (dopuszczana jest jednak normalna konserwacja).

Trwałość elektryczna

Trwałość elektryczna urządzenia jest wyrażana jako liczba cykli przestawieniowych pod obciążeniem i określa rezystancję styków pod wpływem zużycia elektrycznego, w warunkach określonych w odpowiedniej normie produktu.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

1.3 Typy wyzwalaczy

Wyzwalacz musi sterować i chronić, w przypadku uszkodzenia lub awarii, podłączone do niego elementy instalacji. Aby móc realizować powyższe funkcje, po wykryciu anomalii wyzwalacz zadziała z określoną zwłoką, otwierając obwód łącznika.

Dzięki szerokiemu zakresowi możliwych nastaw progów wyzwolenia i zwłoki zadziałania, wyzwalacze zabezpieczające montowane w wyłącznikach kompaktowych firmy ABB SACE mogą sterować i zabezpieczać dowolną instalację, od najprostszej, po skomplikowane o specjalnych wymaganiach. Spośród urządzeń czułych na przetężenia rozważyć można następujące elementy:

- wyzwalacze termomagnetyczne i wyzwalacze magnetyczne;
- wyzwalacze mikroprocesorowe;
- zabezpieczenia różnicowoprądowe.

Dobór i ustawienie wyzwalacza zabezpieczającego zależą od wymagań zabezpieczanej instalacji oraz od koordynacji z innymi urządzeniami; ogólnie, czynnikami wykluczającymi w trakcie wyboru są wymagane wartości progowe, czas oraz charakterystyka.

1.3.1 Wyzwalacze termomagnetyczne i wyzwalacze magnetyczne

Wyzwalacze termomagnetyczne wykorzystują element bimetalowy oraz elektromagnes do wykrywania przeciążeń i zwarć. Nadają się do zabezpieczania sieci prądu stałego i sieci prądu przemiennego.

W tabeli poniżej przedstawiono typy wyzwalaczy termomagnetycznych i magnetycznych dostępnych dla wyłączników SACE Tmax XT i Tmax T.

SACETmax XT

| Wyłączniki | Wyzwalacze termomagnetyczne | | | | |
|------------|-----------------------------|----|-----|-----|-----|
| | MF | MA | TMD | TMA | TMG |
| XT1 | - | - | ■ | - | - |
| XT2 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| XT3 | - | ■ | ■ | - | ■ |
| XT4 | - | ■ | ■ | ■ | - |

Opis

MF Stały wyzwalacz magnetyczny

MA Regulowany wyzwalacz magnetyczny

TMG Wyzwalacz termomagnetyczny do zabezpieczania generatorów

TMD Wyzwalacz termomagnetyczny z regulowanym progiem termicznym i stałym magnetycznym

TMA Wyzwalacz termomagnetyczny z regulowanym progiem termicznym i magnetycznym

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Rozdział energii

| Wyzwalacze kompaktowe | | XT1 | XT2 | XT3 | XT4 |
|-----------------------|-----|------------|------------|-----|-----|
| In | Iu | 160 | 160 | 250 | 250 |
| 1,6 | | TMD | TMD | TMD | TMD |
| 2 | | | | | |
| 2,5 | | | | | |
| 3,2 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6,3 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 12,5 | | | | | |
| 16 | | TMD TMG | TMD | TMD | |
| 20 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 32 | | | | | |
| 40 | TMD | TMA TMG | TMD TMG | TMA | |
| 50 | | | | | |
| 63 | | | | | |
| 80 | | | | | |
| 100 | | | | | |
| 125 | | | | | |
| 160 | | | | | |
| 200 | | | | | |
| 225 | | | - | | |
| 250 | | | TMD/TMG | | |

Opis

MF Stały wyzwalacz magnetyczny

MA Regulowany wyzwalacz magnetyczny

TMG Wyzwalacz termomagnetyczny do zabezpieczania generatorów

TMD Wyzwalacz termomagnetyczny z regulowanym progiem termicznym i stałym magnetycznym

TMA Wyzwalacz termomagnetyczny z regulowanym progiem termicznym i magnetycznym

Zabezpieczenie silników

| Wyzwalacze kompaktowe | | XT2 | XT3 | XT4 |
|-----------------------|----|-----|-----|-----|
| In | Iu | 160 | 250 | 250 |
| 1 | | MF | TMD | TMD |
| 2 | | | | |
| 4 | | | | |
| 8,5 | | | | |
| 10 | | | MA | MA |
| 12,5 | MF | | | |
| 20 | MA | | | |
| 32 | | | | |
| 52 | | | | |
| 80 | | | | |
| 100 | | | | |
| 125 | | MA | | |
| 160 | | | | |
| 200 | | | | |

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Tmax T

| Wyzwalaczniki | Wyzwalacze termomagnetyczne | | | | | |
|---------------|-----------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| | MF | MA | TMF | TMD | TMA | TMG |
| T1 | - | - | ■ | ■ | - | - |
| T2 | ■ | ■ | - | ■ | - | ■ |
| T3 | - | ■ | - | ■ | - | ■ |
| T4 | - | ■ | - | ■ | ■ | - |
| T5 | - | - | - | - | ■ | ■ |
| T6 | - | - | - | - | ■ | - |

Rozdział energii

| Wyzwalaczniki kompaktowe | | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | | T6 | | |
|--------------------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| In | Iu | 160 | 160 | 250 | 250 | 400 | 630 | 630 | 800 | |
| 1,6 | | TMD | TMD | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 2,5 | | | | | | | | | | |
| 3,2 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6,3 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |
| 12,5 | | | | | | | | | | |
| 16 | TMF TMD | TMD | TMD | TMD | | | | | | |
| 20 | | TMG | | | | | | | | |
| 25 | | TMD | | | | | | | | |
| 32 | | TMG | | | | | | | | |
| 40 | | TMD | | | | | | | | |
| 50 | | TMG | | | | | | | | |
| 63 | | TMD | | | | | | | | |
| 80 | | TMG | | | | | | | | |
| 100 | | TMD | | | | | | | | |
| 125 | | TMG | | | | | | | | |
| 160 | TMA | TMD | TMD | TMA | | | | | | |
| 200 | | | | | | | | | | |
| 250 | | | | | | | | | | |
| 320 | | | | | | | | | | |
| 400 | | | | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | | | | |
| 630 | | | | | | | | | | |
| 800 | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |

| Wyzwalaczniki kompaktowe | | T2 | T3 | T4 |
|--------------------------|----|-----|-----|-----|
| In | Iu | 160 | 250 | 250 |
| 1 | MF | | | |
| 1,6 | | | | |
| 2 | | | | |
| 2,5 | | | | |
| 3,2 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6,5 | | | | |
| 8,5 | | | | |
| 10 | | | | |
| 11 | MA | | | |
| 12,5 | | | | |
| 20 | | | | |
| 25 | | | | |
| 32 | | | | |
| 52 | | | | |
| 80 | | | | |
| 100 | | | | |
| 125 | | | | |
| 160 | | | | |
| 200 | MA | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Opis

MF Stały wyzwalacz magnetyczny

MA Regulowany wyzwalacz magnetyczny

TMG Wyzwalacz termomagnetyczny do zabezpieczania generatorów

TMF Wyzwalacz termomagnetyczny z progiem

termicznym i stałym progiem magnetycznym

TMD Wyzwalacz termomagnetyczny z regulowanym

progiem termicznym i stałym magnetycznym

TMA Wyzwalacz termomagnetyczny z regulowanym

progiem termicznym i magnetycznym

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

1.3.2 WYZWALACZE ELEKTRONICZNE

Wyzwalacze elektroniczne są łączone z przekładnikami prądowymi (trzema lub czterema, w zależności od liczby zabezpieczanych przewodów) umieszczonymi wewnątrz wyłącznika i spełniającymi podwójną rolę. Z jednej strony zapewniają one zasilanie niezbędne do prawidłowej pracy wyzwalacza (zasilanie wewnętrzne), a z drugiej strony służą do detekcji natężenia prądu płynącego przez styki robocze; są więc kompatybilne tylko z sieciami prądu przemiennego. Sygnał z przekładników i cewek Rogowskiego jest przetwarzany przez układ elektroniczny (mikroprocesor), który porównuje go z ustawionymi wartościami progowymi. Jeśli sygnał przekroczy wartość progową, następuje wyzwolenie wyłącznika, wykorzystując odpowiedni elektromagnes, który działa bezpośrednio na mechanizm roboczy wyłącznika.

W przypadku zastosowania zasilania pomocniczego jako dodatkowego oprócz zasilania wewnętrznego z przekładników prądowych, napięcie to powinno wynosić 24 V DC \pm 20%.

Oprócz standardowych funkcji zabezpieczających, wyzwalacze oferują:

- pomiar natężenia prądu (Ekip LSI/LSIG + Ekip COM, Ekip M LRIU + Ekip COM, PR222, PR232, PR331, PR121);
- pomiar natężenia prądu, napięcia, częstotliwości, mocy, energii i współczynnika mocy (PR223, PR332, PR122); w przypadku wyzwalaczy typu PR333 i PR123 dostępna jest dodatkowo funkcja pomiaru zniekształceń harmonicznych;
- komunikacja szeregową z funkcją zdalnego sterowania, umożliwiającą pełne zarządzanie instalacją (Ekip LSI/LSIG + Ekip COM, Ekip M LRIU + Ekip COM, PR222, PR223, PR232, PR331, PR332, PR333, PR121, PR122, PR123).

Poniższa tabela pokazuje typy wyzwalaczy elektronicznych dostępnych dla wyłączników Tmax XT, Tmax T i Emax.

| Wy- łączniki | Wyzwalacze elektroniczne wyłączników firmy ABB | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|--|--------|--------|-------------------|-------------|-------|-------------------|-------|-------|---------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|-------------------|
| | Ekip | Ekip G | Ekip N | PR221 | PR222 | PR223 | PR231 | PR232 | PR331 | PR332 | PR333 | PR121 | PR122 | PR123 |
| | I LSI/ LSIG | LS/I | LS/I | I LSI/ LSIG | LSI LSIG | LSIG | I LSI/ LSIG | LSI | LSIG | LI LSI LSIG LSRc | LI LSI LSIG | LI LSI LSIG | LI LSI LSIG LSRc | LI LSI LSIG |
| | LSIG | LS/I | LS/I | LS/I | LSIG | LSIG | LS/I | LSI | LSIG | LSRc | LSIG | LSIG | LSRc | LSIG |
| XT2 | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| XT4 | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| T2 | - | - | - | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| T4 | - | - | - | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| T5 | - | - | - | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| T6 | - | - | - | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - |
| T7 | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - |
| X1 | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ | - | - | - |
| E1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ |
| E2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ |
| E3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ |
| E4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ |
| E5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ |
| E6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ |

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

W tabeli poniżej przedstawiono wartości prądów znamionowych, dostępne dla wyłączników typu SACE Tmax XT, Tmax T i Emax.

| Wyzwalacze kompaktowe | | XT2 | | | XT4 | | | T2 | | T4 | | | T5 | | | T6 | | | T7 | | | |
|-----------------------|----|------------------|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|--|--|----|--|--|--|
| In | Lu | 160 | 160 | 250 | 160 | 250 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 | 1000 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | | | | | | |
| 10 | | ■ ⁽¹⁾ | - | - | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 25 | | ■ ⁽¹⁾ | - | - | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 40 | | - | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 63 | | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 100 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 160 | | ■ ⁽¹⁾ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 250 | | - | - | ■ ⁽¹⁾ | - | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 320 | | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | - | | | | | | |
| 400 | | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 630 | | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 800 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | - | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 1000 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | - | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 1250 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | | | | | | |
| 1600 | | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | | | | | | |

⁽¹⁾ Niedostępne dla wyzwalaczy Ekip N i Ekip I; tylko dla wyłączników XT2 In=10 A, niedostępne dla wyzwalacza Ekip G

W tabeli poniżej przedstawiono wartości prądów znamionowych dostępne dla zabezpieczeń silników wraz z wyłącznikami SACE Tmax XT i Tmax T.

| SACE Tmax XT | | | | | |
|-----------------------|------------|----------|---------------------|---------|---------|
| Wyzwalacze kompaktowe | | XT2 160 | | XT4 160 | XT4 250 |
| In | Wyzwalacze | Ekip M I | Ekip M LIU lub LRIU | | |
| 20 | | ■ | - | - | - |
| 25 | | - | ■ | - | - |
| 32 | | ■ | - | - | - |
| 40 | | - | - | ■ | ■ |
| 52 | | ■ | - | - | - |
| 63 | | - | ■ | ■ | ■ |
| 100 | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 160 | | - | - | - | ■ |

| Tmax T | | | | | |
|-----------------------|------------|------------|--------------|--------|--------|
| Wyzwalacze kompaktowe | | T2 160 | T4 250 | T5 400 | T6 800 |
| In | Wyzwalacze | PR221MP LI | PR222MP LRIU | | |
| 40 | | ■ | - | - | - |
| 63 | | ■ | - | - | - |
| 100 | | ■ | ■ | - | - |
| 160 | | - | ■ | - | - |
| 200 | | - | ■ | - | - |
| 320 | | - | - | ■ | - |
| 400 | | - | - | ■ | - |
| 630 | | - | - | - | ■ |

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

| Wyłączniki powietrzne | In | lu | E3H-V | | E3 N-S-H-V | | E3 S-H-V-L | | E3 N-S-H-V | E4S-H-V | E6V | E6H-V | | | |
|-----------------------|----|----|---------|---------|------------|---------|------------|------|------------|---------|-----|-------|------|------|------|
| | | | E2S | E2N-S-L | E2B-N-S-L | E2B-N-S | 3200 | 4000 | | | | 3200 | 4000 | 5000 | 6300 |
| | | | E1B-N | | | | | | | | | | | | |
| | | | X1B-N-L | | | X1B-N | | | | | | | | | |
| 400 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | ■ | ■ | - | | | | |
| 630 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | |
| 800 | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | |
| 1000 | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - | - | |
| 1250 | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | |
| 1600 | - | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | |
| 2000 | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | |
| 2500 | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | |
| 3200 | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 4000 | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | - | ■ | ■ | ■ | |
| 5000 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | |
| 6300 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | |

⁽²⁾ Także dla $I_u = 1000$ A (nie dostępne dla E3V i E2L).

Przykład odczytania danych z tabeli

Wyłącznik typu E3L jest dostępny w wersji o prądzie znamionowym ciągłym $I_u = 2000$ A i $I_u = 2500$ A, ale nie ma wersji takiego wyłącznika o prądzie znamionowym ciągłym $I_u = 3200$ A.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

1.3.2.1 FUNKCJE ZABEZPIEZAJĄCE WYZWALACZY ELEKTRONICZNYCH

Wraz z wyzwalaczami elektronicznymi dostępne są następujące funkcje zabezpieczające:

L – Zabezpieczenie przeciążeniowe z dużym czasem zwłoki, odwrotnie proporcjonalnym do przeciążenia

Funkcja zabezpieczająca przed przeciążeniem, z dużym czasem zwłoki, odwrotnie proporcjonalnym do przeciążenia i ze stałą wartością energii przepływającej przez wyłącznik; nie można jej wyłączyć.

L – Zabezpieczenie przeciążeniowe zgodne z normą IEC 60255-3

Funkcja zabezpieczająca przed przeciążeniem, z dużym czasem zwłoki, odwrotnie proporcjonalnym do przeciążenia, z charakterystyką wyzwalań zgodną z normą IEC 60255-3; może być stosowana w ramach koordynacji zabezpieczników i funkcji zabezpieczających instalacji SN.

S – Zabezpieczenie zwarciove z regulowaną zwłoką

Funkcja zabezpieczająca przed prądami zwarcioowymi, z regulowaną zwłoką; dzięki możliwości ustawienia czasu zwłoki, funkcja ta jest szczególnie użyteczna, kiedy konieczne jest uzyskanie selektywnej koordynacji pomiędzy różnymi urządzeniami.

S2 – Podwójne zabezpieczenie zwarciove S

Funkcja ta umożliwia niezależne ustawienie dwóch progów zadziałania funkcji zabezpieczającej S i ich równoczesne uaktywnienie; w krytycznych warunkach możliwe jest uzyskanie selektywności.

D – Zabezpieczenie zwarciove kierunkowe z regulowaną zwłoką

Zabezpieczenie kierunkowe, podobne do funkcji S, może zadziałać w różny sposób, w zależności od kierunku przepływu prądu zwarcioowego; funkcja ta jest szczególnie użyteczna w sieciach kratowych lub też w przypadku szeregu równoległych linii zasilających.

I – Zabezpieczenie zwarciove bezzwłoczne

Funkcja bezzwłoczego zabezpieczenia przed zwarciami.

EFDP – Funkcja wczesnego wykrywania i zapobiegania uszkodzeniom

Dzięki tej funkcji wyzwalacz jest w stanie wykryć uszkodzenie szybciej, niż dzięki dostępnej aktualnie na rynku funkcji selektywności strefowej.

Rc – Zabezpieczenie różnicowoprądowe

Funkcja ta jest szczególnie użyteczna tam, gdzie potrzebne jest niewielkiej czułości zabezpieczenie różnicowe oraz w aplikacjach charakteryzujących się dużą czułością, których zadaniem jest ochrona ludzi przed dotykiem pośrednim.

G – Zabezpieczenie ziemnozwarciowe z regulowaną zwłoką

Funkcja chroniąca instalację przed zwarciami doziemnymi.

U – Zabezpieczenie przed nierównoważeniem faz

Funkcja zabezpieczająca działająca wtedy, kiedy dochodzi do nadmiernego nierównoważenia pomiędzy prądami poszczególnych faz chronionych przez wyłącznik.

OT – Zabezpieczenie wewnętrzne przed przegrzaniem

Funkcja zabezpieczająca sterująca zamknięciem i otwarciem wyłącznika, kiedy jego temperatura wewnętrzna może zagrozić jego działaniu.

UV – Zabezpieczenie podnapięciowe

Funkcja zabezpieczająca, działająca wtedy, kiedy napięcie fazowe spada poniżej ustawionego progu.

OV – Zabezpieczenie nadnapięciowe

Funkcja zabezpieczająca działająca wtedy, kiedy napięcie fazowe przekracza ustawiony próg.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

RV – Zabezpieczenie przed napięciem szczytkowym

Zabezpieczenie, które identyfikuje anormalne napięcia na przewodzie neutralnym.

RP – Zabezpieczenie przed mocą zwrotną

Zabezpieczenie, które działa, kiedy kierunek przepływu mocy czynnej jest przeciwny względem normalnego kierunku pracy.

UF – Zabezpieczenie podczęstotliwościowe

To zabezpieczenie wykrywa obniżenie częstotliwości sieci względem ustawionego progu, generując wtedy alarm lub otwierając obwód.

OF – Zabezpieczenie nadczęstotliwościowe

To zabezpieczenie wykrywa zwiększenie częstotliwości sieci względem ustawionego progu, generując wtedy alarm lub otwierając obwód.

M – Pamięć termiczna

Dzięki tej funkcji można uwzględnić nagrzewanie się elementu, tak aby wyzwolenie było tym szybsze, im mniej czasu upłynęło od poprzedniego.

R – Zabezpieczenie przed zablokowaniem wirnika

Funkcja, która aktywuje się w chwili wykrycia warunków, mogących prowadzić do zablokowania wirnika chronionego silnika w trakcie jego pracy.

linst – Bardzo szybkie, bezzwłoczne zabezpieczenie zwarciowe

To szczególne zabezpieczenie ma na celu zachowanie sprawności wyłącznika i instalacji w przypadku wystąpieniu prądów o bardzo dużym natężeniu, wymagających krótszego czasu zwłoki, niż bezzwłoczne zabezpieczenia przeciwzwarciowe. Zabezpieczenie to może zostać ustawione wyłącznie przez firmę ABB SACE i nie może zostać wyłączzone.

Podwójne ustawienia zabezpieczeń

Funkcja ta umożliwia zaprogramowanie dwóch różnych zestawów parametrów (LSIG) i, wykorzystując zewnętrzne polecenie, przełączanie z jednego zestawu na drugi.

K – Sterowanie obciążeniem

Funkcja ta umożliwia podłączanie/odłączanie poszczególnych obciążeń po stronie obciążenia, przed zadziałaniem zabezpieczenia przeciążeniowego L.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

1.3.3 ZABEZPIECZENIA RÓŻNICOWOPRĄDOWE

Wyzwalacze różnicowoprądowe są łączone z wyłącznikami w celu realizacji dwóch podstawowych funkcji w jednym urządzeniu:

- zabezpieczenie przed przeciążeniami i zwarciami;
- zabezpieczenie przed dotykiem pośrednim (obecność napięcia na dostępnych elementach przewodzących w wyniku utraty izolacji).

Oprócz tego, gwarantują one dodatkowe zabezpieczenie przed ryzykiem pożaru powstałego w wyniku ewolucji małych prądów upływu lub uszkodzeń, które nie zostaną wykryte przez standardowe zabezpieczenia przed przeciążeniami. Zabezpieczenia różnicowoprądowe o prądzie znamionowym różnicowym nieprzekraczającym 30 mA są również wykorzystywane jako dodatkowe zabezpieczenia przed dotykiem bezpośrednim w przypadku awarii odpowiednich zabezpieczeń.

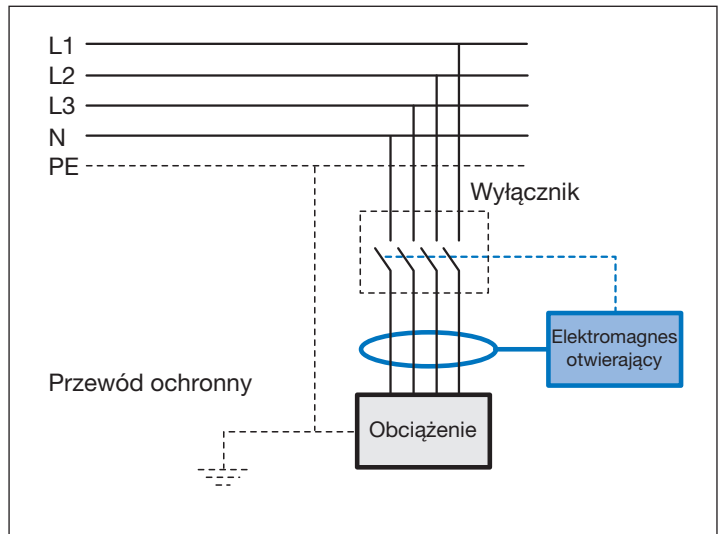
Ich zasada działania opiera się na wykrywaniu sumy wektorowej prądów poszczególnych linii, wykorzystując do tego wewnętrzny lub zewnętrzny przekładnik toroidalny.

Suma ta wynosi zero w warunkach roboczych lub też odpowiada prądowi zwarcia doziemnego (I_{Δ}) w przypadku doziemienia.

Kiedy wyzwalacz wykryje różny od zera prąd różnicowy, otworzy obwód główny wyłącznika, za pomocą odpowiedniego elektromagnesu wyłączającego.

Jak przedstawiono to na rysunku, przewód ochronny lub też ekwipotencjalny musi zostać zamontowany na zewnątrz ewentualnego przekładnika toroidalnego.

Typowa sieć dystrybucji (IT, TT, TN)



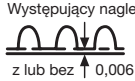
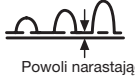



Zasada działania wyzwalacza różnicowoprądowego powoduje, że nadaje się on do sieci dystrybucji TT, IT (nawet, jeśli najczęściej jest to drugie z wymienionych rozwiązań) oraz TN-S, ale nie do sieci TN-C. W tych ostatnich przewód neutralny jest wykorzystywany również jako przewód ochronny i, wobec tego, wykrywanie prądów różnicowych byłoby niemożliwe, jeśli przewód neutralny byłby prowadzony poprzez przekładnik toroidalny, ponieważ suma wektorowa prądów wynosiłaby wtedy zawsze zero.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

Jednym z najważniejszych parametrów wyzwalacza różnicowoprądowego jest znamionowy prąd różnicowy zadziałania zabezpieczenia $I_{\Delta n}$. Opisuje on czułość wyzwalacza. W zależności od poziomu czułości na prąd różnicowy, wyłączniki różnicowoprądowe są klasyfikowane w następujący sposób:

- typ AC: układy różnicowoprądowe, dla których wyzwolenie jest zapewnione dla prądu różnicowego przemiennego sinusoidalnego, przy braku składowej stałej, w przypadku powolnego narastania lub też nagłego wystąpienia prądu różnicowego;
- typ A: układy różnicowoprądowe, dla których wyzwolenie jest zapewnione dla prądu różnicowego przemiennego sinusoidalnego, w obecności określonej różnicowej składowej tętniącej, w przypadku powolnego narastania lub też nagłego wystąpienia prądu różnicowego;
- typ B: układy różnicowoprądowe, dla których wyzwolenie jest zapewnione dla prądu różnicowego przemiennego sinusoidalnego, w obecności określonej różnicowej składowej tętniącej, w przypadku powolnego narastania lub też nagłego wystąpienia prądu różnicowego, dla tętniących prądów różnicowych pochodzących z układów prostujących;

| | Przebieg prądu różnicowego | Prawidłowe działanie zabezpieczenia różnicowoprądowego Typ | | |
|--|--|--|---|---|
| Prąd sinusoidalny przemienny |  Występujący nagle | AC | A | B |
| |  Powoli narastający | | | |
| Tętniący |  Występujący nagle z lub bez \uparrow 0,006 A | | | |
| |  Powoli narastający | | | |
| Jednokierunkowy, płynnie zmieniający się |  | | | + |

W przypadku obecności urządzeń elektrycznych zawierających układy elektroniczne (komputery, fotokopiarki, faksy, itp.) prąd zwarcia doziemnego może przyjąć przebieg różny od sinusoidalnego i mieć przebieg tętniący. W takim przypadku konieczne jest użycie wyzwalacza różnicowoprądowego typu A.

W przypadku układów prostujących (np. podłączenie jednofazowe z obciążeniem pojemnościowym powodującym wygładzenie przebiegu tętniącego, układ trójfazowy typu gwiazda, układ mostkowy sześciopulsowy, układ dwupulsowy linia-linia) prąd zwarcia doziemnego może mieć przebieg tętniący jednokierunkowy. W takim przypadku konieczne będzie użycie wyzwalacza różnicowoprądowego typu B.

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

W celu spełnienia wymagań dotyczących odpowiedniego zabezpieczenia przed zwarciem doziemnym, firma ABB SACE opracowała następujące kategorie produktów:

– Wyłączniki miniaturowe:

- Wyłączniki RCBO (wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym) serii DS201 i DS202C o prądzie znamionowym od 1 A do 63 A;
- Wyłączniki RCBO (wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym) serii DS200 o prądzie znamionowym od 6 A do 63 A;
- Wyłączniki RCBO (wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym) serii DS800 o prądzie znamionowym 125 A;
- Moduły RCD (moduły różnicowoprądowe) typu DDA 200, do połączenia z wyłącznikami termomagnetycznymi typu S200, o prądzie znamionowym od 0,5 A do 63 A;
- Moduły RCD (moduły różnicowoprądowe) typu DDA 60, DDA 70 i DDA 90 do połączenia z wyłącznikami termomagnetycznymi typu S290, o prądzie znamionowym od 80 A do 100 A, o charakterystyce C;
- Moduły RCD (moduły różnicowoprądowe) typu DDA 800 do połączenia z wyłącznikami termomagnetycznymi typu S800N lub S800S, o prądzie znamionowym do 100 A. Moduły te są dostępne w dwóch wersjach: 63 A i 100 A;
- Wyłączniki RCCB (wyłączniki różnicowoprądowe) typu F200, o prądzie znamionowym od 16 A do 125 A.
- RD2-RD3: monitor prądu różnicowego, przeznaczony do montażu na szynie DIN.

– Wyłączniki kompaktowe typu Tmax XT:

- Wyzwalacze RC Sel 200 mm XT1 (z regulowaną zwłoką zadziałania): wyzwalacze różnicowoprądowe do montażu w modułach 200 mm; mogą być łączone z wyłącznikami typu X1 o prądach znamionowych do 160 A.
- Wyzwalacze RC Sel XT1-XT3 (z regulowaną zwłoką zadziałania): wyzwalacze różnicowoprądowe przeznaczone do współpracy z wyłącznikami typu XT1 i XT3 o prądach znamionowych do 160 A (XT1) i 250 A (XT3).

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

- Wyzwalacze RC Inst XT1-XT3 (bezwłoczne): wyzwalacze różnicowoprądowe przeznaczone do współpracy z wyłącznikami typu XT1 i XT3 o prądach znamionowych do 160 A.
- Wyzwalacze RC Sel XT2-XT4 (z regulowaną zwłoką zadziałania): wyzwalacze różnicowoprądowe przeznaczone do współpracy z wyłącznikami typu XT2 i XT4 o prądach znamionowych do 160 A (XT2) i 250 A (XT4).
- Wyzwalacze RC B XT3 (z regulowaną zwłoką zadziałania): wyzwalacze różnicowoprądowe przeznaczone do współpracy z wyłącznikami typu XT3 o prądach znamionowych do 225 A.
- Wyzwalacze elektroniczne Ekip LSIG przeznaczone dla wyłączników typu XT2 i XT4 o prądach znamionowych od 10 do 250 A.

| | | RC Sel 200mm XT1 | RC Inst XT1-XT3 | RC Sel XT1-XT3 | RC Sel XT2-XT4 | RC B Type XT3 |
|--|------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|
| Typ | | Typu "L" | Typu "L" | Typu "L" | Umieszczany poniżej | Umieszczany poniżej |
| Technika | | Mikroprocesorowa | | | | |
| Napięcie zasilania obwodu głównego | [V] | 85...500 | 85...500 | 85...500 | 85...500 | 85...500 |
| Częstotliwość robocza | [Hz] | 45...66 | 45...66 | 45...66 | 45...66 | 45...66 |
| Zasilanie wewnętrzne | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Zakres napięcia probierczego działania | | 85...500 | 85...500 | 85...500 | 85...500 | 85...500 |
| Prąd znamionowy roboczy | [A] | do 160 | do 160-XT1 do 250-XT3 | do 160-XT1 do 250-XT3 | do 160-XT2 do 250-XT4 | do 225 |
| Znamionowy prąd różnicowy zadziałania zabezpieczenia | [A] | 0,03-0,05-0,1-0,2-0,3-0,5-1-3-5-10 | 0,03-0,1-0,3-0,5-1-3 | 0,03-0,05-0,1-0,3-0,5-1-3-5-10 | 0,03-0,05-0,1-0,3-0,5-1-3-5-10 | 0,03-0,05-0,1-0,3-0,5-1 |
| Regulowany czas niewyzwolenia $2xI_{\Delta n}$ | [s] | bezwłoczne | bezwłoczne | bezwłoczne | bezwłoczne | bezwłoczne |
| | | 0,1-0,2-0,3-0,5-1-2-3 | | 0,1-0,2-0,3-0,5-1-2-3 | 0,1-0,2-0,3-0,5-1-2-3 | 0,1-0,2-0,3-0,5-1-2-3 |

| | | RC Sel 200mm | RC Inst | RC Sel | RC Sel | RC B Typu | Ekip LSIG |
|-----|---------|--------------|---------|--------|--------|------------------|-----------|
| Typ | I_n | A | A | A | A | B | - |
| | XT1 | 16÷160 | ■ | ■ | ■ | - | - |
| XT2 | 1,6÷160 | - | - | - | ■ | - | ■ |
| XT3 | 63÷250 | - | ■ | ■ | - | ■ ⁽¹⁾ | - |
| XT4 | 16÷250 | - | - | - | ■ | - | ■ |

⁽¹⁾ Do 225 A

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

– Wyzwalacze kompaktowe typu Tmax T:

- Wyzwalacze różnicowoprądowe RC221 do połączenia z wyłącznikami typu Tmax T1, T2 lub T3 o prądzie znamionowym od 16 A do 250 A;
- Wyzwalacze różnicowoprądowe RC222 do połączenia z wyłącznikami typu Tmax T1, T2, T3, T4 lub T5 o prądzie znamionowym od 16 A do 500 A;
- Wyzwalacze różnicowoprądowe RC223 do połączenia z wyłącznikami typu Tmax T4 o prądzie znamionowym do 250 A;
- Wyzwalacze elektroniczne PR222DS/P, PR223 DS/P LSIG przeznaczone dla wyłączników typu T4, T5 lub T6 o prądzie znamionowym od 100 A do 1000 A;
- Wyzwalacze elektroniczne PR331, PR332 LSIG przeznaczone dla wyłączników typu Tmax T7 o prądzie znamionowym od 800 A do 1600 A;
- Wyzwalacze elektroniczne R332 ze zintegrowanym zabezpieczeniem różnicowoprądowym, przeznaczone dla wyłączników typu Tmax T7 o prądzie znamionowym ciągłym od 800 A do 1600 A.

| | | RC221 | RC222 | | RC223 |
|---|------|---------------------------|--|--|--|
| Wielkość wyłącznika | | T1-T2-T3 | T1-T2-T3 | T4 i T5 czterobiegun. | T4 czterobiegunowy |
| Typ | | Typu "L" | | | Umieszczony poniżej |
| Technika | | Mikroprocesorowa | | | |
| Działanie | | Elektromagnes wyzwalający | | | |
| Napięcie robocze obwodu głównego ⁽¹⁾ | [V] | 85...500 | 85...500 | 85...500 | 110...500 |
| Częstotliwość robocza | [Hz] | 45...66 | 45...66 | 45...66 | 0-400-700-1000 |
| Zasilanie wewnętrzne | | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Zakres napięcia probierczego działania ⁽¹⁾ | | 85...500 | 85...500 | 85...500 | 110...500 |
| Prąd znamionowy roboczy | [A] | do 250 A | do 250 A | do 500 A | do 250 A |
| Znamionowy prąd różnicowy zadziałania zabezpieczenia | [A] | 0,03-0,1-0,3 0,5-1-3 | 0,03-0,05-0,1-0,3 0,5-1-3-5-10 | 0,03-0,05-0,1 0,3-0,5-1-3-5-10 | 0,03-0,05-0,1 0,3-0,5-1 |
| Granica czasu niewyzwolenia | [s] | bezwłoczny | bezwłoczny - 0,1 -0,2-0,3-0,5-1-2-3 | bezwłoczny - 0,1 -0,2-0,3-0,5-1-2-3 | bezwłoczny -0- 0,1 -0,2-0,3-0,5-1-2-3 |
| Tolerancja czasu zwłoki | | | ±20% | ±20% | ±20% |

⁽¹⁾ Praca do napięcia 50 V faza-przewód neutralny (55 V dla RC223).

| | In | Typ | | | | | | |
|----|----------|--------|--------|------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| | | RC 221 | RC 222 | RC 223 | PR332 LSIRc | PR222 LSIG | PR223 LSIG | PR332 LSIRc |
| | | A-AC | A-AC | B | A-AC | - | - | - |
| T1 | 16÷160 | ■ | ■ | - | - | - | - | - |
| T2 | 10÷160 | ■ | ■ | - | - | - | - | - |
| T3 | 63÷250 | ■ | ■ | ■ ⁽¹⁾ | - | - | - | - |
| T4 | 100÷320 | - | ■ | ■ ⁽²⁾ | - | ■ | ■ | - |
| T5 | 320÷630 | - | ■ | - | - | ■ | ■ | - |
| T6 | 630÷1000 | - | - | - | - | ■ | ■ | - |
| T7 | 800÷1600 | - | - | - | ■ | - | - | ■ |

⁽¹⁾ Do 225 A

⁽²⁾ Do 250 A

1 Układy zabezpieczeń i sterowania

– Włłączniki powietrzne typu Emax:

- Wyzwalacze elektroniczne PR331, PR332 i PR333 LSIG przeznaczone dla wyłączników typu Emax X1 o prądzie znamionowym ciągłym od 630 A do 1600 A;
- Wyłącznik powietrzny wyposażony w wyzwalacze elektroniczne typu PR121, PR122 lub PR123 LSIG dla wyłączników Emax E1 do E6 o prądzie znamionowym ciągłym od 400 A do 6300 A.
- Wyzwalacze elektroniczne PR332 i PR333 ze zintegrowanym wyzwalaczem elektronicznym, z zabezpieczeniem różnicowoprądowym, przeznaczone dla wyłączników typu Emax X1 o prądzie znamionowym ciągłym od 630 A do 1600 A.
- Wyzwalacze elektroniczne PR122 i PR123 ze zintegrowanym wyzwalaczem elektronicznym, z zabezpieczeniem różnicowoprądowym, przeznaczone dla wyłączników typu Emax E1 do E6 o prądzie znamionowym ciągłym od 400 A do 6300 A.

| | | PR332 PR333 LIRc | PR122 LIRc | PR331 PR332 PR333 LSIG | PR121 PR122 PR123 LSIG |
|-----|-----------|------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Typ | In | A-AC | A-AC | - | - |
| | X1 | 400÷1600 | ■ | - | ■ |
| E1 | 400÷1600 | - | ■ | - | ■ |
| E2 | 400÷2000 | - | ■ | - | ■ |
| E3 | 400÷3200 | - | ■ | - | ■ |
| E4 | 1250÷4000 | - | - | - | ■ |
| E6 | 3200÷6300 | - | - | - | ■ |

Przełącznik różnicowoprądowy z zewnętrznym przekładnikiem

Wyłącznik firmy ABB SACE może zostać połączony z przełącznikiem różnicowoprądowym typu RCQ 020/A, wyposażonym w oddzielny przekładnik toroidalny, w celu spełnienia wymagań, kiedy warunki montażu są szczególnie restrykcyjne, na przykład w sytuacji, kiedy wyłączniki są już zamontowane, kiedy ilość miejsca w komorze wyłącznika jest ograniczona, itp...

Dzięki możliwości ustawienia różnicowoprądowej charakterystyki wyzwalania oraz czasu zwłoki, przełączniki różnicowoprądowe z zewnętrznym przekładnikiem mogą być łatwo montowane również w końcowym etapie budowy instalacji; wybierając wartość prądu różnicowego $I_{\Delta n} = 0,03$ A w połączeniu z bezzwłocznym zadziałaniem, wyłącznik gwarantuje ochronę przed dotykiem pośrednim i stanowi dodatkowe zabezpieczenie przed dotykiem bezpośrednim, również w przypadku bardzo dużej wartości rezystancji uziemienia.

Tego typu przełączniki różnicowoprądowe charakteryzują się działaniem pośrednim: polecenie wyłączenia wyłącznika przekazane przez przełącznik musi spowodować wyzwolenie wyłącznika poprzez zwarcioowy wyzwalacz wyłączający (do dostarczenia przez użytkownika).

| Przełączniki różnicowoprądowe | | SACE RCQ 020/A |
|--------------------------------|--------|---|
| Napięcie zasilania | AC [V] | 115-230...415 |
| Częstotliwość robocza | [Hz] | 45÷66 |
| Próg wyzwolenia $I_{\Delta n}$ | [A] | 0,03-0,05-0,1-0,3-0,5-1-3-5-10-30 |
| Zwłoka wyzwolenia | [s] | bezzwłoczny-0,1-0,2-0,3-0,5-0,7-1-2-3-5 |

2 Przegląd parametrów

2.1 Parametry elektryczne wyłączników

Wyłączniki instalacyjne nadprądowe Pro M Compact

W tabeli poniżej zamieszczono przegląd wyłączników miniaturowych. Szczegółowe informacje na ich temat są dostępne w odpowiednim katalogu technicznym.

| Seria | S200 | S200 M | S200 P | | | SN 201 L | SN 201 | | |
|--|-----------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----|----|
| Charakterystyka | B, C, D, K, Z B, C, D, K, Z | | B, C, D, K, Z | | | B, C | B, C, D | | |
| Prąd znamionowy [A] | $0,5 \leq I_n \leq 63$ | $0,5 \leq I_n \leq 63$ | $0,2 \leq I_n \leq 25$ | $32 \leq I_n \leq 40$ | $50 \leq I_n \leq 63$ | $2 \leq I_n \leq 40$ | $2 \leq I_n \leq 40$ | | |
| Prąd wyłączalny [kA] | | | | | | | | | |
| Norma odniesienia | I. bieguów | Ue [V] | | | | | | | |
| IEC 23-3/EN 60898 | Icn 230/400 | 6 | 10 | 25 | 15 | 15 | 4,5 | 6 | |
| IEC/EN 60947-2 | Icu 1, 1P+N | 133 | 20 | 25 ² | 40 | 25 | 25 | 10 | 15 |
| | | 230 | 10 | 15 ² | 25 | 15 | 15 | 6 | 10 |
| | 2, 3, 4 | 230 | 20 | 25 ² | 40 | 25 | 25 | | |
| | | 400 | 10 | 15 ² | 25 | 15 | 15 | | |
| | 2, 3, 4 | 500 | | | | | | | |
| | | 690 | | | | | | | |
| | Ics 1, 1P+N | 133 | 15 | 18,7 ² | 20 | 18,7 | 18,7 | 6 | 10 |
| | | 230 | 7,5 | 11,2 ² | 12,5 | 11,2 | 7,5 | 4,5 | 6 |
| | 2, 3, 4 | 230 | 15 ¹ | 18,7 ² | 20 | 18,7 | 18,7 | | |
| | | 400 | 7,5 | 11,2 ² | 12,5 | 11,2 | 7,5 | | |
| 2, 3, 4 | 500 | | | | | | | | |
| | 690 | | | | | | | | |
| IEC/EN 60947-2 Prąd stały T=l/R≤5 ms dla wszystkich serii, za wyjątkiem S280 UC i S800-UC, dla których T=l/R<15 ms | Icu 1, 1P+N | 24 | 20 | | | | | | |
| | | 60 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| | 2 | 125 | | | | | | | |
| | | 250 | | | | | | | |
| | | 48 | 20 | | | | | | |
| | | 125 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 10 | 15 |
| | | 250 | | | | | | | |
| | | 500 | | | | | | | |
| | | 600 | | | | | | | |
| | | 800 | | | | | | | |
| 3, 4 | | 375 | | | | | | | |
| | | 500 | | | | | | | |
| Ics 1, 1P+N | 24 | 20 | | | | | | | |
| | 60 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 10 | 15 | |
| | 125 | | | | | | | | |
| | 250 | | | | | | | | |
| | 48 | 20 | | | | | | | |
| | 125 | 10 | 10 | 15 | 10 | 10 | 10 | 15 | |
| | 250 | | | | | | | | |
| | 500 | | | | | | | | |
| | 600 | | | | | | | | |
| | 800 | | | | | | | | |
| 3, 4 | 375 | | | | | | | | |
| | 500 | | | | | | | | |
| | 750 | | | | | | | | |

¹ Tylko do wartości 40 A; 10 kA do wartości 50/63 A

² < 50 A

³ Tylko dla charakterystyki D

⁴ Wartości nie dotyczą wszystkich wartości prądów znamionowych

⁵ 3 bieguny

⁶ 4 bieguny

2 Przegląd parametrów

| SN 201 M | S 280 | S 280 UC | | S 290 | S800S | | | | | S800N | S800C |
|------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------|
| B, C $2 \leq I_n \leq 40$ | B, C $80 \leq I_n \leq 100$ | B, K, Z $0,2 \leq I_n \leq 40$ | K, Z $50 \leq I_n \leq 63$ | C, D, K $80 \leq I_n \leq 125$ | B, C, D $10 \leq I_n \leq 125$ | K $10 \leq I_n \leq 125$ | KM $20 \leq I_n \leq 80$ | UCB $10 \leq I_n \leq 125$ | UCK $10 \leq I_n \leq 125$ | B, C, D $10 \leq I_n \leq 125$ | B, C, D, K $10 \leq I_n \leq 125$ |
| 10 | 6 | | | 10 | 25 | | | | | 20 | 15 |
| 20 | 15 | 10 | | | | | | | | | |
| 10 | 6 | 6 | 4,5 | 20 (15) ³ | 50 | 50 | 50 | | | 36 | |
| | 10 | 10 | 6 | 25 | 50 | 50 | 50 | | | 36 | 25 |
| | 6 | 6 | 4,5 | 20 (15) ³ | 50 | 50 | 50 | | | 36 | 25 |
| | | | | | 15 ⁴ | 15 ⁴ | 15 ⁴ | | | 10 ⁴ | 25 |
| | | | | | 6 ⁴ | 6 ⁴ | 6 ⁴ | | | 4,5 | |
| 10 | 15 | 7,5 | 6 | | | | | | | | |
| 7,5 | 6 | 6 | 4,5 | 10 (7,5) ³ | 40 | 40 | 40 | | | 30 | 18 |
| | 10 | 7,5 | 6 | 12,5 | 40 | 40 | 40 | | | 30 | 18 |
| | 6 | 6 | 4,5 | 10 (7,5) ³ | 40 | 40 | 40 | | | 30 | 18 |
| | | | | | 11 ⁴ | 11 ⁴ | 11 ⁴ | | | 8 ⁴ | |
| | | | | | 4 ⁴ | 4 ⁴ | 4 ⁴ | | | 3 | |
| 15 | 10 | | | 25 | | | | | | | |
| | | 6 | 4,5 | | 30 | 30 | 30 | | | | |
| | | | | | | | | 50 | 50 | 20 | 10 |
| 15 | 10 | | | | | | | | | | |
| | | 6 | 4,5 | | 30 | 30 | 30 | | | 20 | 10 |
| | | | | | | | | 50 | 50 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 20 ⁵ | 10 ⁵ |
| | | | | | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 20 ⁶ | 10 ⁶ |
| | | | | | | | | 50 | 50 | | |
| 15 | 10 | | | 12,5 | | | | | | | |
| | | 6 | 4,5 | | 30 | 30 | 30 | | | 20 | 10 |
| | | | | | | | | 50 | 50 | | |
| 15 | 10 | | | | | | | | | | |
| | | 6 | 4,5 | | 30 | 30 | 30 | | | 20 | 10 |
| | | | | | | | | 50 | 50 | | |
| | | | | | | | | | | | |
| | | | | | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 30 ⁵ | 20 ⁵ | 10 ⁵ |
| | | | | | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 30 ⁶ | 20 ⁶ | 10 ⁶ |
| | | | | | | | | 50 | 50 | | |

2 Przegląd parametrów

Wyłączniki kompaktowe Tmax XT

| | | | XT1 | | | | |
|--|---------------------------|------|-----------------------------------|----------|----------|----------|------------|
| Wielkość | [A] | | 160 | | | | |
| Bieguny | [Liczb.] | | 3, 4 | | | | |
| Napięcie znamionowe łączeniowe, Ue | (AC) 50-60Hz | [V] | 690 | | | | |
| | (DC) | [V] | 500 | | | | |
| Napięcie znamionowe izolacji, Ui | | [V] | 800 | | | | |
| Napięcie znam. udarowe wytrzymawane, Uimp | | [kV] | 8 | | | | |
| Wersja | | | Stacjonarny, wtykowy ² | | | | |
| Prąd wyłączalny | | | B | C | N | S | H |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy graniczny Icu | | | | | | | |
| Icu @ 220-230V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 25 | 40 | 65 | 85 | 100 |
| Icu @ 380V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 18 | 25 | 36 | 50 | 70 |
| Icu @ 415V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 18 | 25 | 36 | 50 | 70 |
| Icu @ 440V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 15 | 25 | 36 | 50 | 65 |
| Icu @ 500V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 8 | 18 | 30 | 36 | 50 |
| Icu @ 525V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 6 | 8 | 22 | 35 | 35 |
| Icu @ 690V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| Icu @ 250V (DC) 2 bieguny szeregowo | [kA] | | 18 | 25 | 36 | 50 | 70 |
| Icu @ 500V (DC) 2 bieguny szeregowo | [kA] | | 18 | 25 | 36 | 50 | 70 |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy eksploatacyjny Ics | | | | | | | |
| Ics @ 220-230V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 100% | 100% | 75% (50) | 75% | 75% |
| Ics @ 380V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% |
| Ics @ 415V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 100% | 100% | 100% | 75% | 50% (37,5) |
| Ics @ 440V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 75% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Ics @ 500V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 100% | 50% | 50% | 50% | 50% |
| Ics @ 525V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 100% | 100% | 50% | 50% | 50% |
| Ics @ 690V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 100% | 100% | 75% | 50% | 50% |
| Ics @ 250V (DC) 2 bieguny szeregowo | [kA] | | 100% | 100% | 100% | 75% | 75% |
| Ics @ 500V (DC) 2 bieguny szeregowo | [kA] | | 100% | 100% | 100% | 75% | 75% |
| Prąd znamionowy załączalny zwarciovy Icm | | | | | | | |
| Icm @ 220-230V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 52,5 | 84 | 143 | 187 | 220 |
| Icm @ 380V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 36 | 52,5 | 75,6 | 105 | 154 |
| Icm @ 415V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 36 | 52,5 | 75,6 | 105 | 154 |
| Icm @ 440V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 30 | 52,5 | 75,6 | 105 | 143 |
| Icm @ 500V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 13,6 | 36 | 63 | 75,6 | 105 |
| Icm @ 525V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 9,18 | 13,6 | 46,2 | 73,6 | 73,5 |
| Icm @ 690V 50-60Hz (AC) | [kA] | | 4,26 | 5,88 | 9,18 | 13,6 | 17 |
| Kategoria użytkowania (IEC 60947-2) | | | A | | | | |
| Norma odniesienia | | | IEC 60947-2 | | | | |
| Dostosowanie izolacji | | | ■ | | | | |
| Montaż na szynie DIN | | | DIN EN 50022 | | | | |
| Trwałość mechaniczna | [Liczba cykli] | | 25000 | | | | |
| | [Liczba cykli na godzinę] | | 240 | | | | |
| Trwałość elektryczna dla napięcia 415 V (AC) | [Liczba cykli] | | 8000 | | | | |
| | [Liczba cykli na godzinę] | | 120 | | | | |

⁽¹⁾ 90 kA dla 690 V - tylko dla wyłącznika XT4 160. Dostępny wkrótce - należy skontaktować się z firmą ABB SACE.

⁽²⁾ XT1 w wersji wtykowej tylko dla natężenia prądu $I_n \max = 125 \text{ A}$.

2 Przegląd parametrów

| XT2 | | | | | XT3 | | XT4 | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|------|----------------------|----------|-------------------------------|------|------|------|----------|
| 160 | | | | | 250 | | 160/250 | | | | |
| 3, 4 | | | | | 3, 4 | | 3, 4 | | | | |
| 690 | | | | | 690 | | 690 | | | | |
| 500 | | | | | 500 | | 500 | | | | |
| 1000 | | | | | 800 | | 1000 | | | | |
| 8 | | | | | 8 | | 8 | | | | |
| Stacjonarny, wysuwny, wtykowy | | | | | Stacjonarny, wtykowy | | Stacjonarny, wysuwny, wtykowy | | | | |
| N | S | H | L | V | N | S | N | S | H | L | V |
| 65 | 85 | 100 | 150 | 200 | 50 | 85 | 65 | 85 | 100 | 150 | 200 |
| 36 | 50 | 70 | 120 | 200 | 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 120 | 150 |
| 36 | 50 | 70 | 120 | 150 | 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 120 | 150 |
| 36 | 50 | 65 | 100 | 150 | 25 | 40 | 36 | 50 | 65 | 100 | 150 |
| 30 | 36 | 50 | 60 | 70 | 20 | 30 | 30 | 36 | 50 | 60 | 70 |
| 20 | 25 | 30 | 36 | 50 | 13 | 20 | 20 | 25 | 45 | 50 | 50 |
| 10 | 12 | 15 | 18 | 20 | 5 | 8 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 (90°) |
| 36 | 50 | 70 | 120 | 150 | 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 120 | 150 |
| 36 | 50 | 70 | 120 | 150 | 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 120 | 150 |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 50% (27) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 50% (27) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% (20) |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 143 | 187 | 220 | 330 | 440 | 105 | 187 | 143 | 187 | 220 | 330 | 440 |
| 75,6 | 105 | 154 | 264 | 440 | 75,6 | 105 | 75,6 | 105 | 154 | 264 | 330 |
| 75,6 | 105 | 154 | 264 | 330 | 75,6 | 105 | 75,6 | 105 | 154 | 264 | 330 |
| 75,6 | 105 | 143 | 220 | 330 | 52,5 | 84 | 75,6 | 105 | 143 | 220 | 330 |
| 63 | 75,6 | 105 | 132 | 154 | 40 | 63 | 63 | 75,6 | 105 | 132 | 154 |
| 40 | 52,5 | 63 | 75,6 | 105 | 26 | 40 | 40 | 52,5 | 94,5 | 105 | 105 |
| 17 | 24 | 30 | 36 | 40 | 7,65 | 13,6 | 17 | 24 | 84 | 40 | 52,5 |
| A | | | | | A | | A | | | | |
| IEC 60947-2 | | | | | IEC 60947-2 | | IEC 60947-2 | | | | |
| ■ | | | | | ■ | | ■ | | | | |
| DIN EN 50022 | | | | | DIN EN 50022 | | DIN EN 50022 | | | | |
| 25000 | | | | | 25000 | | 25000 | | | | |
| 240 | | | | | 240 | | 240 | | | | |
| 8000 | | | | | 8000 | | 8000 | | | | |
| 120 | | | | | 120 | | 120 | | | | |

2 Przegląd parametrów

Wyłączniki kompaktowe Tmax T

| | Tmax T1 1P | Tmax T1 | | | Tmax T2 | | | | |
|---|---|----------------|-------------|----------|----------|-------------|----------|----------|-------------|
| Prąd znamionowy ciągły I_n | [A] | 160 | 160 | | | 160 | | | |
| Bieguny | [Liczba] | 1 | 3/4 | | | 3/4 | | | |
| Napięcie znamionowe łączeniowe U_e | (AC) 50-60 Hz [V] | 240 | 690 | | | 690 | | | |
| | (DC) [V] | 125 | 500 | | | 500 | | | |
| Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane U_{imp} | [kV] | 8 | 8 | | | 8 | | | |
| Napięcie znamionowe izolacji U_i | [V] | 500 | 800 | | | 800 | | | |
| Napięcie probiercze dla częstotli-wości przemysłowej dla 1 min. | [V] | 3000 | 3000 | | | 3000 | | | |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarcio-owy graniczny I_{cu} | | B | B | C | N | N | S | H | L |
| (AC) 50-60 Hz 220/230 V | [kA] | 25* | 25 | 40 | 50 | 65 | 85 | 100 | 120 |
| (AC) 50-60 Hz 380/415 V | [kA] | – | 16 | 25 | 36 | 36 | 50 | 70 | 85 |
| (AC) 50-60 Hz 440 V | [kA] | – | 10 | 15 | 22 | 30 | 45 | 55 | 75 |
| (AC) 50-60 Hz 500 V | [kA] | – | 8 | 10 | 15 | 25 | 30 | 36 | 50 |
| (AC) 50-60 Hz 690 V | [kA] | – | 3 | 4 | 6 | 6 | 7 | 8 | 10 |
| (DC) 250 V - 2 bieguny szeregowo | [kA] | 25 (przy 125V) | 16 | 25 | 36 | 36 | 50 | 70 | 85 |
| (DC) 250 V - 3 bieguny szeregowo | [kA] | – | 20 | 30 | 40 | 40 | 55 | 85 | 100 |
| (DC) 500 V - 2 bieguny szeregowo | [kA] | – | – | – | – | – | – | – | – |
| (DC) 500 V - 3 bieguny szeregowo | [kA] | – | 16 | 25 | 36 | 36 | 50 | 70 | 85 |
| (DC) 750 V - 3 bieguny szeregowo | [kA] | – | – | – | – | – | – | – | – |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarcio-owy eksploatacyjny I_{cs} | | | | | | | | | |
| (AC) 50-60 Hz 220/230 V | [%I _{cu}] | 75 % | 100% | 75 % | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| (AC) 50-60 Hz 380/415 V | [%I _{cu}] | – | 100% | 100% | 75 % | 100% | 100% | 100% | 75% (70 kA) |
| (AC) 50-60 Hz 440 V | [%I _{cu}] | – | 100% | 75 % | 60% | 100% | 100% | 100% | 75% |
| (AC) 50-60 Hz 500 V | [%I _{cu}] | – | 100% | 75 % | 50% | 100% | 100% | 100% | 75% |
| (AC) 50-60 Hz 690 V | [%I _{cu}] | – | 100% | 75 % | 60% | 100% | 100% | 100% | 75% |
| Prąd znamionowy załączalny zwarcio-owy I_{cm} | | | | | | | | | |
| (AC) 50-60 Hz 220/230 V | [kA] | 52.5 | 52,5 | 84 | 105 | 143 | 187 | 220 | 264 |
| (AC) 50-60 Hz 380/415 V | [kA] | – | 32 | 52,5 | 75,6 | 75,6 | 105 | 154 | 187 |
| (AC) 50-60 Hz 440 V | [kA] | – | 17 | 30 | 46,2 | 63 | 94,5 | 121 | 165 |
| (AC) 50-60 Hz 500 V | [kA] | – | 13,6 | 17 | 30 | 52,5 | 63 | 75,6 | 105 |
| (AC) 50-60 Hz 690 V | [kA] | – | 4,3 | 5,9 | 9,2 | 9,2 | 11,9 | 13,6 | 17 |
| Czas otwarcia (415 V) | [ms] | 7 | 7 | 6 | 5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Kategoria użytkowania (IEC 60947-2) | | A | A | | | A | | | |
| Norma odniesienia | | IEC 60947-2 | IEC 60947-2 | | | IEC 60947-2 | | | |
| Dostosowanie izolacji | | ■ | ■ | | | ■ | | | |
| Zamienność | | – | – | | | – | | | |
| Wersje | | F | F | | | F-P | | | |
| Trwałość mechaniczna | [Liczba cykli przestawieniowych] | 25000 | 25000 | | | 25000 | | | |
| | [Liczba cykli przestawieniowych na godzinę] | 240 | 240 | | | 240 | | | |
| Trwałość elektryczna dla napięcia 415 V (AC) | [Liczba cykli przestawieniowych] | 8000 | 8000 | | | 8000 | | | |
| | [Liczba cykli przestawieniowych na godzinę] | 120 | 120 | | | 120 | | | |

F = wyłączniki stacjonarne
P = wyłączniki wtykowe
W = wyłączniki wysuwne

^{*)} Prąd wyłączalny dla nastaw
In=16 A i In=20 A wynosi 16 kA.

2 Przegląd parametrów

| Tmax T3 | | Tmax T4 | | | | | Tmax T5 | | | | | Tmax T6 | | | | Tmax T7 | | | |
|-------------|-------------|-----------------------------|------|------|------|------|--------------------------------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|---|------|------|-----|---------------------------------------|------|------|------------------|
| 250 | | 250/320 | | | | | 400/630 | | | | | 630/800/1000 | | | | 800/1000/1250/1600 | | | |
| 3/4 | | 3/4 | | | | | 3/4 | | | | | 3/4 | | | | 3/4 | | | |
| 690 | | 690 | | | | | 690 | | | | | 690 | | | | 690 | | | |
| 500 | | 750 | | | | | 750 | | | | | 750 | | | | - | | | |
| 8 | | 8 | | | | | 8 | | | | | 8 | | | | 8 | | | |
| 800 | | 1000 | | | | | 1000 | | | | | 1000 | | | | 1000 | | | |
| 3000 | | 3500 | | | | | 3500 | | | | | 3500 | | | | 3500 | | | |
| N | S | N | S | H | L | V | N | S | H | L | V | N | S | H | L | S | H | L | V ⁽⁶⁾ |
| 50 | 85 | 70 | 85 | 100 | 200 | 200 | 70 | 85 | 100 | 200 | 200 | 70 | 85 | 100 | 200 | 85 | 100 | 200 | 200 |
| 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 120 | 200 | 36 | 50 | 70 | 120 | 200 | 36 | 50 | 70 | 100 | 50 | 70 | 120 | 150 |
| 25 | 40 | 30 | 40 | 65 | 100 | 180 | 30 | 40 | 65 | 100 | 180 | 30 | 45 | 50 | 80 | 50 | 65 | 100 | 130 |
| 20 | 30 | 25 | 30 | 50 | 85 | 150 | 25 | 30 | 50 | 85 | 150 | 25 | 35 | 50 | 65 | 40 | 50 | 85 | 100 |
| 5 | 8 | 20 | 25 | 40 | 70 | 80 | 20 | 25 | 40 | 70 | 80 | 20 | 22 | 25 | 30 | 30 | 42 | 50 | 60 |
| 36 | 50 | 36 | 50 | 70 | 100 | 150 | 36 | 50 | 70 | 100 | 150 | 36 | 50 | 70 | 100 | - | - | - | - |
| 40 | 55 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | 25 | 36 | 50 | 70 | 100 | 25 | 36 | 50 | 70 | 100 | 20 | 35 | 50 | 65 | - | - | - | - |
| 36 | 50 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| - | - | 16 | 25 | 36 | 50 | 70 | 16 | 25 | 36 | 50 | 70 | 16 | 20 | 36 | 50 | - | - | - | - |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 75% | 50% (27 kA) | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 100% | 100% |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% ⁽¹⁾ | 100% ⁽²⁾ | 100% | 100% | 100% | 75% | 100% | 100% | 75% | 100% |
| 75% | 50% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% ⁽¹⁾ | 100% ⁽²⁾ | 100% ⁽²⁾ | 100% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% | 75% |
| 105 | 187 | 154 | 187 | 220 | 440 | 660 | 154 | 187 | 220 | 440 | 660 | 154 | 187 | 220 | 440 | 187 | 220 | 440 | 440 |
| 75,6 | 105 | 75,6 | 105 | 154 | 264 | 440 | 75,6 | 105 | 154 | 264 | 440 | 75,6 | 105 | 154 | 220 | 105 | 154 | 264 | 330 |
| 52,5 | 84 | 63 | 84 | 143 | 220 | 396 | 63 | 84 | 143 | 220 | 396 | 63 | 94,5 | 105 | 176 | 105 | 143 | 220 | 286 |
| 40 | 63 | 52,5 | 63 | 105 | 187 | 330 | 52,5 | 63 | 105 | 187 | 330 | 52,5 | 73,5 | 105 | 143 | 84 | 105 | 187 | 220 |
| 7,7 | 13,6 | 40 | 52,5 | 84 | 154 | 176 | 40 | 52,5 | 84 | 154 | 176 | 40 | 46 | 52,5 | 63 | 63 | 88,2 | 105 | 132 |
| 7 | 6 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 10 | 9 | 8 | 7 | 15 | 10 | 8 | 8 |
| A | | A | | | | | B (400 A) ⁽³⁾ - A (630 A) | | | | | B (630 A - 800 A) ⁽⁵⁾ - A (1000 A) | | | | B ⁽⁷⁾ | | | |
| IEC 60947-2 | | IEC 60947-2 | | | | | IEC 60947-2 | | | | | IEC 60947-2 | | | | IEC 60947-2 | | | |
| ■ | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | | | | ■ | | | |
| - | | ■ | | | | | ■ | | | | | ■ | | | | ■ | | | |
| F-P | | F-P-W | | | | | F-P-W | | | | | F-W ⁽⁶⁾ | | | | F-W | | | |
| 25000 | | 20000 | | | | | 20000 | | | | | 20000 | | | | 10000 | | | |
| 240 | | 240 | | | | | 120 | | | | | 120 | | | | 60 | | | |
| 8000 | | 8000 (250 A) - 6000 (320 A) | | | | | 7000 (400 A) - 5000 (630 A) | | | | | 7000 (630 A) - 5000 (800 A) - 4000 (1000 A) | | | | 2000 (S-H-L wersja) - 3000 (V wersja) | | | |
| 120 | | 120 | | | | | 60 | | | | | 60 | | | | 60 | | | |

⁽¹⁾ 75% dla T5 630⁽²⁾ 50% dla T5 630⁽³⁾ Icw = 5 kA⁽⁴⁾ Wersja wysuwna niedostępna dla typu T6 1000 A⁽⁵⁾ Icw = 7,6 kA (630 A) - 10 kA (800 A)⁽⁶⁾ Tylko dla T7 800/1000/1250 A⁽⁷⁾ Icw = 20 kA (wersje S, H, L) - 15 kA (wersja V)

Uwaga: W wersji wykowej wyłącznika typu T2, T3, T5 630 oraz w wersji wysuwnej wyłącznika typu T5 630 w temperaturze 40°C maksymalna wartość prądu znamionowego zostaje zmniejszona o 10%.

2 Przegląd parametrów

Wyłączniki powietrzne SACE Emax

Parametry wspólne

| Napięcia | | |
|---|------|---------------------|
| Napięcie znam. łączeniowe Ue | [V] | 690 ~ |
| Napięcie znam. izolacji Ui | [V] | 1000 |
| Napięcie znam. udarowe wytrzymywane Uimp | [kV] | 12 |
| Zakres temp. pracy | | |
| | [°C] | -25....+70 |
| Zakres temp. przechowywania | | |
| | [°C] | -40....+70 |
| Częstotliwość f | | |
| | [Hz] | 50 - 60 |
| Liczba biegunów | | |
| | | 3 - 4 |
| Wersja | | |
| | | Stacjonarna-wysuwna |

| Poziomy wytrzymałości zwarciowej | |
|---|-----------|
| Prądy: prąd znamionowy łączeniowy (40°C) Iu | [A] |
| | [A] |
| | [A] |
| | [A] |
| | [A] |
| | [A] |
| | [A] |
| | [A] |
| Obciążalność biegunu neutralnego w wyłączniku 4-biegunowym | [%Iu] |
| Prąd znamionowy wyłączalności zwarciowej granicznej Icu | |
| 220/230/380/400/415 V - | [kA] |
| 440 V - | [kA] |
| 500/525 V - | [kA] |
| 660/690 V - | [kA] |
| Prąd znamionowy wyłączalności zwarciowej eksploatacyjnej Ics | |
| 220/230/380/400/415 V - | [kA] |
| 440 V - | [kA] |
| 500/525 V - | [kA] |
| 660/690 V - | [kA] |
| Prąd zwarciowy krótkotrwały wytrzymywany Icw | (1s) [kA] |
| | (3s) [kA] |
| Prąd znamionowy załączalności zwarciowej (wartość szczytowa) Icm | |
| 220/230/380/400/415 V - | [kA] |
| 440 V - | [kA] |
| 500/525 V - | [kA] |
| 660/690 V - | [kA] |
| Kategoria użytkowania (zgodnie z normą IEC 60947-2) | |
| Dostosowanie izolacji (zgodnie z normą IEC 60947-2) | |
| Zabezpieczenie nadprądowe | |
| Wyzwalacze elektroniczne do pracy w instalacjach prądu przemiennego | |
| Czas zadziałania | |
| Czas otwarcia (maks.) | [ms] |
| Czas wyłączenia dla prądu I<Icw (max) ¹⁾ | [ms] |
| Czas wyłączenia dla prądu I=Icw (max) | [ms] |

- (1) Bez zamierzonej zwłoki
(2) Parametr dla 600 V wynosi 100 kA

Wyłączniki powietrzne SACE Emax

| Prąd znamionowy ciągły (40°C) Iu | X1 | | | E1 B-N | | |
|--|-----|------|------|--------|-----------|------|
| | 800 | 1250 | 1600 | 800 | 1000-1250 | 1600 |
| Trwałość mechaniczna przy regularnej, standardowej konserwacji [Liczba cykli przestaw. x 1000] | 125 | 12,5 | 125 | 25 | 25 | 25 |
| Częstotliwość [Liczba cykli przestawieniowych/h] | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Trwałość elektryczna (440 V -) [Liczba cykli przestawieniowych x 1000] | 6 | 4 | 3 | 10 | 10 | 10 |
| (690 V -) [Liczba cykli przestawieniowych x 1000] | 3 | 2 | 1 | 10 | 8 | 8 |
| Częstotliwość [Liczba cykli przestawieniowych/h] | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

2 Przegląd parametrów

| X1 | | | E1 | | E2 | | | | E3 | | | | | E4 | | | E6 | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------------------|------|------|------|------------------|------|------|------|
| B | N | L | B | N | B | N | S | L | N | S | H | V | L | S | H | V | H | V |
| 630 | 630 | 630 | 800 | 800 | 1600 | 1000 | 800 | 1250 | 2500 | 1000 | 800 | 800 | 2000 | 4000 | 3200 | 3200 | 4000 | 3200 |
| 800 | 800 | 800 | 1000 | 1000 | 2000 | 1250 | 1000 | 1600 | 3200 | 1250 | 1000 | 1250 | 2500 | | 4000 | 4000 | 5000 | 4000 |
| 1000 | 1000 | 1000 | 1250 | 1250 | | 1600 | 1250 | | | 1600 | 1250 | 1600 | | | | | 6300 | |
| 1250 | 1250 | 1250 | 1600 | 1600 | | 2000 | 1600 | | | 2000 | 1600 | 2000 | | | | | 6300 | |
| 1600 | 1600 | | | | | 2000 | | | | 2500 | 2000 | 2500 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 3200 | 2500 | 3200 | | | | | | |
| | | | | | | | | | | 3200 | | | | | | | | |
| 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 42 | 65 | 150 | 42 | 50 | 42 | 65 | 85 | 130 | 65 | 75 | 100 | 130 | 130 | 75 | 100 | 150 | 100 | 150 |
| 42 | 65 | 130 | 42 | 50 | 42 | 65 | 85 | 110 | 65 | 75 | 100 | 130 | 110 | 75 | 100 | 150 | 100 | 150 |
| 42 | 50 | 100 | 42 | 50 | 42 | 55 | 65 | 85 | 65 | 75 | 100 | 100 | 85 | 75 | 100 | 130 | 100 | 130 |
| 42 | 50 | 60 | 42 | 50 | 42 | 55 | 65 | 85 | 65 | 75 | 85 ²⁾ | 100 | 85 | 75 | 85 ²⁾ | 100 | 100 | 100 |
| 42 | 50 | 150 | 42 | 50 | 42 | 65 | 85 | 130 | 65 | 75 | 85 | 100 | 130 | 75 | 100 | 150 | 100 | 125 |
| 42 | 50 | 130 | 42 | 50 | 42 | 65 | 85 | 110 | 65 | 75 | 85 | 100 | 110 | 75 | 100 | 150 | 100 | 125 |
| 42 | 42 | 100 | 42 | 50 | 42 | 55 | 65 | 65 | 65 | 75 | 85 | 85 | 65 | 75 | 100 | 130 | 100 | 100 |
| 42 | 42 | 45 | 42 | 50 | 42 | 55 | 65 | 65 | 65 | 75 | 85 | 85 | 65 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 |
| 42 | 42 | 15 | 42 | 50 | 42 | 55 | 65 | 10 | 65 | 75 | 75 | 85 | 15 | 75 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | | 36 | 36 | 42 | 42 | 50 | - | 65 | 65 | 65 | 65 | - | 75 | 75 | 75 | 85 | 85 |
| 88,2 | 143 | 330 | 88,2 | 105 | 88,2 | 143 | 187 | 286 | 143 | 165 | 220 | 286 | 286 | 165 | 220 | 330 | 220 | 330 |
| 88,2 | 143 | 286 | 88,2 | 105 | 88,2 | 143 | 187 | 242 | 143 | 165 | 220 | 286 | 242 | 165 | 220 | 330 | 220 | 330 |
| 88,2 | 121 | 220 | 88,2 | 105 | 88,2 | 121 | 143 | 187 | 143 | 165 | 187 | 220 | 187 | 165 | 220 | 286 | 220 | 286 |
| 88,2 | 121 | 132 | 88,2 | 105 | 88,2 | 121 | 143 | 187 | 143 | 165 | 187 | 220 | 187 | 165 | 187 | 220 | 220 | 220 |
| B | B | A | B | B | B | B | B | A | B | B | B | B | A | B | B | B | B | B |
| ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 | 80 |
| 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 30 | 30 | 12 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 12 | 30 | 30 | 30 | 30 | 12 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |

| E2 B-N-S | | | | E2 L | | E3 N-S-H-V | | | | | | E3 L | | E4 S-H-V | | E6 H-V | | | | | |
|----------|------|------|------|------|------|------------|-----|------|------|------|------|------|------|----------|------|--------|------|------|------|------|------|
| 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 1250 | 1600 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 | 3200 | 4000 | 5000 | 6300 |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 15 | 15 | 15 | 15 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | |
| 15 | 15 | 12 | 10 | 4 | 3 | 12 | 12 | 12 | 10 | 9 | 8 | 6 | 2 | 1,8 | 7 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | |
| 15 | 15 | 10 | 8 | 3 | 2 | 12 | 12 | 12 | 10 | 9 | 7 | 5 | 1,5 | 1,3 | 7 | 4 | 5 | 4 | 2 | 1,5 | |
| 30 | 30 | 30 | 30 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |

2 Przegląd parametrów

Wyłączniki powietrzne SACE Emax z pełnowymiarowym biegunem neutralnym

| | | E4S/f | E4H/f | E6H/f |
|--|-------|-------|-------|-------|
| Prąd znamionowy ciągły (dla 40°C) Iu | [A] | 4000 | 3200 | 4000 |
| | [A] | | 4000 | 5000 |
| | | | | 6300 |
| Liczba biegunów | | 4 | 4 | 4 |
| Napięcie znamionowe łączeniowe Ue | [V ~] | 690 | 690 | 690 |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciaowy graniczny Icu | | | | |
| 220/230/380/400/415 V ~ | [kA] | 80 | 100 | 100 |
| 440 V ~ | [kA] | 80 | 100 | 100 |
| 500/525 V ~ | [kA] | 75 | 100 | 100 |
| 660/690 V ~ | [kA] | 75 | 100 | 100 |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciaowy eksploatacyjny Ics | | | | |
| 220/230/380/400/415 V ~ | [kA] | 80 | 100 | 100 |
| 440 V ~ | [kA] | 80 | 100 | 100 |
| 500/525 V ~ | [kA] | 75 | 100 | 100 |
| 660/690 V ~ | [kA] | 75 | 100 | 100 |
| Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymawany Icw | | | | |
| (1s) | [kA] | 75 | 85 | 100 |
| (3s) | [kA] | 75 | 75 | 85 |
| Prąd znamionowy załączalny zwarciaowy Icm | | | | |
| 220/230/380/400/415 V ~ | [kA] | 176 | 220 | 220 |
| 440 V ~ | [kA] | 176 | 220 | 220 |
| 500/525 V ~ | [kA] | 165 | 220 | 220 |
| 660/690 V ~ | [kA] | 165 | 220 | 220 |
| Kategoria użytkowania (zgodnie z normą IEC 60947-2) | | B | B | B |
| Dostosowanie izolacji (zgodnie z normą IEC 60947-2) | | ■ | ■ | ■ |
| Wymiary zewnętrzne | | | | |
| Wersja stacjonarna: wys. = 418 mm - gł. = 302 mm dł.[mm] | | 746 | 746 | 1034 |
| Wersja wysuwana: wys. = 461 mm - gł. = 396,5 mm dł. [mm] | | 774 | 774 | 1062 |
| Masa (kompletny wyłącznik z wyzwalaczami i przekładnikami prądowymi, bez wyposażenia dodatkowego) | | | | |
| Wersja stacjonarna | [kg] | 120 | 120 | 165 |
| Wersja wysuwana (wraz z kasetą) | [kg] | 170 | 170 | 250 |

2 Przegląd parametrów

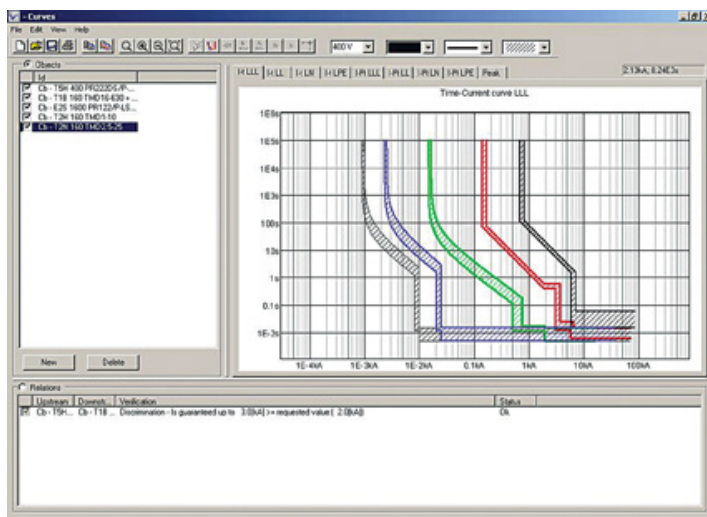
2.2 Charakterystyki i program "Curves"

2.2.1 Program Curves 1.0

Program „Curves”, który można pobrać ze stron firmy <http://bol.it.abb.com>, jest narzędziem przeznaczonym dla osób pracujących w dziedzinie elektrotechniki.

Program ten umożliwia wizualizację:

- I-t LLL: charakterystyk wyzwalania dla zwarć trójfazowych;
- I-t LL: charakterystyk wyzwalania dla zwarć dwufazowych;
- I-t LN: charakterystyk wyzwalania dla zwarć jednofazowych;
- I-t LPE: charakterystyk wyzwalania dla zwarć doziemnych;
- I-It2 LLL: charakterystyk ograniczenia energii dla zwarć trójfazowych;
- I-It2 LL: charakterystyk ograniczenia energii dla zwarć dwufazowych;
- I-It2 LN: charakterystyk ograniczenia energii dla zwarć jednofazowych;
- I-It2 LPE: charakterystyk ograniczenia energii dla zwarć doziemnych;
- Peak (Wartość szczytowa): charakterystyka ograniczająca natężenia prądu;
- Krzywe charakterystyki przewodów i bezpieczników.



Innymi funkcjami oferowanymi przez program jest możliwość weryfikacji ochrony przewodów, ochrony ludzi i selektywności. Algorytmy weryfikacji ochrony przewodów są opisane w międzynarodowych normach. Algorytmy weryfikacji selektywności zostały zaimplementowane zgodnie z wytycznymi zamieszczonymi w dokumentacji aplikacji technicznych firmy ABB SACE, a w szczególności w dokumencie "QT1: Selektywność w instalacjach niskiego napięcia, z pomocą wyłączników firmy ABB" (dokument nazywany dalej dokumentem QT1). Program "Curves" wyświetla charakterystyki zadziałania i ograniczania, zgodnie z danymi katalogowymi.

2 Przegląd parametrów

2.2.2 Charakterystyki wyzwolenia wyzwalaczy termomagnetycznych i wyzwalaczy magnetycznych

Funkcja zabezpieczenia przeciążeniowego nie może wyzwolić wyłącznika w ciągu 2 h dla natężenia prądu mniejszego, niż 1,05 razy wartość prądu nastawczego i musi wyzwolić wyłącznik w ciągu 2 h dla wartości prądu niższych, niż 1,3 razy wartość prądu nastawczego.

Przez "wyzwolenie na zimno" rozumie się stan, w którym przeciążenie nastąpi wtedy, kiedy wyłącznik nie osiągnął jeszcze swojej normalnej temperatury roboczej (przez wyłącznik nie płynął prąd przed wystąpieniem anomalii) natomiast "wyzwolenie na gorąco" odnosi się do wyłącznika, który osiągnął już swoją normalną temperaturę roboczą, przy płynącym przez niego prądzie znamionowym, zanim doszło do przeciążenia. Z tego też powodu czasy dla "wyzwolenia na zimno" są zawsze dłuższe, niż dla "wyzwolenia na gorąco".

Funkcja zabezpieczająca przed zwarciami jest przedstawiona na charakterystyce czasowo-prądowej przez pionową linię, odpowiadającą wartości znamionowej progu wyzwolenia I₃.

Zgodnie z normą IEC 60947-2, rzeczywista wartość progu znajduje się w przedziale od 0,8·I₃ do 1,2·I₃. Zwiłoka zadziałania tego zabezpieczenia będzie zależała od charakterystyki elektrycznej niesprawności oraz od obecności innych urządzeń: na wyżej wymienionej charakterystyce nie ma możliwości przedstawienia w przejrzysty sposób wszystkich możliwych sytuacji; lepiej jest więc wykorzystać pojedynczą linię prostą, równoległą do osi prądu.

Wszystkie informacje dotyczące obszaru wyzwolenia oraz informacje użyteczne w trakcie doboru wielkości urządzeń i koordynacji instalacji zostały zamieszczone na charakterystyce ograniczenia oraz na charakterystykach całki Joule'a wyłącznika w warunkach zwarcia.

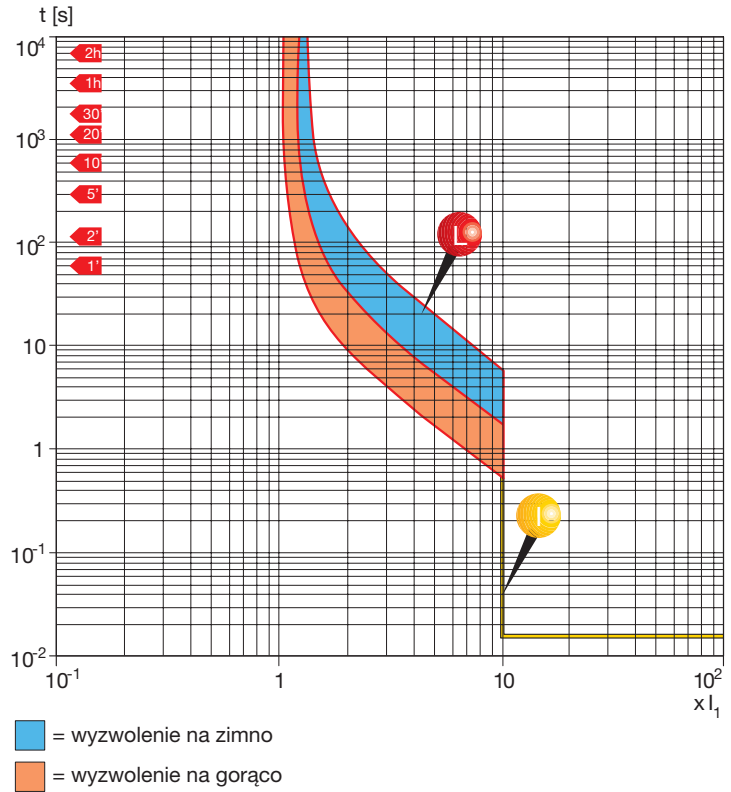
Na dalszych stronach przedstawiono przykłady opisujące ustawienia wyzwalaczy termomagnetycznych.

W celu zapewnienia przejrzystości przykładów, nie uwzględniono w nich tolerancji funkcji zabezpieczających.

W celu uzyskania prawidłowych nastaw należy uwzględnić tolerancje podane dla zastosowanych typów wyzwalaczy termomagnetycznych; informacje te są dostępne w odpowiednich katalogach technicznych.

2 Przegląd parametrów

Na poniższym rysunku przedstawiono charakterystykę czasowo-prądową wyzwolenia wyłącznika wyposażonego w wyzwalacz termomagnetyczny:



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie przeciążeniowe (L)

W celu prawidłowego ustawienia funkcji zabezpieczającej L wyzwalacza należy znać wartość prądu obciążenia (I_b) i podzielić ją przez wartość prądu znamionowego wyzwalacza termomagnetycznego, przyjmując ostatecznie dostępną nastawę, większą lub równą uzyskanej wartości.

$$\text{Nastawa } L = \frac{I_b}{I_n}$$

Oprócz tego, w przypadku ochrony przewodu należy spełnić następującą zależność:

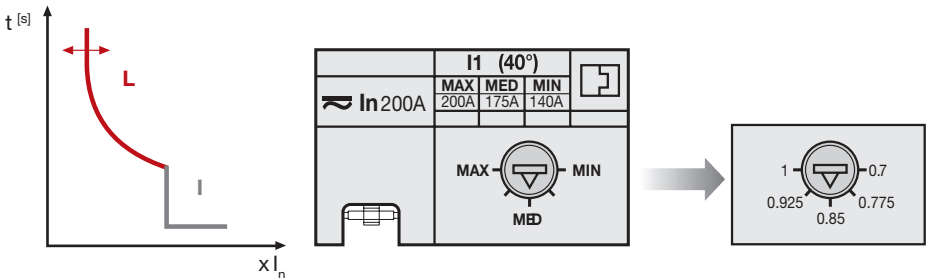
$I_b < I_1 < I_z$, gdzie I_z jest to obciążalność prądowa przewodu, a I_1 jest to wartość prądu ustawiona w zabezpieczeniu przeciążeniowym.

Przykład:

XT4N 250 TMA 200 z wyzwalaczem termomagnetycznym TMA= (z funkcją L, z nastawą w zakresie od 0,7 do 1 x I_n).

$I_b = 170 \text{ A}$

$$\text{Nastawa } L = \frac{I_b}{I_n} = \frac{170}{200} = 0,85$$



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie zwarciove bezzwłoczne (I)

W celu ustawienia funkcji zabezpieczenia magnetycznego wyzwalacza należy znać minimalną wartość prądu zwarciovego, która może wystąpić w instalacji.

Próg I₃ musi spełniać następujący warunek:

$$I_3 \leq I_{kmin}$$

$$I_3 = \text{nastawa} \times I_n$$

W celu określenia nastawy należy podzielić wartość I_{kmin} przez wartość prądu znamionowego wyzwalacza i przyjąć najbliższą, mniejszą wartość.

$$\text{Nastawa}_I = \frac{I_{kmin}}{I_n}$$

Przykład:

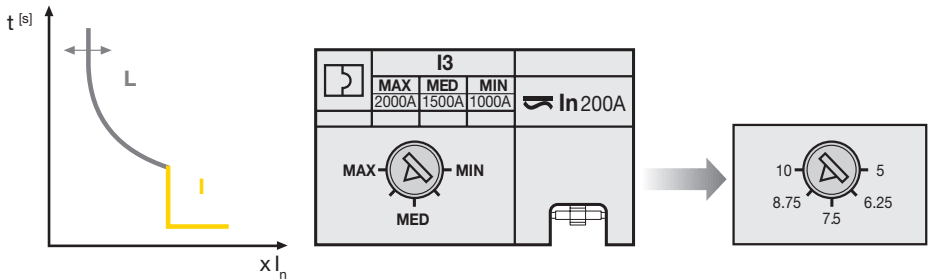
XT4N 250 TMA 200 z wyzwalaczem termomagnetycznym TMA z funkcją bezzwłoczną, z nastawą w zakresie od 5 (= 1000 A) do 10 (= 2000 A).

I_{kmin}=1800 A

$$\text{Nastawa}_I = \frac{I_{kmin}}{I_n} = \frac{1800}{200} = 9$$

Można wybrać: $\approx 8,75$:

$$I_3 = 8,75 \times 200 = 1750 \leq 1800 \text{ A}$$



2 Przegląd parametrów

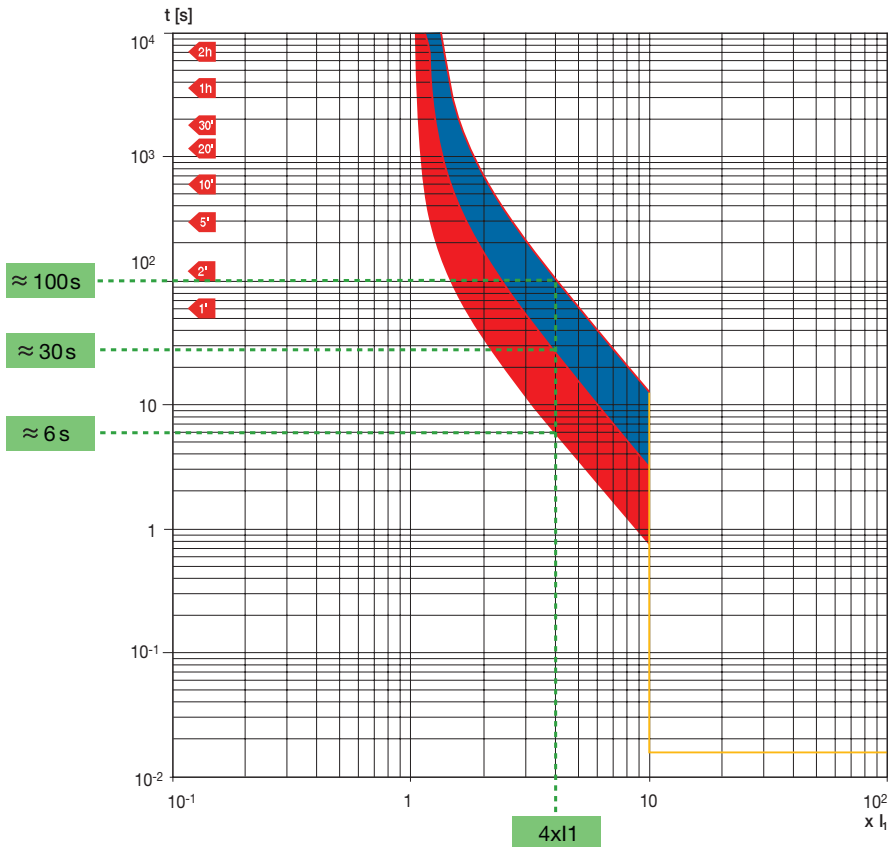
Przykład doboru nastawy wyzwalacza termomagnetycznego

Rozważmy wyłącznik typu XT2 160 In 160. Za pomocą trymera do ustawiania regulacji termicznej należy wybrać wartość progową prądu, na przykład 144 A; próg zadziałania wyzwalacza magnetycznego, ustawiony na $10I_n$, odpowiada więc natężeniu prądu 1600 A.

Należy pamiętać o tym, że zadziałanie wyzwalacza termicznego będzie zależało w znaczący sposób od warunków, w jakich dojdzie do przeciążenia, czyli od tego, czy wyłącznik osiągnął już swoją temperaturę roboczą, czy też nie. Przykładowo, dla prądu przeciążenia 600 A zwłoka wyzwolenia będzie wynosiła od 6 do 30 s dla wyzwolenia na gorąco oraz od 30 do 100 s dla wyzwolenia na zimno.

Dla wartości prądów awaryjnych większych, niż 1600 A, wyzwolenie wyłącznika przez zabezpieczenie magnetyczne będzie bezwzględne.

Wyłącznik XT2 160 - In 160: charakterystyki czasowo-prądowe



2 Przegląd parametrów

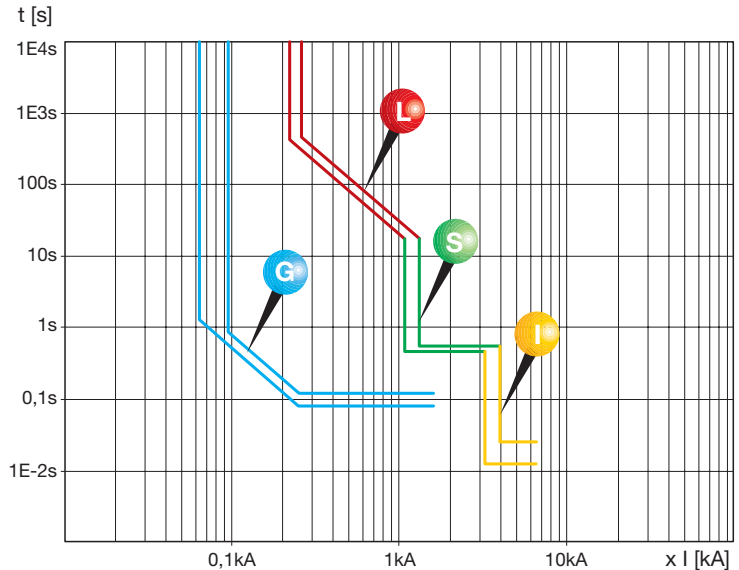
2.2.3 Funkcje wyzwalaczy elektronicznych

Na poniższych stronach opisano funkcje zabezpieczające wyzwalaczy elektronicznych wyłączników kompaktowych i wyłączników powietrznych. Dostępność poszczególnych funkcji oferowanych przez konkretne wyzwalacze została przedstawiona w tabeli na stronie 43.

Przykłady zamieszczone na kolejnych stronach pokazują, jak można ustawić wyzwalacz elektroniczny za pomocą przełączników DIP, znajdujących się z przodu wyłącznika. Czynność tę można wykonać również wykorzystując elementy sterujące i wyświetlacz LED (dla wyzwalaczy typu PR122, PR123, PR332 lub PR333) lub elektronicznie, wykorzystując moduł kontroly PR 010T lub SD-TESTBUS 2.

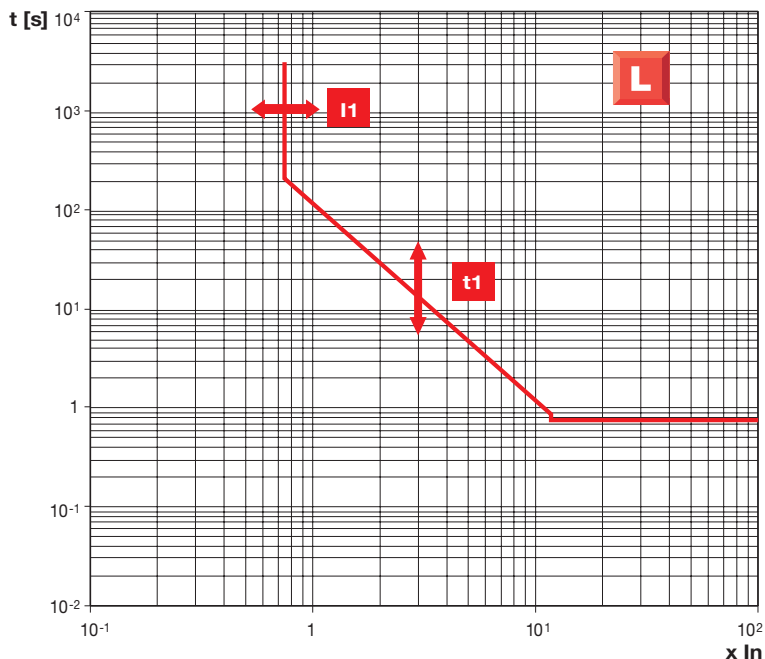
W celu zapewnienia przejrzystości przykładów, nie uwzględniono w nich tolerancji funkcji zabezpieczających. W celu uzyskania prawidłowych nastaw należy uwzględnić tolerancje podane dla różnych funkcji zabezpieczających użytych wyzwalaczy elektronicznych; informacje te są dostępne w odpowiednich katalogach technicznych.

Na rysunku poniżej przedstawiono charakterystykę czasowo-prądową wyzwolenia wyłącznika wyposażonego w wyzwalacz elektroniczny z funkcjami zabezpieczającymi LSIG, które zostały opisane w dalszej części niniejszego dokumentu:



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie przeciążeniowe (funkcja L)



Obszar zastosowań powyższej funkcji zabezpieczającej obejmuje wszystkie instalacje, w których może dojść do przeciążeń - zazwyczaj o niewielkiej wartości, ale długotrwałych - które są niebezpieczne dla urządzeń i okablowania. Prądy przeciążeniowe pojawiają się zazwyczaj w sprawnych instalacjach, w których doszło do przeciążenia linii (zdarzenie bardziej prawdopodobne, niż zwarcie).

Charakterystyka wyzwalania tego zabezpieczenia (którego nie można wyłączyć) jest wyznaczana przez próg prądowy I_1 i czas wyzwolenia t_1 . Bardziej szczegółowo:

- Prąd I_1 odpowiada progowi, po przekroczeniu którego funkcja zabezpieczająca wymusza otwarcie wyłącznika ze zwłoką zależną, z zależnością czasowo-prądową opisaną przez funkcję $I^2t = \text{constans}$ (stała wartość energii przepływającej przez wyłącznik);
- Czas t_1 odpowiada zwłoce zadziałania zabezpieczenia, w sekundach, która stanowi wielokrotność I_1 i jest wykorzystywana do identyfikacji jednej charakterystyki, wybranej spośród dostępnych w wyzwalaczu.

Dostępne nastawy zostały opisane w odpowiednich katalogach technicznych.

2 Przegląd parametrów

W celu prawidłowego ustawienia progu zadziałania zabezpieczenia L należy znać natężenie prądu pobieranego przez obciążenie (I_b), podzielić je przez prąd znamionowy wyzwalacza I_n i wybrać najbliższą wartość, większą lub równą obliczonej.

$$\text{Nastawa } L = \frac{I_b}{I_n}$$

Oprócz tego, w przypadku ochrony przewodu należy spełnić następującą zależność: $I_b < I_l < I_z$, gdzie I_z jest to obciążalność prądowa przewodu, a I_l jest to wartość prądu ustawiona w zabezpieczeniu przeciążeniowym.

Przykład:

Wyłącznik XT2N 160, wyzwalacz typu Ekip LSI $I_n=100$, funkcja L ($I_l=0,4$ dla $1 \times I_n$ ze skokiem 0,02), z ręczną nastawą.

$I_b=85$ A

$$\text{Nastawa } L = \frac{I_b}{I_n} = \frac{85}{100} = 0,85$$

Wybrano wartość $I_l=0,86$.

Przełączniki DIP powinny zostać ustawione ręcznie w taki sposób, aby uzyskać współczynnik wynoszący 0,86; jest on mnożony przez prąd znamionowy wyzwalacza, dając żądaną wartość prądu. Na rysunku na następnej stronie przedstawiono prawidłowe ustawienie przełącznika DIP, umożliwiające uzyskanie żądanej wartości mnożnika:

$$I_l = 100 \times (0,4^* + 0,02 + 0,04 + 0,08 + 0,32) = 86 \text{ A}$$

Zwłoka wyzwolenia funkcji zabezpieczającej L dla prądu przeciążenia będzie zależała od charakterystyki.

W przypadku wyzwalacza zastosowanego w przykładzie, dostępne są 4 charakterystyki, każda z nich cechująca się określonym mnożnikiem ($3 \times I_l$), któremu odpowiada inna zwłoka ($t_1=3$ s, 12 s, 36 s, 60 s); ponieważ charakterystyki spełniają zależność $I^2 t = \text{const}$, po ustawieniu czasu t_1 możliwe jest określenie wielokrotności różnych od $3 \times I_l$.

Dla charakterystyki $I^2 t = \text{const}$, warunek

$$(3 \times I_l)^2 \times t_1 = \text{const} = I^2 t$$

musi być zawsze spełniony.

(*) 0,4 jest stałą wartością, której nie można zmienić.

2 Przegląd parametrów

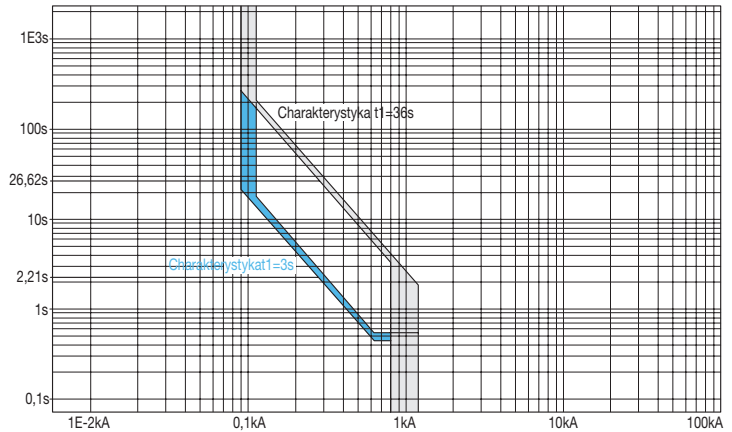
Gdzie I^2t odpowiada iloczynowi kwadratu prądu przeciążeniowego i czasu niezbędnego do jego wyłączenia przez zabezpieczenie.

Zakładając prąd przeciążeniowy, wynoszący 300 A (I_{ol}) i ustawiając czas $t_1 = 3$ s, otrzymuje się następujący wynik:

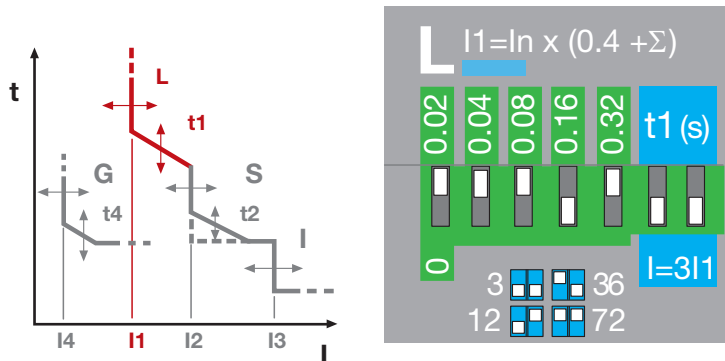
$$(3 \times I)^2 \times t_1 = I_{ol}^2 \times t \rightarrow t = \frac{(3 \times 86)^2 \times 3}{(300)^2} = 2,21 \text{ s}$$

Dla takiego samego poziomu przeciążenia (I_{ol})=300 A, jeśli zostałyby ustawiony czas t_1 równy 36 s, zwłoka wyzwolenia wynosiłaby wtedy:

$$(3 \times I)^2 \times t_1 = I_{ol}^2 \times t \rightarrow t = \frac{(3 \times 86)^2 \times 36}{(300)^2} = 26,62 \text{ s}$$

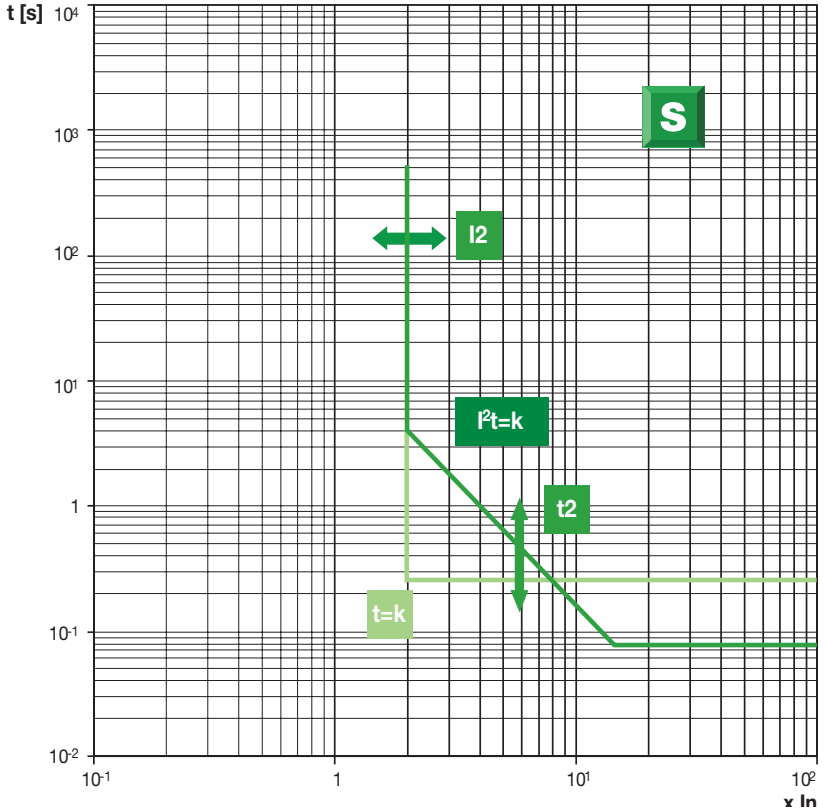


Czas t_1 należy dobierać, pamiętając o koordynacji z przewodami lub innymi elementami znajdującymi się po stronie zasilania lub po stronie obciążenia wyłącznika.



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie zwarciove zwłoczne (funkcja S)



Powyższa funkcja zabezpieczająca jest wykorzystywana do wprowadzenia zwłoki czasowej w przypadku zwarcia. Funkcja S jest potrzebna w sytuacji, w której konieczna jest selektywność czasowo-prądowa, tak aby w miarę zbliżania się do źródeł zasilania wyzwolenie było coraz bardziej opóźnione.

Charakterystyka wyzwolenia tego zabezpieczenia (którego nie można wyłączyć) jest wyznaczana przez próg prądowy I_2 i czas wyzwolenia t_2 . W szczególności:

- Prąd I_2 odpowiada progowi, po przekroczeniu którego funkcja zabezpieczająca wymusza otwarczenie wyłącznika zgodnie z jedną z poniższych charakterystyk wyzwolenia:
 - ze zwłoką zależną, gdzie zależność czasowo-prądowa jest opisywana przez funkcję $I_2 t = k$ (stała wartość energii przepływającej przez wyłącznik);
 - ze stałą zwłoką, gdzie czas zwłoki określa zależność $t = k$ (stała zwłoka); w takim przypadku zwłoka zadziałania jest stała dla każdej wartości prądu większej od I_2 ;
- Czas t_2 odpowiada zwłoce zadziałania zabezpieczenia, w sekundach, stanowiącej:
 - wielokrotność natężenia prądu I_n dla charak. wyzwolenia $I_2 t = k$;
 - I_2 dla charakterystyki wyzwolenia $t = k$.

Dostępne nastawy różnych wyzwalaczy zostały opisane w odpowiednich katalogach technicznych.

2 Przegląd parametrów

W celu prawidłowego ustawienia funkcji zabezpieczającej S wyłącznika wyposażonego w wyzwalacz elektroniczny należy podzielić wartość I_{kmin} (najniższą dostępną wartość prądu zwarciovego) przez wartość prądu I_n wyzwalacza, a następnie wybrać najbliższą wartość, mniejszą od obliczonej.

$$\text{Nastawa}_S = \frac{I_{kmin}}{I_n}$$

Przykład:

Wyłącznik XT4N 250 z wyzwalaczem Ekip LSIG I_n 250

funkcja S ($I_2=1-1,5-2-2,5-3-3,5-4-5-5,5-6,5-7-7,5-8-8,5-9-10 \times I_n$)

$I_{kmin}=900$ A

$$\text{Nastawa}_S = \frac{I_{kmin}}{I_n} = \frac{900}{250} = 3,6$$

Należy następnie wybrać wartość 7,5.

Tak, jak w poprzednim przykładzie, na rysunku przedstawiono prawidłowe ustawienie przełączników DIP, umożliwiające uzyskanieżądanego mnożnika.

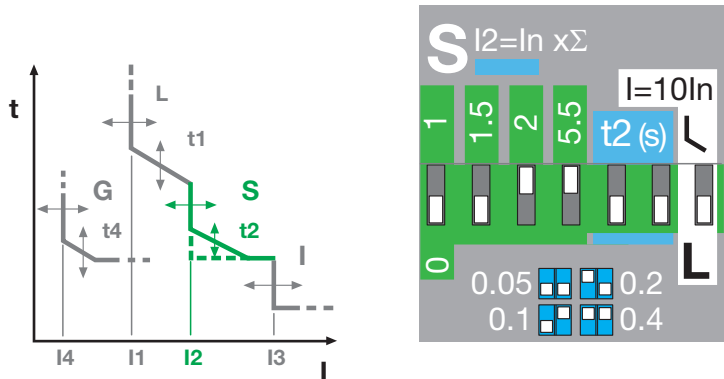
$$I_2 = 250 \times (2+5,5) = 1875 \text{ A} < 2000 \text{ A}$$

Czas zwłoki t_2 funkcji zabezpieczającej S zmienia się zgodnie z wybraną charakterystyką:

$$t = \text{const} \text{ lub } I^2 t = \text{const.}$$

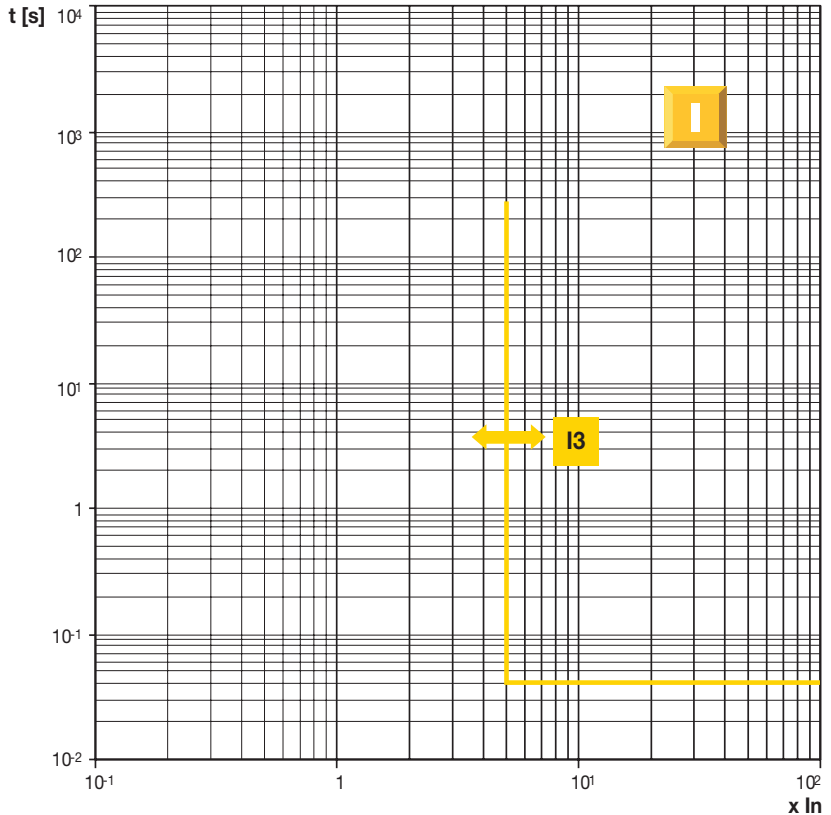
Wybierając opcję $t_2 = \text{const}$, w przypadku zwarcia wszystkie przetężenia o wartości większej lub równej I_2 (w tym przypadku 1875 A) zostaną wyłączone z zachowaniem ustawionego czasu t_2 ;

W przypadku wybrania charakterystyki $I^2 t = \text{const}$, obowiązują te same zasady, co dla czasu zwłoki t_1 , uwzględniając odpowiednią wartość progową I_2 .



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie zwarciove bezzwłoczne (funkcja I)



Funkcja ta zapewnia bezzwłoczne zabezpieczenie w sytuacji zwarcia.

Zabezpieczenie to jest aktywne dla prądów awaryjnych przekraczających próg I3; nie można ustawić czasu zwłoki (zabezpieczenie bezzwłoczne).

Funkcję I można wyłączyć; termin "wyłączyć" oznacza, że próg natężenia prądu wyzwolenia zostaje zwiększony w porównaniu z maksymalną wartością progową, którą można uzyskać w oparciu o standardowe ustawienia.

Aby prawidłowo ustawić próg funkcji I, należy znać najmniejszą wartość prądu zwarciovego, jaki może wystąpić w miejscu montażu.

Wartość progu I3 musi spełniać następującą zależność:

$$I3 \leq I_{min}$$

$$I3 = \text{nastawa} \times I_n$$

Dostępne nastawy różnych wyzwalaczy zostały opisane w odpowiednich katalogach technicznych.

2 Przegląd parametrów

W celu określenia wartości nastawy należy podzielić wartość I_{kmin} przez wartość I_n i wybrać najbliższą nastawę, mniejszą od obliczonej wartości:

$$\text{Nastawa}_1 = \frac{I_{kmin}}{I_n}$$

Przykład:

Wyłącznik XT4N 160 z wyzwalaczem Ekip LSIG In100

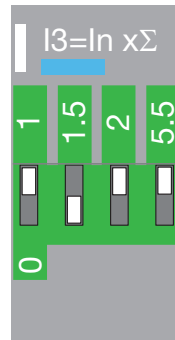
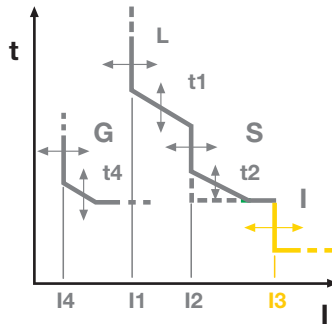
funkcja S ($I_3=1-1,5-2-2,5-3-3,5-4-4,5-5-5,5-6-6,5-7-7,5-8-8,5-9-10 \times I_n$)

$I_{kmin}=900 \text{ A}$

$$\text{Nastawa}_1 = \frac{I_{kmin}}{I_n} = \frac{900}{100} = 9$$

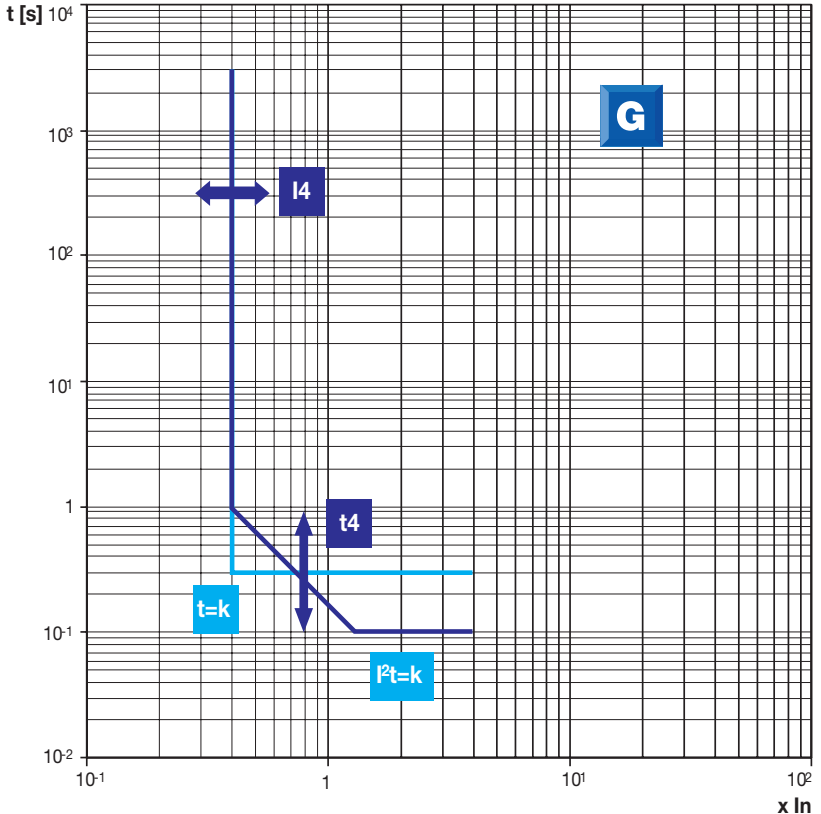
Należy wybrać 8,5.

Tak, jak w poprzednim przykładzie, na rysunku przedstawiono prawidłowe ustawienie przełączników DIP, umożliwiające uzyskanieżądanego mnożnika.
 $I_3 = 100 \times (1+2+5,5) = 850 \text{ A} < 900$



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie doziemnozwarciowe (funkcja G)



Zabezpieczenie ziemnozwarciowe G dokonuje analizy sumy wektorowej prądów płynących przez przewody pod napięciem (trzy fazy i przewód neutralny).

W sprawnej instalacji suma ta wynosi zero, ale w przypadku wystąpienia zwarcia doziemnego część prądu zwarcia powraca do źródła poprzez przewód ochronny i/lub ziemię, nie wpływając na przewody fazowe. Charakterystyka wyzwolenia tego zabezpieczenia (którego nie można wyłączyć) jest wyznaczana przez próg prądowy I_4 i czas wyzwolenia t_4 . Bardziej szczegółowo:

- Prąd I_4 odpowiada progowi, po przekroczeniu którego funkcja zabezpieczająca wymusza otwarcenie wyłącznika zgodnie z jedną z poniższych charakterystyk wyzwolenia:
 - ze zwłoką zależną, gdzie zależność czasowo-prądowa jest opisywana przez funkcję $I^2t = k$ (stała wartość energii przepływającej przez wyłącznik);
 - ze stałą zwłoką, gdzie czas zwłoki określa zależność $t=k$ (stała zwłoka); w takim przypadku zwłoka zadziałania jest stała dla każdej wartości prądu większej od I_4 ;
- Czas t_4 odpowiada zwłoce zadziałania zabezpieczenia, w sekundach, stanowiącej:
 - wielokrotność natężenia prądu I_n dla charakterystyki wyzwolenia $I^2t = k$;
 - I_4 dla charakterystyki wyzwolenia $t = k$.

Dostępne nastawy różnych wyzwalaczy zostały opisane w odpowiednich katalogach technicznych.

2 Przegląd parametrów

W celu prawidłowego ustawienia wartości prądu I_4 i czasu t_4 funkcji zabezpieczającej G należy spełnić wymagania opisane w normach dla instalacji (patrz rozdział 4 punkt 2 - "Ochrona osób").

Przykład:

Wyłącznik XT4N 250 z wyzwalaczem Ekip L SIG In 250

funkcja G ($I_4=0,2-0,25-0,45-0,55-0,75-0,8-1 \times I_n$)

$I_{k_{PE}}=120 \text{ A}$

Instalacja dystrybucji: TN-S.

W instalacjach typu TN zwarcie doziemne po stronie NN prowadzi zazwyczaj do powstania prądu o wartości analogicznej do prądu zwarciovowego, a prąd awaryjny płynący przez przewód fazowy i/lub przewód ochronny (lub przewody) nie wpływa w żaden sposób na układ uziemienia.

Zależność $Z_s \times I_a \leq U_0$ dla instalacji dystrybucji TN-S można zapisać w następującej postaci:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{k_{LPE}}$$

gdzie:

- U_0 jest to napięcie L-PE;
- Z_s jest to impedancja pętli zwarcia;
- I_a jest to prąd wyzwolenia następującego ze zwłoką określoną w normie (patrz rozdział 4 punkt 2 - "Ochrona osób").
- $I_{k_{LPE}}$ = jest to prąd zwarcia L-PE

Można wobec powyższego stwierdzić, że zabezpieczenie przed dotykiem pośrednim zostanie zapewnione, jeśli prąd wyzwolenia I_a będzie mniejszy, niż prąd awaryjny faza-PE ($I_{k_{LPE}}$), występujący na dostępnym elemencie przewodzącym, który ma być chroniony.

Wobec powyższego:

$$\text{Nastawa}_G = \frac{I_{k_{PE}}}{I_n} = \frac{120}{250} = 0,48$$

Zostaje wybrana nastawa 0,45.

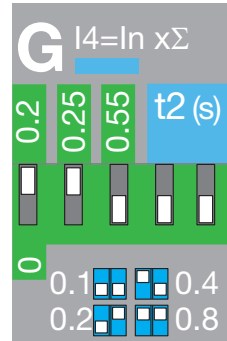
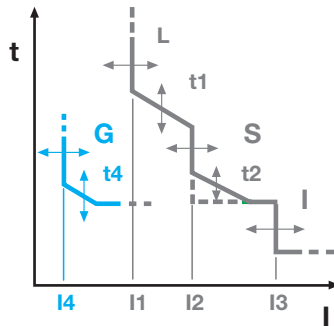
2 Przegląd parametrów

Tak, jak w poprzednim przykładzie, na rysunku przedstawiono prawidłowe ustawienie przełączników DIP, umożliwiające uzyskanieżądanego mnożnika.

$$I_4 = 250 \times (0,2 + 0,25) = 112,5 \text{ A} < 120 \text{ A}$$

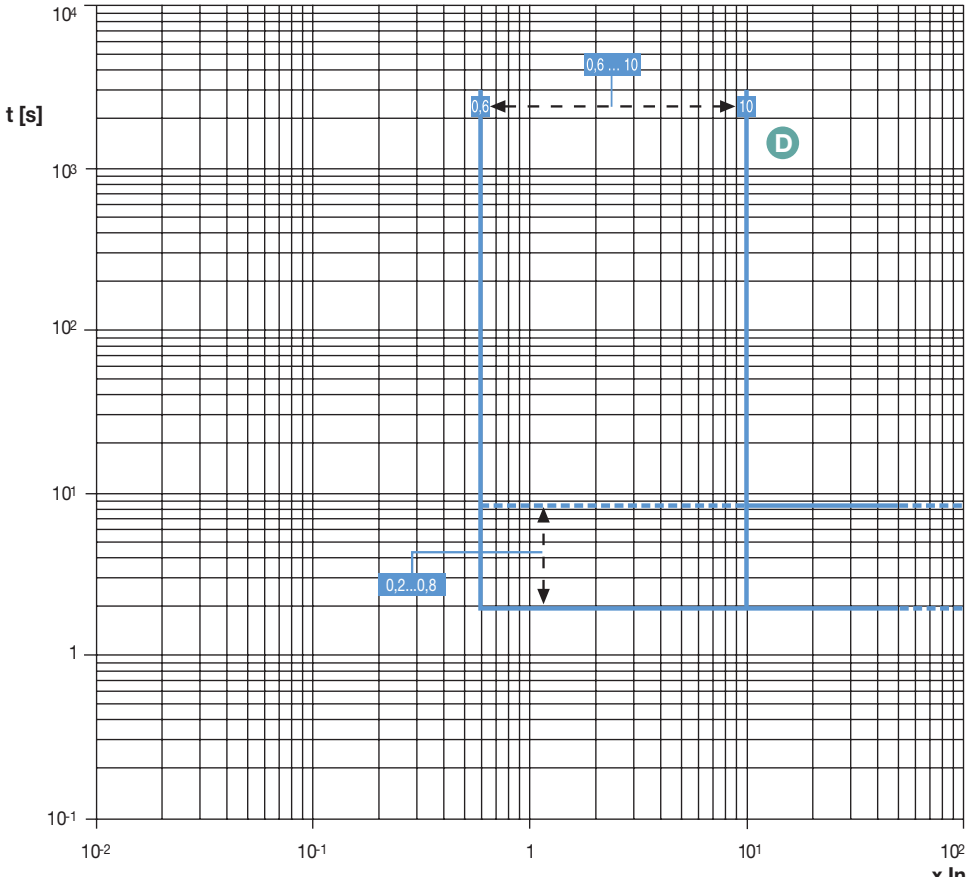
Czas zwłoki wyzwolenia t_4 należy wybrać zgodnie z postanowieniami norm dla instalacji; dla danego wyzwalacza zabezpieczającego dostępne są charakterystyki określające czas t_4 dla $I^2t = \text{const}$. Wobec tego, w celu określenia czasu zwłoki wyzwolenia, należy oprzeć się na takich samych rozważaniach, co dla czasu t_1 , ale uwzględniając odpowiednie wartości progów I_4 i odpowiednie charakterystyki (t_4).

Zakładając użycie wyzwalacza o stałym czasie zwłoki $t_4 = \text{const}$, po osiągnięciu lub przekroczeniu ustawionej wartości progowej I_4 , wyłącznik musi zostać wyzwolony w ustalonym czasie t_4 .



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie zwarciove kierunkowe z regulowaną zwłoką (funkcja D)



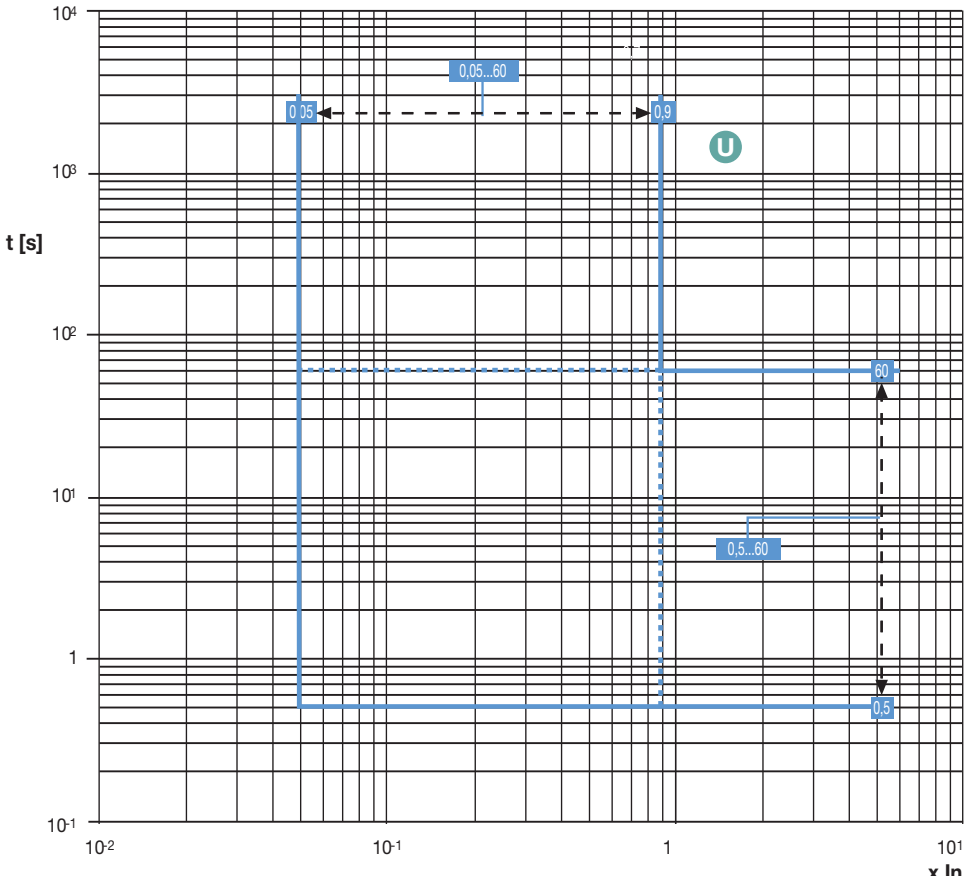
Powyższa funkcja zabezpieczająca jest podobna do funkcji S ze stałą zwłoką. Oprócz samego natężenia umożliwia również identyfikację kierunku przepływu prądu zwarciovego i w rezultacie określenie, czy zwarcie nastąpiło po stronie zasilania, czy też po stronie obciążenia wyłącznika. Dzięki temu można wyłączyć tylko ten fragment instalacji, w którym doszło do awarii. Powyższe zabezpieczenie jest szczególnie przydatne w pierścieniowych układach dystrybucji oraz w instalacjach zawierających szereg połączonych równolegle linii zasilających.

Ustawiane wartości progowe prądów zawierają się w zakresie od 0,6 do $10I_n$, a czas zwłoki można ustawiać w zakresie od 0,2 do 0,8 s.

Funkcję zabezpieczającą D można wyłączyć.

2 Przegląd parametrów

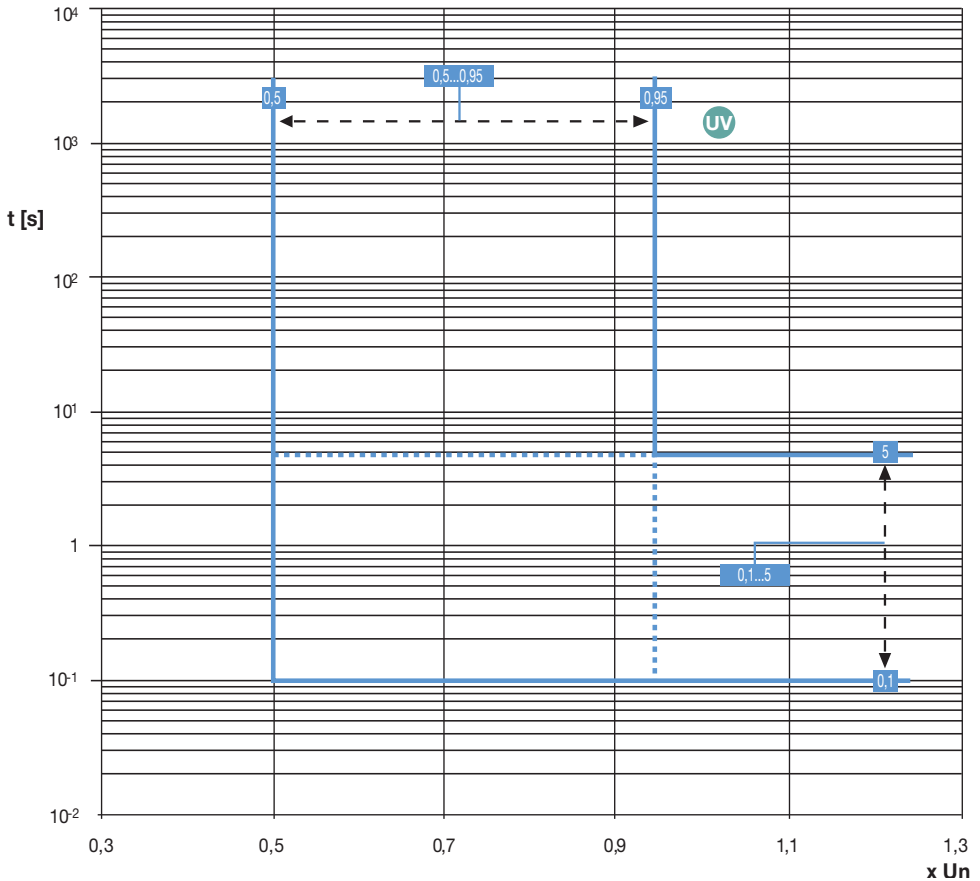
Zabezpieczenie przed nierównoważeniem faz (funkcja U)



Powyższe zabezpieczenie wyłącza wyłącznik, jeśli zostanie wykryte nierównoważenie faz przekraczające ustawiony próg. Zakres dostępnych ustawień zawiera się w przedziale od 5% do 90% wartości prądu znamionowego, a czas zwłoki można ustawiać w zakresie od 0,5 do 60 s. Funkcja zabezpieczająca U jest wykorzystywana, przede wszystkim, w instalacjach zawierających maszyny wirujące, w przypadku których nierównoważenie faz może mieć niepożądany wpływ na te maszyny. Funkcję zabezpieczającą U można wyłączyć.

2 Przegląd parametrów

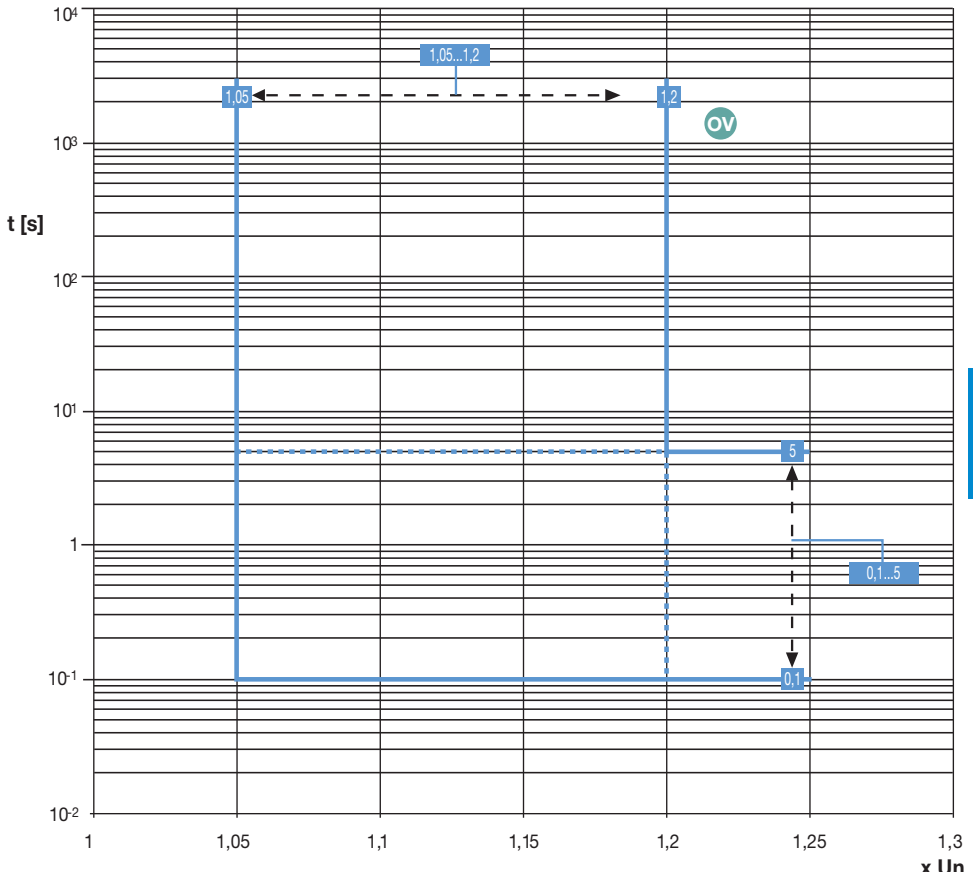
Zabezpieczenie podnapięciowe (funkcja UV)



Powyższa funkcja zabezpieczająca działa po upływie ustawionej zwłoki (t_8), jeśli napięcie fazowe spadnie poniżej ustawionego progu U_8 . Próg napięcia można ustawić w zakresie od 0,5 do 0,95 $x U_n$, natomiast zwłokę można ustawić w zakresie od 0,1 to 5 s. Funkcję zabezpieczającą UV można wyłączyć.

2 Przegląd parametrów

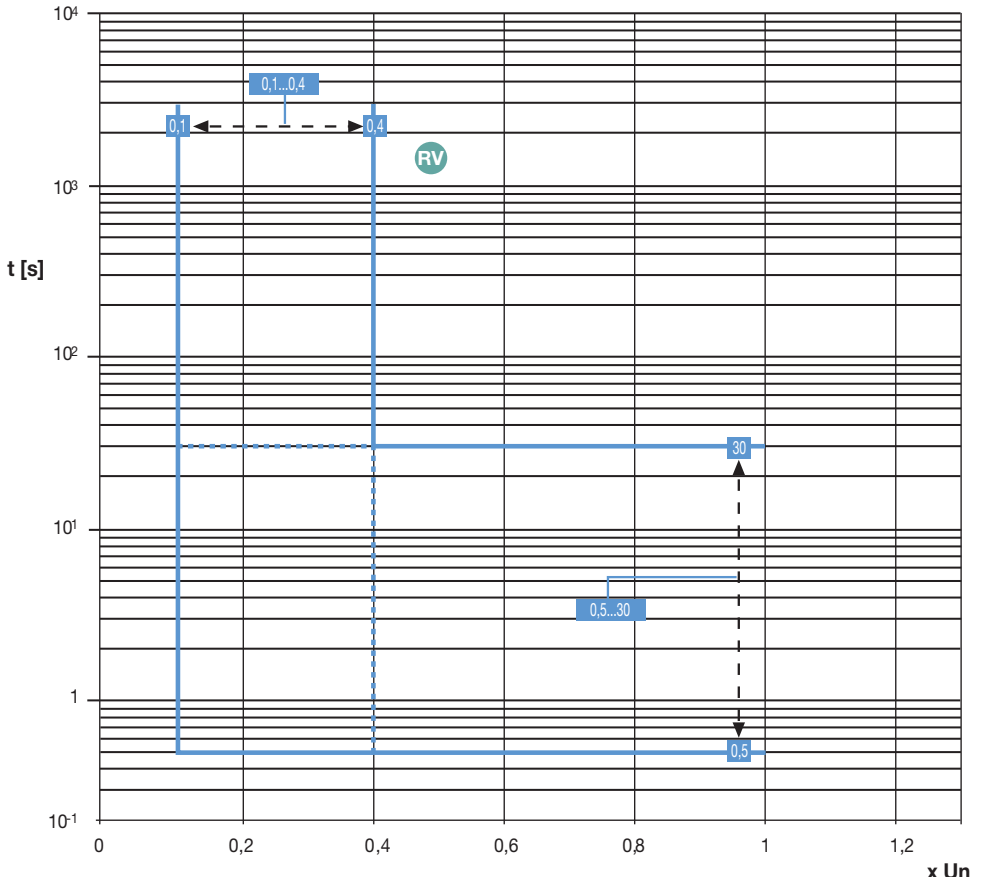
Zabezpieczenie nadnapięciowe (funkcja OV)



Powyższa funkcja zabezpieczająca działa po upływie ustawionej zwłoki (t_9), jeśli napięcie fazowe przekroczy ustawioną wartość progową U_9 . Próg napięcia można ustawić w zakresie od 1,05 do $1,2xU_n$, natomiast zwłokę można ustawić w zakresie od 0,1 to 5 s. Funkcję zabezpieczającą OV można wyłączyć.

2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie przed napięciem szczytkowym (funkcja RV)



Zabezpieczenie przed napięciem szczytkowym umożliwia wykrywanie awarii, która powoduje przesunięcie potencjału punktu gwiazdowego w systemach z izolowanym punktem neutralnym.

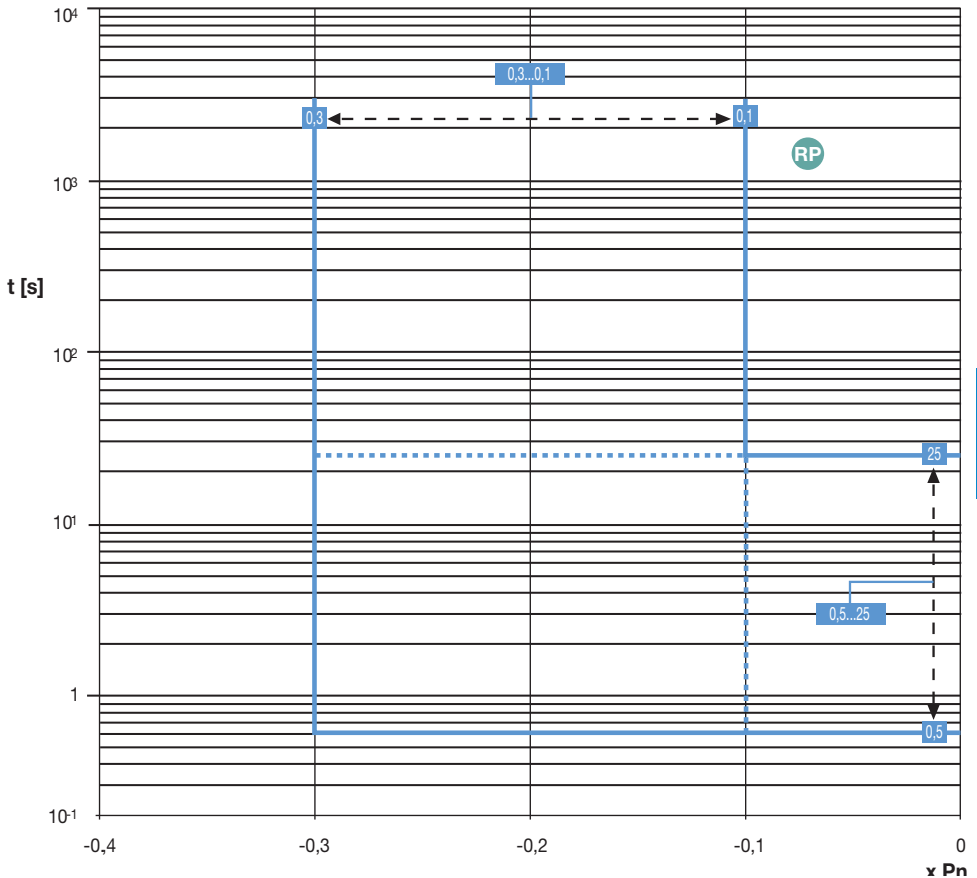
Powyższa funkcja zabezpieczająca działa po upływie ustawionej zwłoki, jeśli napięcie szczytkowe przekroczy ustawioną wartość progową U_{10} .

Próg napięcia można ustawić w zakresie od 0,1 do 0,4 $\times U_n$, natomiast zwłokę można ustawić w zakresie od 0,5 do 30 s.

Funkcja zabezpieczającą RV można wyłączyć.

2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie przed mocą zwrotną (funkcja RP)



Zabezpieczenie przed mocą zwrotną jest szczególnie przydatne do ochrony dużych maszyn wirujących (np. silników).

W pewnych warunkach może dojść do sytuacji, w której silnik będzie generował moc, zamiast ją pobierać.

Kiedy całkowita ilość mocy zwrotnej czynnej (suma mocy dla trzech faz) przekroczy ustaloną wartość progową mocy P11, funkcja zabezpieczająca zadziała, z ustawioną zwłoką t11, powodując otwarcie wyłącznika.

2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenie podczęstotliwościowe (funkcja UF)

Powyższe zabezpieczenie działa, generując alarm lub otwierając wyłącznik po upływie ustawionego czasu zwłoki (t_9), jeśli częstotliwość spadnie poniżej ustawionej wartości progowej $f12$.

Zabezpieczenie to jest stosowane w instalacjach zasilanych z generatorów oraz w instalacjach kogeneracji.

Zabezpieczenie nadczęstotliwościowe (funkcja OF)

Powyższe zabezpieczenie działa, generując alarm lub otwierając wyłącznik po upływie ustawionego czasu zwłoki (t_{10}), jeśli częstotliwość przekroczy ustawioną wartość progową $f13$.

Zabezpieczenie to jest stosowane w instalacjach zasilanych z generatorów oraz w instalacjach kogeneracji.

Zabezpieczenie przed przegrzaniem (funkcja OT)

Powyższe zabezpieczenie umożliwia sygnalizację nieprawidłowej temperatury, której wystąpienie może spowodować nieprawidłowe działanie układów elektronicznych wyzwalacza.

Jeśli temperatura osiągnie pierwszy próg (70°C), wyzwalacz, wykorzystując kontrolkę LED "ostrzeżenia", poinformuje o tym fakcie operatora; jeśli temperatura osiągnie drugi próg (85°C), oprócz zaświecenia kontrolki LED "ostrzeżenia" i "alarmu" wyłącznik zostanie wyzwolony (uaktywniając odpowiedni parametr).

Charakterystyki zabezpieczenia przeciążeniowego zgodne z normą IEC 60255-3

Powyższa funkcja zabezpieczająca przed przeciążeniem jest wykorzystywana do koordynacji z wyzwalaczami SN i bezpiecznikami.

Istnieje możliwość uzyskania koordynacji charakterystyk wyzwolenia wyłączników poprzez zbliżenie się do nachyleń charakterystyk wyzwolenia dla wyłączników SN lub bezpieczników, tak aby uzyskać selektywność czasowo-prądową pomiędzy wyłącznikami NN i SN. Oprócz tego, że charakterystyki wyzwolenia są definiowane przez próg natężenia prądu I_1 i czas zwłoki wyzwolenia t_1 , charakterystyki zgodne z normą IEC 60255 są również definiowane przez parametry "K" i "a", które określają ich nachylenie. Parametry te są następujące:

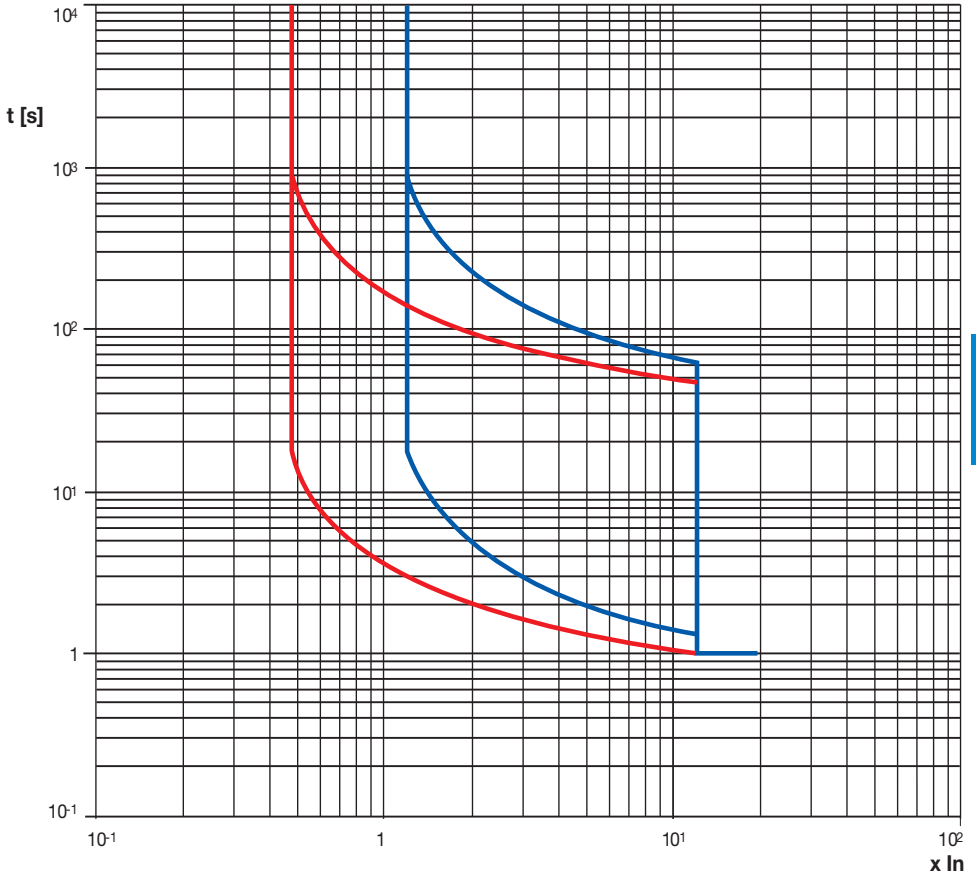
| Parametry | Typ charakterystyki | | |
|-----------|---------------------|------|------|
| | A | B | C |
| K | 0,14 | 13,5 | 80,0 |
| a | 0,02 | 1,0 | 2,0 |

Charakterystyka L, zgodna z normą IEC 60255-3, jest dostępna w wyzwalaczach elektronicznych typu PR332-PR333 dla wyłączników serii T7 i X1, jak również w wyzwalaczach typu PR122-PR123 dla wyłączników serii Emax.

2 Przegląd parametrów

Charakterystyka A

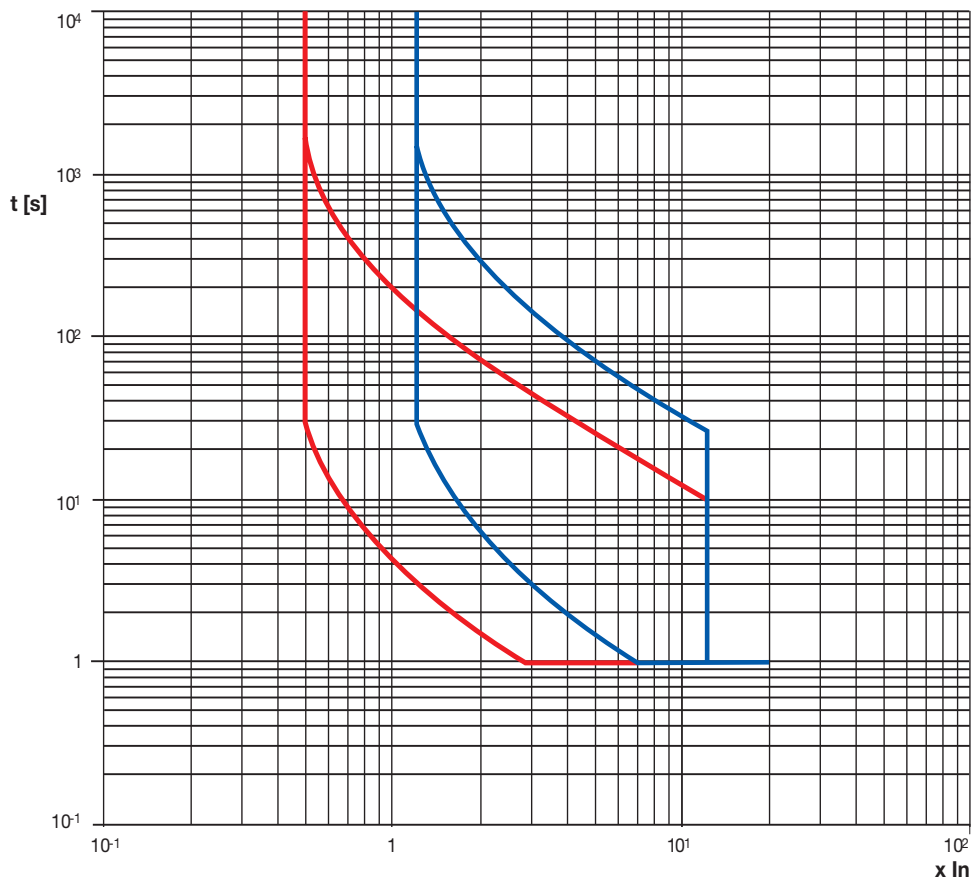
$k = 0,14$ $\alpha = 0,02$



2 Przegląd parametrów

Charakterystyka B

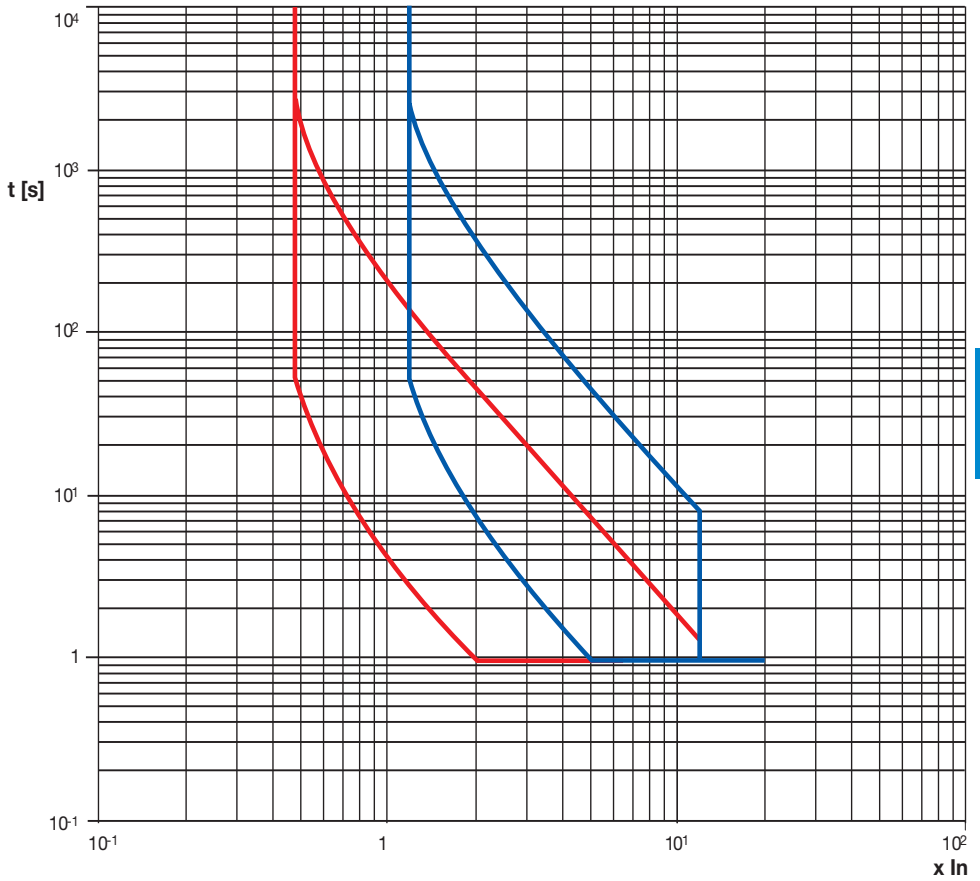
$k = 13,5$ $\alpha = 1$



2 Przegląd parametrów

Charakterystyka C

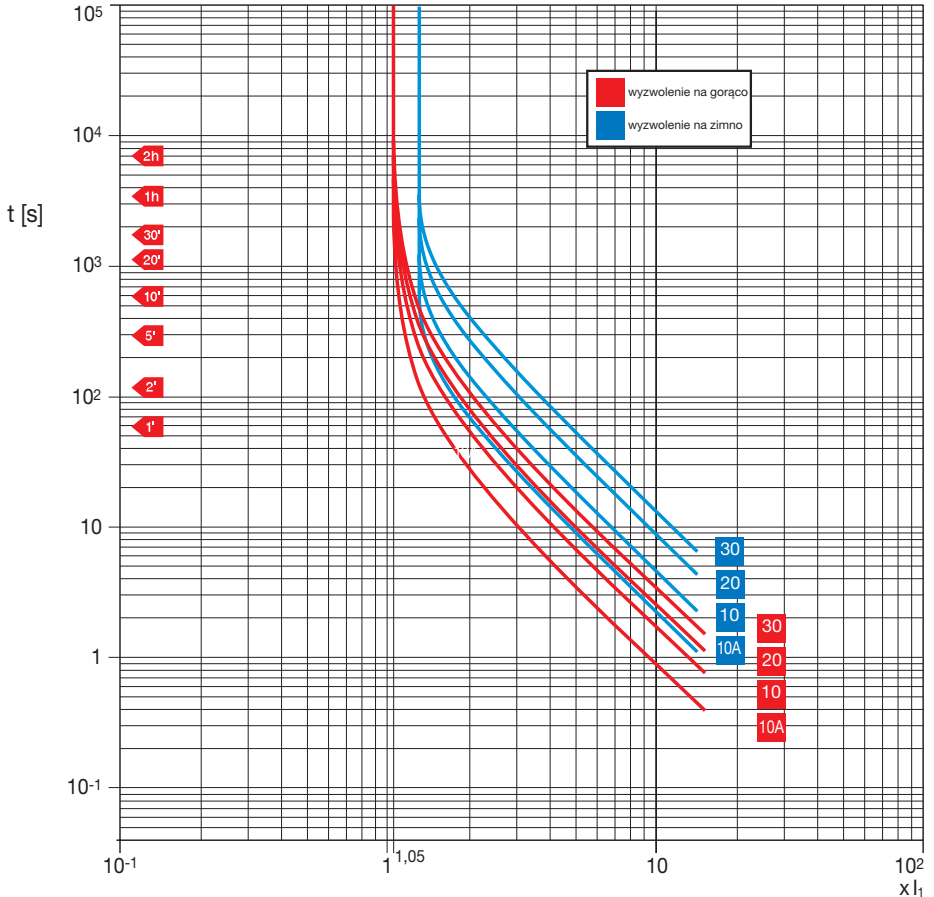
$k = 80$ $\alpha = 2$



2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenia silników

L: funkcja zabezpieczenia silników przed przeciążeniem, zgodnie z zaleceniami i klasami określonymi w normie IEC 60947-4-1.



Funkcja L, zaimplementowana w wyzwalaczach typu MP i Ekip M, chroni silniki przed przeciążeniami, zgodnie z zaleceniami i klasami określonymi w normie IEC 60947-4-1. Zabezpieczenie to jest oparte na modelu termicznym, który, w oparciu o symulację przegrzania elementów miedzianych i żelaznych wewnątrz silnika, umożliwia ochronę silnika. Zwłoka wyzwolenia jest ustawiana poprzez wybór klasy wyzwolenia, określonej w wyżej wymienionej normie.

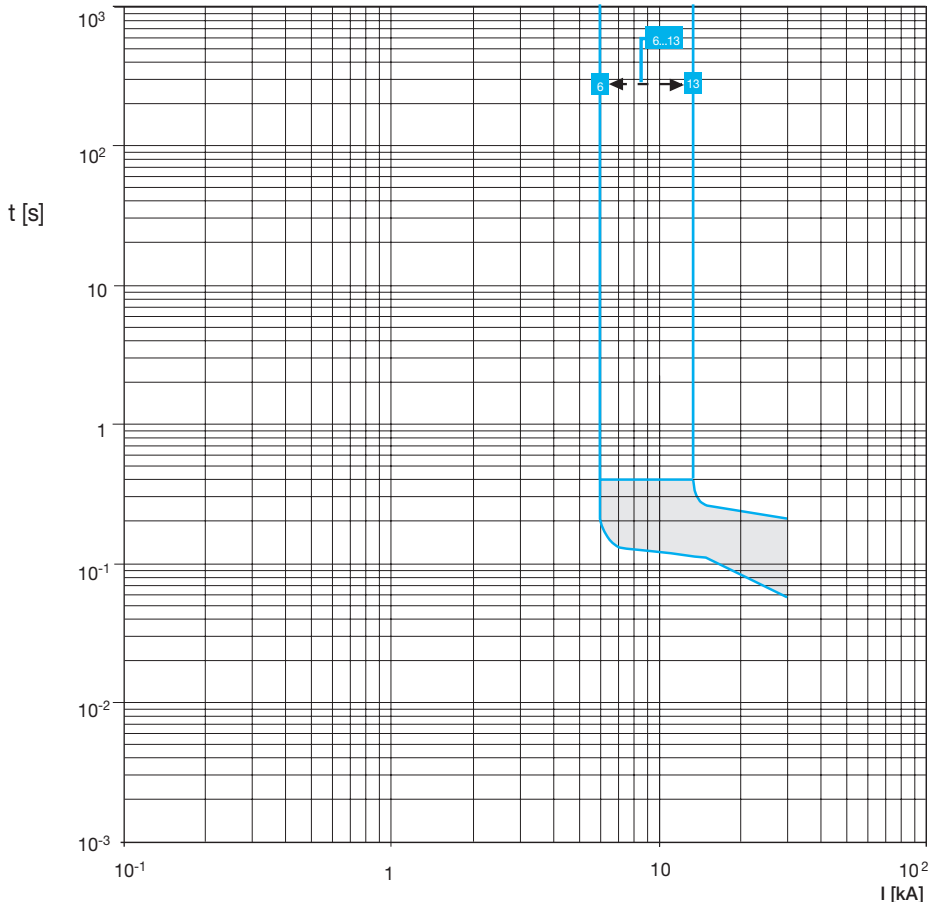
Funkcja jest kompensowana temperaturowo i jest czuła na zanik fazy.

Funkcja L, której nie można wyłączyć, może zostać ustawiona w zakresie od wartości minimalnej wynoszącej 0,4, do wartości maksymalnej, wynoszącej $1 \times I_n$. Konieczne jest również wybranie klasy rozruchu silnika, która określa zwłokę zadziałania dla prądu równego $7,2 \times I_n$, zgodnie z zaleceniami punktu 4.7.3 normy IEC 60947-4-1. Szczegółowe informacje zostały zamieszczone w punkcie 2.3, w części 2 dokumentu.

2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenia silników

I: zabezpieczenie zwarcie bezzwłoczne



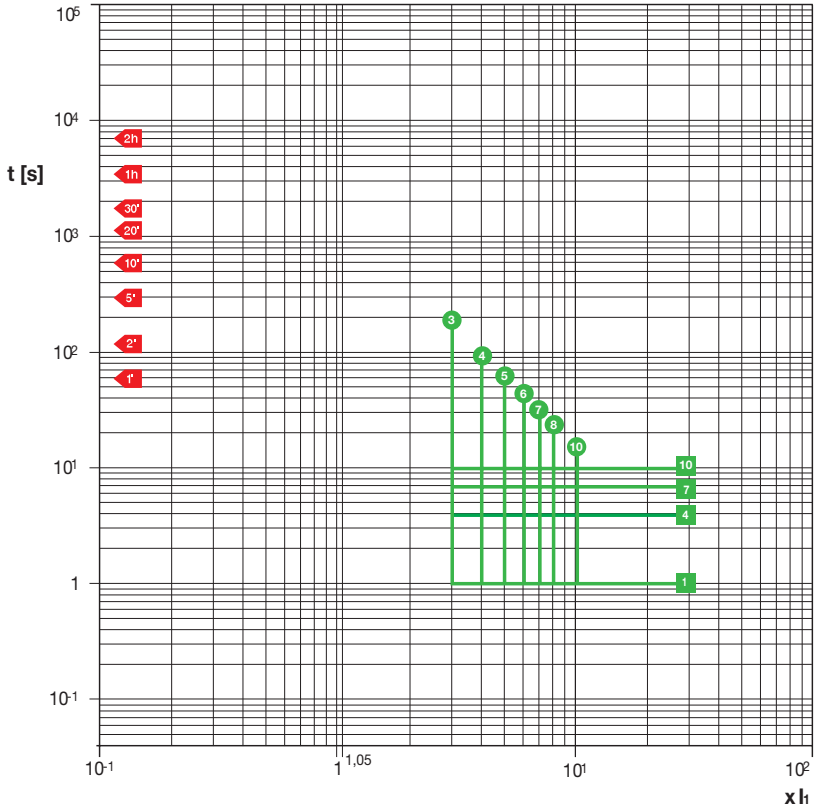
Powyzsza funkcja zabezpieczajaca dziala w przypadku wystapienia zwarcia miedzyfazowego. Wystarczy aby prąd jednej z faz przekroczyl ustawiony próg, a spowoduje to natychmiastowe otwarcie wyłłącznika.

Nastawa prądu progowego wyzwolenia może sięgać 13x wartości prądu znamionowego wyzwalacza.

2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenia silników

R: Zabezpieczenie przed zablokowaniem wirnika



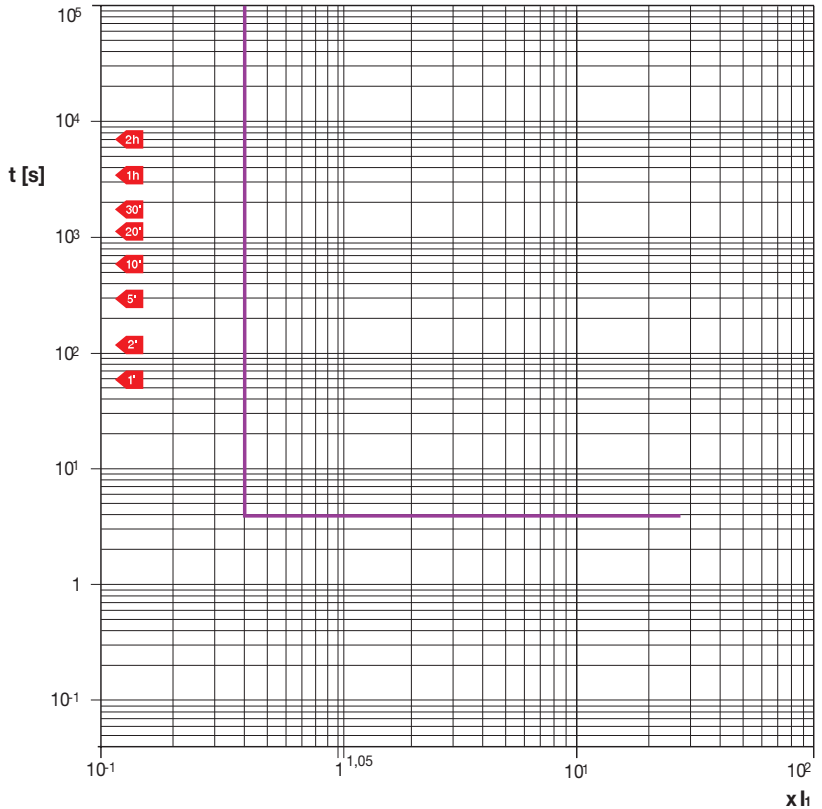
Funkcja R chroni silnik w sytuacji zablokowania wirnika w trakcie jego pracy. Zabezpieczenie R chroni silnik na dwa sposoby, w zależności od tego, czy do niesprawności doszło w trakcie rozruchu silnika, czy też w trakcie normalnej pracy już działającej instalacji.

W tym drugim przypadku zabezpieczenie R jest powiązane z zabezpieczeniem L, również w zakresie ustawienia zwłoki: w przypadku niesprawności w trakcie rozruchu zabezpieczenie R zostaje zablokowane na czas równy nastawie dla danej klasy wyzwolenia. Po upływie tego czasu zabezpieczenie R zostaje uaktywnione, powodując wyzwolenie po upływie ustawionego czasu zwłoki t_5 . W drugim przypadku zabezpieczenie R jest już aktywne, a zwłoka zadziałania zabezpieczenia musi być równa nastawie t_5 . Zabezpieczenie R interweniuje, jeśli przynajmniej jeden z prądów fazowych przekroczy określoną wartość, a przekroczenie będzie trwało dłużej, niż ustalony czas t_5 .

2 Przegląd parametrów

Zabezpieczenia silników

U: Zabezpieczenie przed nierównoważeniem faz



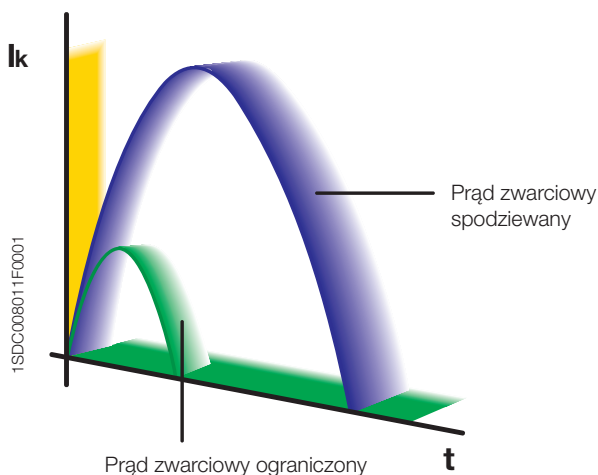
Funkcję U można stosować w przypadkach, w których wymagana jest szczególnie precyzyjna kontrola braku fazy/nierównoważenia faz. Powyższa funkcja interweniuje, jeśli wartość skuteczna jednego lub dwóch prądów spadnie poniżej progu $0,4x$ natężenia prądu I_1 ustawionego dla zabezpieczenia L i pozostanie poniżej tego progu dłużej, niż 4 s.

Funkcję zabezpieczającą U można wyłączyć.

2 Przegląd parametrów

2.3 Charakterystyki ograniczeń

Wyłącznik, w którym otwarciu zestyków ma miejsce po przepływie wartości szczytowej prądu zwarcia lub też, w którym wyzwolenie ma miejsce wraz z przywróceniem potencjału zerowego bieguna neutralnego, pozwala na duże obciążenia termiczne i dynamiczne elementów systemu. W celu ograniczenia tych obciążeń opracowano wyłączniki ograniczające (patrz punkt 1.2 "Najważniejsze definicje"), które są w stanie rozpocząć proces otwierania, zanim prąd zwarciovy osiągnie swoją pierwszą wartość szczytową oraz są w stanie szybko zgasić łuk pomiędzy stykami; na wykresie poniżej przedstawiono przebiegi prądu zwarciovy spodziewanego oraz ograniczonego

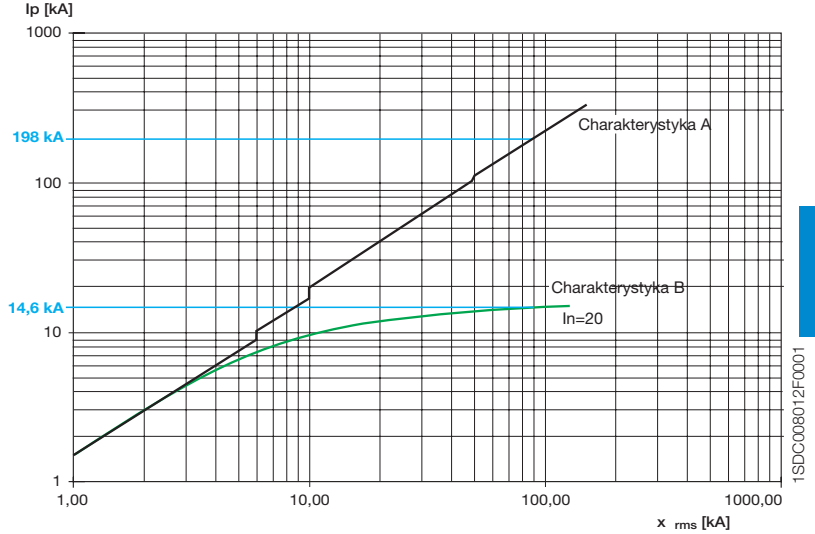


Na poniższym wykresie przedstawiono charakterystykę ograniczenia dla wyłącznika Tmax XT2L160, In 160.

Oś X przedstawia wartości skuteczne prądu zwarciovy spodziewanego symetrycznego, a oś Y przedstawia względną wartość szczytową. Wpływ ograniczenia można ocenić, porównując, dla takich samych wartości symetrycznego prądu awaryjnego, wartość szczytową prądu zwarciovy spodziewanego (charakterystyka A) z wartością szczytową ograniczoną (charakterystyka B).

2 Przegląd parametrów

Wyłącznik XT2L160 z wyzwalaczem termomagnetycznym I_n 20, 400 V, dla prądu awaryjnego 90 kA, ogranicza wartość szczytową prądu zwarcioowego do 14,6 kA, co oznacza duże obniżenie, porównując tę wartość z wartością bez ograniczenia (198 kA).



Biorąc pod uwagę, że naprężenia elektrodynamiczne i wynikające z nich naprężenia mechaniczne są silnie związane z wartością szczytową prądu, stosowanie wyłączników ograniczających umożliwia optymalny dobór wielkości elementów instalacji elektrycznej. Oprócz tego, ograniczenie wartości prądu może zostać również wykorzystane jako zabezpieczenie dwóch wyłączników połączonych szeregowo.

2 Przegląd parametrów

Oprócz zalet z punktu widzenia projektu, stosowanie wyłączników ograniczających umożliwia, w przypadkach opisanych w normie IEC 61439-1, uniknięcie prób wytrzymałości zwarciowej rozdzielnic. Punkt 8.2.3.1 normy "Instalacje ROZDZIELNIC zwolnione z prób wytrzymałości zwarciowej" stwierdza, że:

"Próba wytrzymałości zwarciowej nie jest wymagana w następujących przypadkach..."

Dla ROZDZIELNIC chronionych przez układy ograniczające natężenie prądu, których natężenie prądu ograniczonego nie przekracza wartości 17 kA, dla maksymalnej dopuszczalnej wartości potencjalnego prądu zwarciowego na zaciskach obwodu wejściowego ROZDZIELNIC..."

Przykład z poprzedniej strony jest przypadkiem objętym wyżej wyjątkiem normatywnym: jeśli wyłącznik będzie wykorzystywany jako wyłącznik główny w rozdzielnicy, do zamontowania w punkcie instalacji, w którym potencjalna wartość prądu zwarciowego wynosi 90 kA, nie będzie wtedy konieczności przeprowadzenia próby wytrzymałości zwarciowej.

2 Przegląd parametrów

2.4 Całka Joule'a

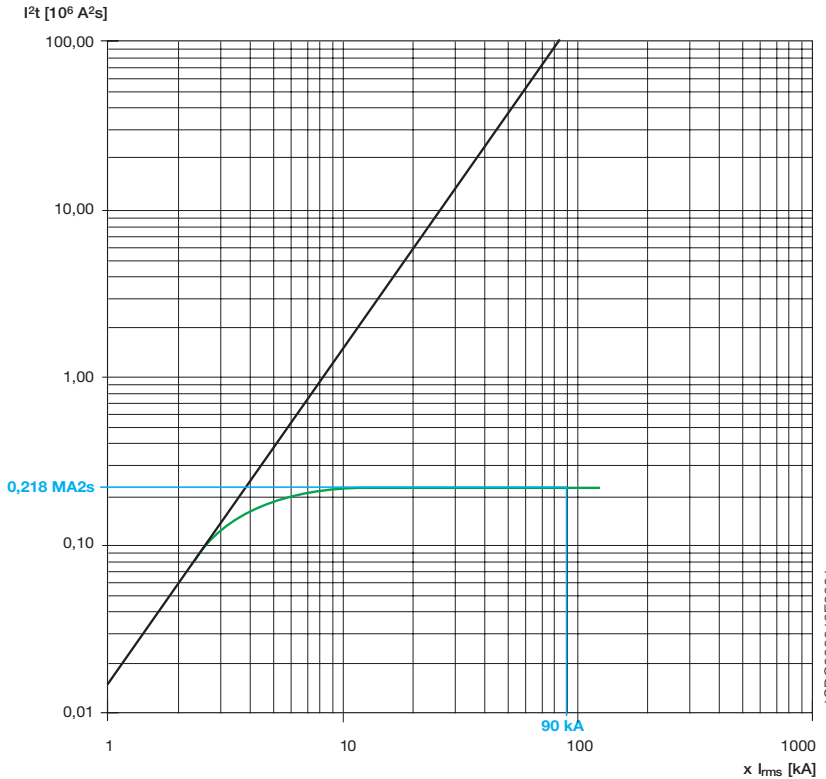
W przypadku zwarcia, elementy instalacji, na które wpływa awaria, podlegają obciążeniom termicznym, które są proporcjonalne do kwadratu natężenia prądu awaryjnego oraz do czasu, jaki układ zabezpieczający potrzebuje na wyłączenie prądu. Energia przepływająca przez zabezpieczenie w trakcie wyzwolenia odpowiada całce Joule'a (I^2t) i jest mierzona w A^2s . Znajomość energii przepływającej przez wyłącznik w różnych stanach awaryjnych stanowi podstawę doboru wielkości elementów instalacji oraz zabezpieczenia różnych elementów instalacji.

Ograniczenie i skrócony czas wyzwolenia wpływają na wartość przepływającej energii. Dla wartości prądu, dla których wyzwolenie wyłącznika zależy od ustawień czasowych wyzwalacza, wartość energii przepływającej przez wyłącznik jest określana jako kwadrat skutecznego natężenia prądu zwarciovego pomnożony przez czas potrzebny na wyzwolenie zabezpieczenia; w pozostałych przypadkach wartość energii przepływającej przez wyłącznik można otrzymać z poniższych wykresów.

Poniżej przedstawiono przykład odczytu wartości energii przepływającej przez wyłącznik z wykresu, dla wyłącznika typu XT2L 160 In 20, 400 V.

Oś X przedstawia wartości skuteczne prądu zwarciovego spodziewanego symetrycznego, a oś Y przedstawia wartość energii przepływającej przez wyłącznik, wyrażoną w MA^2s .

Dla prądu zwarciovego obwodu, równego 90 kA, wartość energii przepływającej przez wyłącznik (I^2t) wynosi 0,218 MA^2s .



1SDC008013F0001

2 Przegląd parametrów

2.5 Obniżenie wartości znamionowych w przypadku pracy w podwyższonej temperaturze

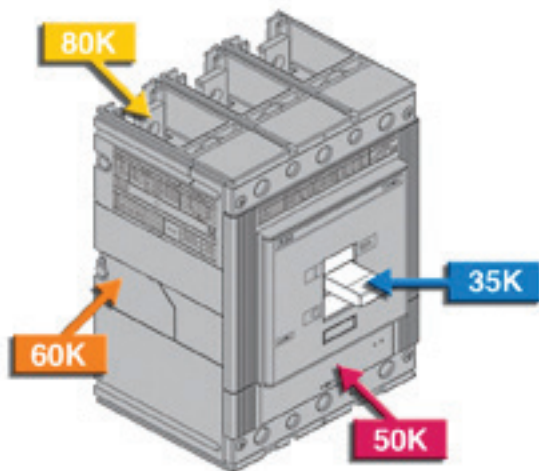
Norma IEC 60947-2 stwierdza, że granica przyrostu temperatury dla wyłączników pracujących z prądem znamionowym musi zawierać się w zakresie podanym w poniższej tabeli:

Tabela 1 – Granice przyrostu temperatury dla zacisków i dostępnych elementów

| Opis elementu* | Granica przyrostu temperatury K |
|---|------------------------------------|
| - Zacisk dla połączeń zewnętrznych | 80 |
| - Elementy ręcznego sterowania: | |
| metalowe | 25 |
| niemetalowe | 35 |
| - Elementy przewidziane do dotyku, ale nie rękoma: | |
| metalowe | 40 |
| niemetalowe | 50 |
| - Elementy, które nie muszą być dotykane w trakcie normalnej pracy: | |
| metalowe | 50 |
| niemetalowe | 60 |

* Nie jest określona żadna wartość dla elementów innych, niż podane na liście, ale nie powinno to prowadzić do uszkodzeń przylegających fragmentów materiałów izolacyjnych.

Powyższe wartości obowiązują dla maksymalnej wzorcowej temperatury otoczenia, wynoszącej 40°C, zgodnie z punktem 6.1.1 normy IEC 60947-1.



2 Przegląd parametrów

Jeśli tylko temperatura otoczenia będzie różna od 40°C, wartość natężenia prądu ciągłego, który może być przenoszony, będzie inna. Odpowiednie wartości zostały podane w poniższych tabelach:

Wyłączniki SACETmax XT z wyzwalaczem termomagnetycznym

| In [A] | 30 °C | | 40 °C | | 50 °C | | 60 °C | | 70 °C | | |
|------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|
| | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | |
| XT1 | 16 | 12 | 17 | 11,2 | 16 | 11 | 15 | 10 | 14 | 9 | 13 |
| | 20 | 15 | 21 | 14 | 20 | 13 | 19 | 12 | 18 | 11 | 16 |
| | 25 | 18 | 26 | 17,5 | 25 | 16 | 23 | 15 | 22 | 14 | 20 |
| | 32 | 24 | 34 | 22,4 | 32 | 21 | 30 | 20 | 28 | 18 | 26 |
| | 40 | 29 | 42 | 28 | 40 | 27 | 38 | 25 | 35 | 23 | 33 |
| | 50 | 37 | 53 | 35 | 50 | 33 | 47 | 31 | 44 | 28 | 41 |
| | 63 | 46 | 66 | 44,1 | 63 | 41 | 59 | 39 | 55 | 36 | 51 |
| | 80 | 59 | 84 | 56 | 80 | 53 | 75 | 49 | 70 | 46 | 65 |
| | 100 | 74 | 105 | 70 | 100 | 66 | 94 | 61 | 88 | 57 | 81 |
| | 125 | 92 | 131 | 87,5 | 125 | 82 | 117 | 77 | 109 | 71 | 102 |
| 160 | 118 | 168 | 112 | 160 | 105 | 150 | 98 | 140 | 91 | 130 | |
| XT2 | 1,6 | 1,2 | 1,7 | 1,1 | 1,6 | 1,1 | 1,5 | 1 | 1,4 | 0,9 | 1,3 |
| | 2 | 1,5 | 2,2 | 1,4 | 2 | 1,3 | 1,9 | 1,2 | 1,7 | 1,1 | 1,6 |
| | 2,5 | 1,8 | 2,6 | 1,8 | 2,5 | 1,6 | 2,3 | 1,5 | 2,2 | 1,4 | 2 |
| | 3 | 2,5 | 3,5 | 2,1 | 3 | 2 | 2,8 | 1,8 | 2,6 | 1,6 | 2,3 |
| | 4 | 2,9 | 4,2 | 2,8 | 4 | 2,6 | 3,7 | 2,5 | 3,5 | 2,2 | 3,2 |
| | 6,3 | 4,6 | 6,6 | 4,4 | 6,3 | 4,1 | 5,9 | 3,9 | 5,5 | 3,6 | 5,1 |
| | 8 | 5,9 | 8,4 | 5,6 | 8 | 5,3 | 7,5 | 4,9 | 7 | 4,6 | 6,5 |
| | 10 | 7,4 | 10,5 | 7 | 10 | 6,5 | 9,3 | 6,1 | 8,7 | 5,7 | 8,1 |
| | 12,5 | 9,2 | 13,2 | 8,8 | 12,5 | 8,2 | 11,7 | 7,6 | 10,9 | 7,1 | 10,1 |
| | 16 | 11,9 | 17 | 11,2 | 16 | 10,5 | 15 | 9,8 | 14 | 9,1 | 13 |
| | 20 | 14,7 | 21 | 14 | 20 | 13,3 | 19 | 11,9 | 17 | 11,2 | 16 |
| | 32 | 23,8 | 34 | 22,4 | 32 | 21 | 30 | 19,6 | 28 | 18,2 | 26 |
| | 40 | 29,4 | 42 | 28 | 40 | 25,9 | 37 | 24,5 | 35 | 22,4 | 32 |
| | 50 | 37,1 | 53 | 35 | 50 | 32,9 | 47 | 30,1 | 43 | 28 | 40 |
| | 63 | 46,2 | 66 | 44,1 | 63 | 41,3 | 59 | 38,5 | 55 | 35,7 | 51 |
| | 80 | 58,8 | 84 | 56 | 80 | 52,5 | 75 | 49 | 70 | 45,5 | 65 |
| 100 | 73,5 | 105 | 70 | 100 | 65,1 | 93 | 60,9 | 87 | 56,7 | 81 | |
| 125 | 92,4 | 132 | 87,5 | 125 | 81,9 | 117 | 76,3 | 109 | 70,7 | 101 | |
| 160 | 117,6 | 168 | 112 | 160 | 105 | 150 | 97,3 | 139 | 90,3 | 129 | |

2 Przegląd parametrów

| | In [A] | 30 °C | | 40 °C | | 50 °C | | 60 °C | | 70 °C | |
|------------|--------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS |
| XT3 | 63 | 46 | 66 | 44 | 63 | 41 | 59 | 39 | 55 | 36 | 51 |
| | 80 | 59 | 84 | 56 | 80 | 53 | 75 | 48 | 69 | 45 | 64 |
| | 100 | 74 | 105 | 70 | 100 | 65 | 93 | 61 | 87 | 56 | 80 |
| | 125 | 92 | 132 | 88 | 125 | 81 | 116 | 76 | 108 | 70 | 100 |
| | 160 | 118 | 168 | 112 | 160 | 104 | 149 | 97 | 139 | 90 | 129 |
| | 200 | 148 | 211 | 140 | 200 | 130 | 186 | 121 | 173 | 113 | 161 |
| | 250 | 184 | 263 | 175 | 250 | 163 | 233 | 151 | 216 | 141 | 201 |
| XT4 | 16 | 12 | 17 | 11 | 16 | 10 | 14 | 9 | 13 | 8 | 12 |
| | 20 | 16 | 23 | 14 | 20 | 12 | 17 | 11 | 15 | 9 | 13 |
| | 25 | 19 | 27 | 18 | 25 | 16 | 23 | 15 | 21 | 13 | 19 |
| | 32 | 25 | 36 | 22 | 32 | 19 | 27 | 17 | 24 | 15 | 21 |
| | 40 | 30 | 43 | 28 | 40 | 26 | 37 | 24 | 34 | 21 | 30 |
| | 50 | 38 | 54 | 35 | 50 | 32 | 46 | 29 | 42 | 27 | 39 |
| | 63 | 47 | 67 | 44 | 63 | 41 | 58 | 37 | 53 | 33 | 48 |
| | 80 | 60 | 86 | 56 | 80 | 52 | 74 | 46 | 66 | 41 | 58 |
| | 100 | 74 | 106 | 70 | 100 | 67 | 95 | 60 | 85 | 53 | 75 |
| | 125 | 94 | 134 | 88 | 125 | 81 | 115 | 74 | 105 | 67 | 95 |
| | 160 | 118 | 168 | 112 | 160 | 105 | 150 | 96 | 137 | 91 | 130 |
| | 200 | 147 | 210 | 140 | 200 | 133 | 190 | 123 | 175 | 112 | 160 |
| | 225 | 168 | 241 | 158 | 225 | 146 | 208 | 133 | 190 | 119 | 170 |
| 250 | 183 | 262 | 175 | 250 | 168 | 240 | 161 | 230 | 154 | 220 | |

2 Przegląd parametrów

Wyłączniki Tmax T z wyzwaczem termomagnetycznym

| In [A] | 10 °C | | 20 °C | | 30 °C | | 40 °C | | 50 °C | | 60 °C | | 70 °C | | |
|-----------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|
| | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | |
| T1 | 16 | 13 | 18 | 12 | 18 | 12 | 17 | 11 | 16 | 11 | 15 | 10 | 14 | 9 | 13 |
| | 20 | 16 | 23 | 15 | 22 | 15 | 21 | 14 | 20 | 13 | 19 | 12 | 18 | 11 | 16 |
| | 25 | 20 | 29 | 19 | 28 | 18 | 26 | 18 | 25 | 16 | 23 | 15 | 22 | 14 | 20 |
| | 32 | 26 | 37 | 25 | 35 | 24 | 34 | 22 | 32 | 21 | 30 | 20 | 28 | 18 | 26 |
| | 40 | 32 | 46 | 31 | 44 | 29 | 42 | 28 | 40 | 26 | 38 | 25 | 35 | 23 | 33 |
| | 50 | 40 | 58 | 39 | 55 | 37 | 53 | 35 | 50 | 33 | 47 | 31 | 44 | 28 | 41 |
| | 63 | 51 | 72 | 49 | 69 | 46 | 66 | 44 | 63 | 41 | 59 | 39 | 55 | 36 | 51 |
| | 80 | 64 | 92 | 62 | 88 | 59 | 84 | 56 | 80 | 53 | 75 | 49 | 70 | 46 | 65 |
| | 100 | 81 | 115 | 77 | 110 | 74 | 105 | 70 | 100 | 66 | 94 | 61 | 88 | 57 | 81 |
| | 125 | 101 | 144 | 96 | 138 | 92 | 131 | 88 | 125 | 82 | 117 | 77 | 109 | 71 | 102 |
| 160 | 129 | 184 | 123 | 176 | 118 | 168 | 112 | 160 | 105 | 150 | 98 | 140 | 91 | 130 | |
| T2 | 1,6 | 1,3 | 1,8 | 1,2 | 1,8 | 1,2 | 1,7 | 1,1 | 1,6 | 1 | 1,5 | 1 | 1,4 | 0,9 | 1,3 |
| | 2 | 1,6 | 2,3 | 1,5 | 2,2 | 1,5 | 2,1 | 1,4 | 2 | 1,3 | 1,9 | 1,2 | 1,7 | 1,1 | 1,6 |
| | 2,5 | 2 | 2,9 | 1,9 | 2,8 | 1,8 | 2,6 | 1,8 | 2,5 | 1,6 | 2,3 | 1,5 | 2,2 | 1,4 | 2 |
| | 3,2 | 2,6 | 3,7 | 2,5 | 3,5 | 2,4 | 3,4 | 2,2 | 3,2 | 2,1 | 3 | 1,9 | 2,8 | 1,8 | 2,6 |
| | 4 | 3,2 | 4,6 | 3,1 | 4,4 | 2,9 | 4,2 | 2,8 | 4 | 2,6 | 3,7 | 2,4 | 3,5 | 2,3 | 3,2 |
| | 5 | 4 | 5,7 | 3,9 | 5,5 | 3,7 | 5,3 | 3,5 | 5 | 3,3 | 4,7 | 3 | 4,3 | 2,8 | 4 |
| | 6,3 | 5,1 | 7,2 | 4,9 | 6,9 | 4,6 | 6,6 | 4,4 | 6,3 | 4,1 | 5,9 | 3,8 | 5,5 | 3,6 | 5,1 |
| | 8 | 6,4 | 9,2 | 6,2 | 8,8 | 5,9 | 8,4 | 5,6 | 8 | 5,2 | 7,5 | 4,9 | 7 | 4,5 | 6,5 |
| | 10 | 8 | 11,5 | 7,7 | 11 | 7,4 | 10,5 | 7 | 10 | 6,5 | 9,3 | 6,1 | 8,7 | 5,6 | 8,1 |
| | 12,5 | 10,1 | 14,4 | 9,6 | 13,8 | 9,2 | 13,2 | 8,8 | 12,5 | 8,2 | 11,7 | 7,6 | 10,9 | 7,1 | 10,1 |
| | 16 | 13 | 18 | 12 | 18 | 12 | 17 | 11 | 16 | 10 | 15 | 10 | 14 | 9 | 13 |
| | 20 | 16 | 23 | 15 | 22 | 15 | 21 | 14 | 20 | 13 | 19 | 12 | 17 | 11 | 16 |
| | 25 | 20 | 29 | 19 | 28 | 18 | 26 | 18 | 25 | 16 | 23 | 15 | 22 | 14 | 20 |
| | 32 | 26 | 37 | 25 | 35 | 24 | 34 | 22 | 32 | 21 | 30 | 19 | 28 | 18 | 26 |
| | 40 | 32 | 46 | 31 | 44 | 29 | 42 | 28 | 40 | 26 | 37 | 24 | 35 | 23 | 32 |
| | 50 | 40 | 57 | 39 | 55 | 37 | 53 | 35 | 50 | 33 | 47 | 30 | 43 | 28 | 40 |
| | 63 | 51 | 72 | 49 | 69 | 46 | 66 | 44 | 63 | 41 | 59 | 38 | 55 | 36 | 51 |
| | 80 | 64 | 92 | 62 | 88 | 59 | 84 | 56 | 80 | 52 | 75 | 49 | 70 | 45 | 65 |
| 100 | 80 | 115 | 77 | 110 | 74 | 105 | 70 | 100 | 65 | 93 | 61 | 87 | 56 | 81 | |
| 125 | 101 | 144 | 96 | 138 | 92 | 132 | 88 | 125 | 82 | 117 | 76 | 109 | 71 | 101 | |
| 160 | 129 | 184 | 123 | 178 | 118 | 168 | 112 | 160 | 105 | 150 | 97 | 139 | 90 | 129 | |

2 Przegląd parametrów

| | In [A] | 10 °C | | 20 °C | | 30 °C | | 40 °C | | 50 °C | | 60 °C | | 70 °C | |
|-----------|--------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS | MIN | MAKS |
| T3 | 63 | 51 | 72 | 49 | 69 | 46 | 66 | 44 | 63 | 41 | 59 | 38 | 55 | 35 | 51 |
| | 80 | 64 | 92 | 62 | 88 | 59 | 84 | 56 | 80 | 52 | 75 | 48 | 69 | 45 | 64 |
| | 100 | 80 | 115 | 77 | 110 | 74 | 105 | 70 | 100 | 65 | 93 | 61 | 87 | 56 | 80 |
| | 125 | 101 | 144 | 96 | 138 | 92 | 132 | 88 | 125 | 82 | 116 | 76 | 108 | 70 | 100 |
| | 160 | 129 | 184 | 123 | 176 | 118 | 168 | 112 | 160 | 104 | 149 | 97 | 139 | 90 | 129 |
| | 200 | 161 | 230 | 154 | 220 | 147 | 211 | 140 | 200 | 130 | 186 | 121 | 173 | 112 | 161 |
| | 250 | 201 | 287 | 193 | 278 | 184 | 263 | 175 | 250 | 163 | 233 | 152 | 216 | 141 | 201 |
| T4 | 20 | 19 | 27 | 18 | 24 | 16 | 23 | 14 | 20 | 12 | 17 | 10 | 15 | 8 | 13 |
| | 32 | 26 | 43 | 24 | 39 | 22 | 36 | 19 | 32 | 16 | 27 | 14 | 24 | 11 | 21 |
| | 50 | 37 | 62 | 35 | 58 | 33 | 54 | 30 | 50 | 27 | 46 | 25 | 42 | 22 | 39 |
| | 80 | 59 | 98 | 55 | 92 | 52 | 86 | 48 | 80 | 44 | 74 | 40 | 66 | 32 | 58 |
| | 100 | 83 | 118 | 80 | 113 | 74 | 106 | 70 | 100 | 66 | 95 | 59 | 85 | 49 | 75 |
| | 125 | 103 | 145 | 100 | 140 | 94 | 134 | 88 | 125 | 80 | 115 | 73 | 105 | 63 | 95 |
| | 160 | 130 | 185 | 124 | 176 | 118 | 168 | 112 | 160 | 106 | 150 | 100 | 104 | 90 | 130 |
| | 200 | 162 | 230 | 155 | 220 | 147 | 210 | 140 | 200 | 133 | 190 | 122 | 175 | 107 | 160 |
| 250 | 200 | 285 | 193 | 275 | 183 | 262 | 175 | 250 | 168 | 240 | 160 | 230 | 150 | 220 | |
| T5 | 320 | 260 | 368 | 245 | 350 | 234 | 335 | 224 | 320 | 212 | 305 | 200 | 285 | 182 | 263 |
| | 400 | 325 | 465 | 310 | 442 | 295 | 420 | 280 | 400 | 265 | 380 | 250 | 355 | 230 | 325 |
| | 500 | 435 | 620 | 405 | 580 | 380 | 540 | 350 | 500 | 315 | 450 | 280 | 400 | 240 | 345 |
| T6 | 630 | 520 | 740 | 493 | 705 | 462 | 660 | 441 | 630 | 405 | 580 | 380 | 540 | 350 | 500 |
| | 800 | 685 | 965 | 640 | 905 | 605 | 855 | 560 | 800 | 520 | 740 | 470 | 670 | 420 | 610 |

Przykłady:

Wybór wyłącznika kompaktowego z wyzwalaczem termomagnetycznym, dla prądu obciążenia 160 A i temperatury otoczenia 60°C.

Na podstawie tabeli odnoszącej się do wyłączników typu SACE Tmax XT3 można zobaczyć, że najlepszym rozwiązaniem będzie wyłącznik XT3 In 200, który może pracować z prądami z zakresu od 121 A do 173 A.

2 Przegląd parametrów

Wyłączniki z wyzwaczem elektronicznym

| | | | do 40°C | | 50°C | | 60°C | | 70°C | |
|---------------|-----------------|--------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | | | I _{max} (A) | I ₁ | I _{max} (A) | I ₁ | I _{max} (A) | I ₁ | I _{max} (A) | I ₁ |
| XT2 | w. stac. | F | 160 | 1 | 160 | 1 | 146 | 0,92 | 131 | 0,82 |
| XT4 | w. stac. | F | 250 | 1 | 250 | 1 | 238 | 0,96 | 213 | 0,86 |
| T4 320 | wersja stacyjna | FC | 320 | 1 | 294 | 0,92 | 269 | 0,84 | 243 | 0,76 |
| | | F | 320 | 1 | 294 | 0,92 | 269 | 0,84 | 243 | 0,76 |
| | | R (HR) | 320 | 1 | 294 | 0,92 | 269 | 0,84 | 243 | 0,76 |
| | | R (VR) | 320 | 1 | 307 | 0,96 | 281 | 0,88 | 256 | 0,8 |
| | wersja wtykowa | FC | 320 | 1 | 294 | 0,92 | 268 | 0,84 | 242 | 0,76 |
| | | F | 320 | 1 | 294 | 0,92 | 268 | 0,84 | 242 | 0,76 |
| | | HR | 320 | 1 | 294 | 0,92 | 268 | 0,84 | 242 | 0,76 |
| | | VR | 320 | 1 | 307 | 0,96 | 282 | 0,88 | 256 | 0,8 |
| T5 400 | wersja stacyjna | FC | 400 | 1 | 400 | 1 | 400 | 1 | 352 | 0,88 |
| | | F | 400 | 1 | 400 | 1 | 400 | 1 | 352 | 0,88 |
| | | R (HR) | 400 | 1 | 400 | 1 | 400 | 1 | 352 | 0,88 |
| | | R (VR) | 400 | 1 | 400 | 1 | 400 | 1 | 368 | 0,92 |
| | wersja wtykowa | FC | 400 | 1 | 400 | 1 | 368 | 0,92 | 336 | 0,84 |
| | | F | 400 | 1 | 400 | 1 | 368 | 0,92 | 336 | 0,84 |
| | | R (HR) | 400 | 1 | 400 | 1 | 368 | 0,92 | 336 | 0,84 |
| | | R (VR) | 400 | 1 | 400 | 1 | 382 | 0,96 | 350 | 0,88 |
| T5 630 | wersja stacyjna | FC | 630 | 1 | 580 | 0,92 | 529 | 0,84 | 479 | 0,76 |
| | | F | 630 | 1 | 580 | 0,92 | 529 | 0,84 | 479 | 0,76 |
| | | HR | 630 | 1 | 580 | 0,92 | 529 | 0,84 | 479 | 0,76 |
| | | VR | 630 | 1 | 605 | 0,96 | 554 | 0,88 | 504 | 0,80 |
| | wersja wtykowa | F | 567 | 0,9 | 502 | 0,8 | 458 | 0,72 | 409 | 0,64 |
| | | HR | 567 | 0,9 | 502 | 0,8 | 458 | 0,72 | 409 | 0,64 |
| | | VR | 567 | 0,9 | 526 | 0,82 | 480 | 0,76 | 429 | 0,68 |
| | | | | | | | | | | |

Opis

F = Zaciski przednie płaskie
 FC = Zaciski przednie kłatkowe
 HR = Zaciski tylne poziome płaskie
 VR = Zaciski tylne pionowe płaskie
 R = Zaciski tylne

EF = Zaciski przednie przedłużone
 FC Cu = Zaciski przednie kłatkowe dla przewodów miedzianych
 FC CuAl = Zaciski przednie kłatkowe dla przewodów miedzianych i aluminiowych
 ES = Zaciski przednie rozszerzone

2 Przegląd parametrów

| | | | do 40°C | | 50°C | | 60°C | | 70°C | |
|-----------------------------|-----------------|--------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------|
| | | | I _{max} (A) | I ₁ | I _{max} (A) | I ₁ | I _{max} (A) | I ₁ | I _{max} (A) | I ₁ |
| T6 630 | wersja stacyjna | FC | 630 | 1 | 630 | 1 | 598,1 | 1 | 567 | 0,9 |
| | | R (VR) | 630 | 1 | 630 | 1 | 630 | 1 | 598,5 | 0,95 |
| | | R (HR) | 630 | 1 | 630 | 1 | 567 | 0,9 | 504 | 0,8 |
| | wersja wtykowa | F | 630 | 1 | 598,5 | 0,95 | 567 | 0,9 | 567 | 0,9 |
| | | VR | 630 | 1 | 630 | 1 | 598,5 | 0,95 | 504 | 0,8 |
| | | HR | 630 | 1 | 598,5 | 0,95 | 567 | 0,9 | 504 | 0,8 |
| T6 800 | wersja stacyjna | FC | 800 | 1 | 800 | 1 | 760 | 0,95 | 720 | 0,9 |
| | | R (VR) | 800 | 1 | 800 | 1 | 800 | 1 | 760 | 0,95 |
| | | R (HR) | 800 | 1 | 800 | 1 | 720 | 0,9 | 640 | 0,8 |
| | wersja wtykowa | F | 800 | 1 | 760 | 0,95 | 720 | 0,9 | 640 | 0,8 |
| | | VR | 800 | 1 | 800 | 1 | 760 | 0,95 | 720 | 0,9 |
| | | HR | 800 | 1 | 760 | 0,95 | 720 | 0,9 | 640 | 0,8 |
| T6 1000 | wersja stacyjna | FC | 1000 | 1 | 926 | 0,93 | 877 | 0,88 | 784 | 0,78 |
| | | R (HR) | 1000 | 1 | 926 | 0,93 | 845 | 0,85 | 756 | 0,76 |
| | | R (VR) | 1000 | 1 | 1000 | 1 | 913 | 0,92 | 817 | 0,82 |
| | | ES | 1000 | 1 | 900 | 0,9 | 820 | 0,82 | 720 | 0,72 |
| T7 1000 V version | wer. stac. | VR | 1000 | 1 | 1000 | 1 | 1000 | 1 | 894 | 0,89 |
| | | EF-HR | 1000 | 1 | 1000 | 1 | 895 | 0,89 | 784 | 0,78 |
| | wer. wtyk. | VR | 1000 | 1 | 1000 | 1 | 913 | 0,91 | 816 | 0,82 |
| | | EF-HR | 1000 | 1 | 1000 | 1 | 895 | 0,89 | 784 | 0,78 |
| T7 1250 V wersja | wer. stac. | VR | 1250 | 1 | 1201 | 0,96 | 1096 | 0,88 | 981 | 0,78 |
| | | EF-HR | 1250 | 1 | 1157 | 0,93 | 1056 | 0,85 | 945 | 0,76 |
| | wer. wtyk. | VR | 1250 | 1 | 1157 | 0,93 | 1056 | 0,85 | 945 | 0,76 |
| | | EF-HR | 1250 | 1 | 1000 | 0,8 | 913 | 0,73 | 816 | 0,65 |
| T7 1250 S-H-L wersja | wer. stac. | VR | 1250 | 1 | 1250 | 1 | 1250 | 1 | 1118 | 0,89 |
| | | EF-HR | 1250 | 1 | 1250 | 1 | 1118 | 0,89 | 980 | 0,78 |
| | wer. wtyk. | VR | 1250 | 1 | 1250 | 1 | 1141 | 0,91 | 1021 | 0,82 |
| | | EF-HR | 1250 | 1 | 1250 | 1 | 1118 | 0,89 | 980 | 0,78 |
| T7 1600 S-H-L wersja | wer. stac. | VR | 1600 | 1 | 1537 | 0,96 | 1403 | 0,88 | 1255 | 0,78 |
| | | EF-HR | 1600 | 1 | 1481 | 0,93 | 1352 | 0,85 | 1209 | 0,76 |
| | wer. wtyk. | VR | 1600 | 1 | 1481 | 0,93 | 1352 | 0,85 | 1209 | 0,76 |
| | | EF-HR | 1600 | 1 | 1280 | 0,8 | 1168 | 0,73 | 1045 | 0,65 |

Opis

F = Zaciski przednie płaskie
 FC = Zaciski przednie kłatkowe
 HR = Zaciski tylne poziome płaskie
 VR = Zaciski tylne pionowe płaskie
 R = Zaciski tylne
 EF = Zaciski przednie przedłużone

FC Cu = Zaciski przednie kłatkowe dla przewodów miedzianych
 FC CuAl = Zaciski przednie kłatkowe dla przewodów miedzianych i aluminiowych
 ES = Zaciski przednie przedłużone rozszerzone

Przykład:

Wybór wyłącznika kompaktowego z wyzwalaczem elektronicznym, w wersji wysuwanej, z zaciskami tylnymi poziomymi płaskimi, dla prądu obciążenia wynoszącego 720 A, temperatury otoczenia 50°C. Z tabeli dla wyłączników typu T_{max} T6 można zobaczyć, że najlepszym rozwiązaniem będzie wyłącznik T6 800, który może pracować z prądami z zakresu od 320 A do 760 A.

2 Przegląd parametrów

Wyłącznik Emax X1 z zaciskami tylnymi poziomymi

| Temperatura [°C] | X1 630 | | X1 800 | | X1 1000 | | X1 1250 | | X1 1600 | |
|---------------------|--------|-----|--------|-----|---------|------|---------|------|---------|------|
| | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] |
| 10 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 20 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 30 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 40 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 45 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 50 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 97 | 1550 |
| 55 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 94 | 1500 |
| 60 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 93 | 1480 |

Wyłącznik Emax X1 z zaciskami tylnymi pionowymi

| Temperatura [°C] | X1 630 | | X1 800 | | X1 1000 | | X1 1250 | | X1 1600 | |
|---------------------|--------|-----|--------|-----|---------|------|---------|------|---------|------|
| | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] |
| 10 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 20 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 30 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 40 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 45 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 50 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 55 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 98 | 1570 |
| 60 | 100 | 630 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 95 | 1520 |

Wyłącznik Emax E1

| Temperatura [°C] | E1 800 | | E1 1000 | | E1 1250 | | E1 1600 | |
|---------------------|--------|-----|---------|------|---------|------|---------|------|
| | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] |
| 10 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 20 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 30 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 40 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 |
| 45 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 98 | 1570 |
| 50 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 96 | 1530 |
| 55 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 94 | 1500 |
| 60 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 92 | 1470 |
| 65 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 99 | 1240 | 89 | 1430 |
| 70 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 98 | 1230 | 87 | 1400 |

2 Przegląd parametrów

Wyłącznik Emax E2

| Temperatura [°C] | E2 800 | | E2 1000 | | E2 1250 | | E2 1600 | | E2 2000 | |
|---------------------|--------|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] |
| 10 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 |
| 20 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 |
| 30 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 |
| 40 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 |
| 45 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 |
| 50 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 97 | 1945 |
| 55 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 94 | 1885 |
| 60 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 98 | 1570 | 91 | 1825 |
| 65 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 96 | 1538 | 88 | 1765 |
| 70 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 94 | 1510 | 85 | 1705 |

Wyłącznik Emax E3

| Temperatura [°C] | E3 800 | | E3 1000 | | E3 1250 | | E3 1600 | | E3 2000 | | E3 2500 | | E3 3200 | |
|---------------------|--------|-----|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] |
| 10 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 100 | 3200 |
| 20 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 100 | 3200 |
| 30 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 100 | 3200 |
| 40 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 100 | 3200 |
| 45 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 100 | 3200 |
| 50 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 97 | 3090 |
| 55 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 93 | 2975 |
| 60 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 100 | 2500 | 89 | 2860 |
| 65 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 97 | 2425 | 86 | 2745 |
| 70 | 100 | 800 | 100 | 1000 | 100 | 1250 | 100 | 1600 | 100 | 2000 | 94 | 2350 | 82 | 2630 |

2 Przegląd parametrów

Wyłącznik Emax E4

| Temperatura [°C] | E4 3200 | | E4 4000 | |
|---------------------|---------|------|---------|------|
| | % | [A] | % | [A] |
| 10 | 100 | 3200 | 100 | 4000 |
| 20 | 100 | 3200 | 100 | 4000 |
| 30 | 100 | 3200 | 100 | 4000 |
| 40 | 100 | 3200 | 100 | 4000 |
| 45 | 100 | 3200 | 100 | 4000 |
| 50 | 100 | 3200 | 98 | 3900 |
| 55 | 100 | 3200 | 95 | 3790 |
| 60 | 100 | 3200 | 92 | 3680 |
| 65 | 98 | 3120 | 89 | 3570 |
| 70 | 95 | 3040 | 87 | 3460 |

Wyłącznik Emax E6

| Temperatura [°C] | E6 3200 | | E6 4000 | | E6 5000 | | E6 6300 | |
|---------------------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | % | [A] | % | [A] | % | [A] | % | [A] |
| 10 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 100 | 5000 | 100 | 6300 |
| 20 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 100 | 5000 | 100 | 6300 |
| 30 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 100 | 5000 | 100 | 6300 |
| 40 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 100 | 5000 | 100 | 6300 |
| 45 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 100 | 5000 | 100 | 6300 |
| 50 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 100 | 5000 | 100 | 6300 |
| 55 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 100 | 5000 | 98 | 6190 |
| 60 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 98 | 4910 | 96 | 6070 |
| 65 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 96 | 4815 | 94 | 5850 |
| 70 | 100 | 3200 | 100 | 4000 | 94 | 4720 | 92 | 5600 |

2 Przegląd parametrów

W tabeli poniżej zamieszczono przykłady obciążalności prądowej ciągłej wyłączników zamontowanych w rozdzielnicy, wraz z wymiarami. Wartości te odnoszą się do wyłączników wysuwanych, montowanych w rozdzielnicach bez przegrodzenia, o stopniu ochrony do IP31 i następujących wymiarach:

2000x400x400 (wys. x dł. x gł.) dla wyłączników typu X1,

2300x800x900 (wys. x dł. x gł.) dla wyłączników typu X1 - E1 - E2 - E3;

2300x1400x1500 (wys. x dł. x gł.) dla wyłączników typu E4 - E6.

Wartości odnoszą się do maksymalnej temperatury zacisków wynoszącej 120°C.

W przypadku wyłączników wysuwanych o prądzie znamionowym 6300 A zaleca się użycie zacisków tylnych pionowych.

Dla rozdzielnic o następujących wymiarach (mm): 2000 x 400 x 400

| Typ | I _n [A] | Zaciski pionowe | | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] | Zaciski poziome i przednie | | | |
|-------------|-----------------------|----------------------------|------|------|---|---|----------------------------|------|---------------|---|
| | | Obciążalność ciągła [A] | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] | | Obciążalność ciągła [A] | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] |
| | | 35°C | 45°C | 55°C | | | 35°C | 45°C | 55°C | |
| x 1B/N/L 06 | 630 | 630 | 630 | 630 | 2 x (40 x 5) | 630 | 630 | 630 | 2 x (40 x 5) | |
| x 1B/N/L 08 | 800 | 800 | 800 | 800 | 2 x (50 x 5) | 800 | 800 | 800 | 2 x (50 x 5) | |
| x 1B/N/ 10 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 2 x (50 x 8) | 1000 | 1000 | 1000 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1L 10 | 1000 | 1000 | 1000 | 960 | 2 x (50 x 8) | 1000 | 950 | 890 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1B/N/ 12 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 2 x (50 x 8) | 1250 | 1250 | 1200 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1L 12 | 1250 | 1250 | 1205 | 1105 | 2 x (50 x 8) | 1250 | 1125 | 955 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1B/N 16 | 1600 | 1520 | 1440 | 1340 | 2 x (50 x 10) | 1400 | 1330 | 1250 | 3 x (50 x 8) | |

Dla rozdzielnic o następujących wymiarach (mm): 2300 x 800 x 900

| Typ | I _n [A] | Zaciski pionowe | | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] | Zaciski poziome i przednie | | | |
|-------------|-----------------------|----------------------------|------|------|---|---|----------------------------|------|---------------|---|
| | | Obciążalność ciągła [A] | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] | | Obciążalność ciągła [A] | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] |
| | | 35°C | 45°C | 55°C | | | 35°C | 45°C | 55°C | |
| x 1B/N/L 06 | 630 | 630 | 630 | 630 | 2 x (40 x 5) | 630 | 630 | 630 | 2 x (40 x 5) | |
| x 1B/N/L 08 | 800 | 800 | 800 | 800 | 2 x (50 x 5) | 800 | 800 | 800 | 2 x (50 x 5) | |
| x 1B/N/L 10 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 2 x (50 x 8) | 1000 | 1000 | 1000 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1L 10 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 2 x (50 x 8) | 1000 | 960 | 900 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1B/N/L 12 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 2 x (50 x 8) | 1250 | 1250 | 1200 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1L 12 | 1250 | 1250 | 1250 | 1110 | 2 x (50 x 8) | 1250 | 1150 | 960 | 2 x (50 x 10) | |
| x 1B/N 16 | 1600 | 1600 | 1500 | 1400 | 2 x (50 x 10) | 1460 | 1400 | 1300 | 3 x (50 x 8) | |

2 Przegląd parametrów

| Typ | I _n [A] | Zaciski pionowe | | | | Zaciski poziome i przednie | | | |
|--------------|-----------------------|----------------------------|------|------|---|----------------------------|------|------|---|
| | | Obciążalność ciąгла [A] | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] | Obciążalność ciąгла [A] | | | Przekrój szynoprzewodu [mm ²] |
| | | 35°C | 45°C | 55°C | | 35°C | 45°C | 55°C | |
| E1B/N 08 | 800 | 800 | 800 | 800 | 1 x (60 x 10) | 800 | 800 | 800 | 1 x (60 x 10) |
| E1B/N 10 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1 x (80 x 10) | 1000 | 1000 | 1000 | 2 x (60 x 8) |
| E1B/N 12 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1 x (80 x 10) | 1250 | 1250 | 1200 | 2 x (60 x 8) |
| E1B/N 16 | 1600 | 1600 | 1600 | 1500 | 2 x (60 x 10) | 1550 | 1450 | 1350 | 2 x (60 x 10) |
| E2S 08 | 800 | 800 | 800 | 800 | 1 x (60 x 10) | 800 | 800 | 800 | 1 x (60 x 10) |
| E2N/S 10 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1 x (60 x 10) | 1000 | 1000 | 1000 | 1 x (60 x 10) |
| E2N/S 12 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1 x (60 x 10) | 1250 | 1250 | 1250 | 1 x (60 x 10) |
| E2B/N/S 16 | 1600 | 1600 | 1600 | 1600 | 2 x (60 x 10) | 1600 | 1600 | 1530 | 2 x (60 x 10) |
| E2B/N/S 20 | 2000 | 2000 | 2000 | 1800 | 3 x (60 x 10) | 2000 | 2000 | 1750 | 3 x (60 x 10) |
| E2L 12 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1 x (60 x 10) | 1250 | 1250 | 1250 | 1 x (60 x 10) |
| E2L 16 | 1600 | 1600 | 1600 | 1500 | 2 x (60 x 10) | 1600 | 1500 | 1400 | 2 x (60 x 10) |
| E3H/V 08 | 800 | 800 | 800 | 800 | 1 x (60 x 10) | 800 | 800 | 800 | 1 x (60 x 10) |
| E3S/H 10 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1 x (60 x 10) | 1000 | 1000 | 1000 | 1 x (60 x 10) |
| E3S/H/V 12 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1 x (60 x 10) | 1250 | 1250 | 1250 | 1 x (60 x 10) |
| E3S/H/V 16 | 1600 | 1600 | 1600 | 1600 | 1 x (100 x 10) | 1600 | 1600 | 1600 | 1 x (100 x 10) |
| E3S/H/V 20 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2 x (100 x 10) | 2000 | 2000 | 2000 | 2 x (100 x 10) |
| E3N/S/H/V 25 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2 x (100 x 10) | 2500 | 2450 | 2400 | 2 x (100 x 10) |
| E3N/S/H/V 32 | 3200 | 3200 | 3100 | 2800 | 3 x (100 x 10) | 3000 | 2880 | 2650 | 3 x (100 x 10) |
| E3L 20 | 2000 | 2000 | 2000 | 2000 | 2 x (100 x 10) | 2000 | 2000 | 1970 | 2 x (100 x 10) |
| E3L 25 | 2500 | 2500 | 2390 | 2250 | 2 x (100 x 10) | 2375 | 2270 | 2100 | 2 x (100 x 10) |
| E4H/V 32 | 3200 | 3200 | 3200 | 3200 | 3 x (100 x 10) | 3200 | 3150 | 3000 | 3 x (100 x 10) |
| E4S/H/V 40 | 4000 | 4000 | 3980 | 3500 | 4 x (100 x 10) | 3600 | 3510 | 3150 | 6 x (60 x 10) |
| E6V 32 | 3200 | 3200 | 3200 | 3200 | 3 x (100 x 10) | 3200 | 3200 | 3200 | 3 x (100 x 10) |
| E6H/V 40 | 4000 | 4000 | 4000 | 4000 | 4 x (100 x 10) | 4000 | 4000 | 4000 | 4 x (100 x 10) |
| E6H/V 50 | 5000 | 5000 | 4850 | 4600 | 6 x (100 x 10) | 4850 | 4510 | 4250 | 6 x (100 x 10) |
| E6H/V 63 | 6300 | 6000 | 5700 | 5250 | 7 x (100 x 10) | - | - | - | - |

Uwaga: Temperaturą odniesienia jest temperatura otoczenia.

Przykłady:

Wybór wyłącznika powietrznego z wyzwalaczem elektronicznym, w wersji wysuwnej, z zaciskami pionowymi, dla prądu obciążenia 2700 A, temperatury otoczenia 55°C na zewnątrz rozdzielnicy o stopniu ochrony IP31.

Na podstawie tabel podających obciążalność prądową wewnątrz rozdzielnicy dla wyłączników typu Emax (patrz powyżej) widać, że najlepszym rozwiązaniem będzie wyłącznik E3 3200, z szynoprzewodami o przekroju 3 x (100 x 10) mm², zdolny do przenoszenia prądu o natężeniu od 1280 A do 2800 A.

2 Przegląd parametrów

2.6 Obniżenie wartości znamionowych w przypadku pracy na wysokości

W przypadku instalacji wykonywanych na wysokościach ponad 2000 m nad poziomem morza parametry wyłączników niskiego napięcia ulegają ograniczeniu. Zasadniczo są dwie przyczyny tego zjawiska:

- Zmniejszenie gęstości powietrza powoduje obniżenie sprawności odprowadzania ciepła. Można stosować się do dopuszczalnych warunków nagrzewania się różnych elementów wyłącznika tylko wtedy, jeśli zostanie ograniczona wartość prądu znamionowego ciągłego;
- Rozrzedzenie powietrza powoduje obniżenie wytrzymałości dielektrycznej, tak więc standardowe odstępstwa izolacyjne stają się niewystarczające. Prowadzi to do zmniejszenia maksymalnego napięcia znamionowego, z jakim może pracować urządzenie.

W tabeli poniżej zamieszczono współczynniki korygujące dla różnych typów wyłączników kompaktowych i powietrznych:

Napięcie znamionowe łączeniowe [Ue]

| Wysokość | 2000 [m] | 3000 [m] | 4000 [m] | 5000 [m] |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| Tmax XT | 690 | 600 | 540 | 470 |
| Tmax T* | 690 | 600 | 500 | 440 |
| E _{max} | 690 | 600 | 500 | 440 |

Prąd znamionowy ciągły I_n [A]

| Wysokość | 2000 [m] | 3000 [m] | 4000 [m] | 5000 [m] |
|------------------|----------|----------|----------|----------|
| Tmax XT | 100% | 98% | 93% | 90% |
| Tmax T* | 100% | 98% | 93% | 90% |
| E _{max} | 100% | 98% | 93% | 90% |

* Za wyjątkiem wyłącznika Tmax T1P.

2 Przegląd parametrów

2.7 Parametry elektryczne rozłączników izolacyjnych

Rozłącznik izolacyjny jest definiowany przez normę IEC 60947-3 jako łącznik mechaniczny, który znajdując się w położeniu otwartym, realizuje funkcję odłącznika i zapewnia przerwę biegunową (odległość pomiędzy zestykami) wystarczającą do zapewnienia bezpieczeństwa. Bezpieczeństwo odłączenia musi zostać zagwarantowane i sprawdzone w następujący sposób: dźwignia sterująca musi zawsze wskazywać aktualne położenie ruchomych zestyków urządzenia.

Łącznik mechaniczny musi być zdolny do załączania, przewodzenia i rozłączania prądów w warunkach normalnej pracy układu oraz zdolny do załączania, przewodzenia przez określony czas i rozłączania prądów w warunkach awaryjnych, takich jak na przykład zwarcia.

Rozłączniki izolacyjne są często wykorzystywane jako:

- główne elementy podrozdzielnic;
- urządzenia łączące i rozłączające linie, szynoprzewody lub grupy obciążeń;
- jako wyłączniki sprzęgłowe.

Rozłącznik izolacyjny musi zagwarantować, że cała instalacja lub też jej część nie znajduje się pod napięciem i została bezpiecznie odłączona od zasilania elektrycznego. Użycie rozłączników izolacyjnych umożliwia, przykładowo: prowadzenie przez personel prac na instalacji, bez zagrożeń elektrycznych.

Nawet, jeśli korzystanie z urządzeń jednobiegunowych znajdujących się obok siebie nie jest zabronione, normy zalecają stosowanie układów wielobiegunowych w celu zagwarantowania równoczesnego odcięcia wszystkich biegunów instalacji.

Szczegółowe parametry znamionowe rozłączników izolacyjnych są określone w normie IEC 60947-3. Parametry te zostały podane poniżej:

- **I_{cw} [kA]**: prąd zwarciový krótkotrwałe wytrzymawany:
jest to prąd, który może być przewodzony bez szkody przez rozłącznik w położeniu zamkniętym, przez określony czas.

2 Przegląd parametrów

- **I_{cm} [kA]:** prąd zwarciový złączalny (wartość szczytowa):

jest to maksymalna wartość szczytowa prądu zwarciovego, który może zostać złączony bez szkody przez rozłącznik izolacyjny. Jeśli wartość ta nie została podana przez producenta, należy ją przyjąć za równą przynajmniej wartości szczytowej prądu I_{cw}. Nie ma możliwości określenia wartości prądu wyłączalnego I_{cu} [kA], ponieważ od rozłączników izolacyjnych nie wymaga się wyłączania prądów zwarciovych.

- **Kategorie użytkowania dla prądu przemiennego i prądu stałego:**

definiują warunki użytkowania, które są zapisywane za pomocą dwóch liter, które wskazują typ instalacji, w jakiej urządzenie może być montowane (AC dla instalacji prądu przemiennego i DC dla prądu stałego), za pomocą dwucyfrowej liczby, wskazującej rodzaj obsługiwanego obciążenia oraz za pomocą dodatkowej litery (A lub B), która odpowiada częstotliwości użytkowania.

Opierając się na kategorii użytkowania, norma produktu określa wartości natężenia prądu, które rozłącznik izolacyjny musi być w stanie wyłączać lub złączać w warunkach awaryjnych.

Parametry kategorii użytkowania zostały przedstawione poniżej, w tabeli 1.

Najbardziej wymagającą kategorią dla instalacji prądu przemiennego jest kategoria AC23A, w przypadku której urządzenie musi być w stanie łączyć prąd wynoszący 10x wartość jego prądu znamionowego i rozłączać prąd odpowiadający 8x wartości jego prądu znamionowego.

Z punktu widzenia konstrukcji, rozłącznik izolacyjny jest bardzo prostym urządzeniem. Nie jest wyposażony w układy wykrywania przetężeń, powodujące automatyczne rozłączenie obwodu. Z tego też względu rozłącznik izolacyjny nie może być wykorzystywany do automatycznego zabezpieczania przez przetężeniami, które mogą wystąpić w sytuacjach awaryjnych. Zabezpieczenie musi być zapewnione przez wyłącznik skoordynowany z rozłącznikiem.

Kombinacja obydwu tych urządzeń umożliwia zastosowanie rozłączników izolacyjnych w układach, w których wartość prądu zwarciovego jest większa, niż parametry elektryczne rozłącznika (dobezpieczenie – patrz punkt 3.4). Dotyczy to tylko rozłączników izolacyjnych typu Isomax i Tmax.

W przypadku rozłączników powietrznych typu Emax/MS należy sprawdzić, czy wartości prądów I_{cw} i I_{cm} są większe, odpowiednio, niż natężenie prądu zwarciovego w instalacji oraz wartość szczytowa prądu.

2 Przegląd parametrów

Tabela 1: Kategorie użytkowania

| Rodzaj prądu | Kategorie użytkowania | | |
|-----------------|-----------------------|-----------------|--|
| | Kategoria użytkowania | | Typowe zastosowania |
| | Częsta praca | Praca nieczęsta | |
| Prąd przemienny | AC-20A | AC-20B | Łączenie i rozłączanie w warunkach braku obciążenia |
| | AC-21A | AC-21B | Przełączanie obciążeń rezystancyjnych z umiarkowanymi przeciążeniami |
| | AC-22A | AC-22B | Przełączanie obciążeń mieszanych, rezystancyjnych i indukcyjnych, z umiarkowanymi przeciążeniami |
| | AC-23A | AC-23B | Przełączanie silników lub obciążeń silnie indukcyjnych |
| Prąd stały | DC-20A | DC-20B | Łączenie i rozłączanie w warunkach braku obciążenia |
| | DC-21A | DC-21B | Przełączanie obciążeń rezystancyjnych z umiarkowanymi przeciążeniami |
| | DC-22A | DC-22B | Przełączanie obciążeń mieszanych, rezystancyjnych i indukcyjnych, z umiarkowanymi przeciążeniami (np. silników bocznikowych) |
| | DC-23A | DC-23B | Przełączanie obciążeń silnie indukcyjnych |

2 Przegląd parametrów

W tabelach 2, 3 i 4 podano najważniejsze parametry rozłączników izolacyjnych.

Tabela 2: Rozłączniki izolacyjne SACETmax T

| | | |
|--|--|-------|
| Wielkość | | [A] |
| Prąd znamionowy łączeniowy w kategorii AC21, Ie | | [A] |
| Prąd znamionowy łączeniowy w kategorii AC22, Ie | | [A] |
| Prąd znamionowy łączeniowy w kategorii AC23, Ie | | [A] |
| Bieguny | | [Nr.] |
| Robocze napięcie łączeniowe Ue (AC) | 50-60Hz | [V] |
| | (DC) | [V] |
| Napięcie znamionowe izolacji Ui | | [V] |
| Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane Uimp | | [kV] |
| Napięcie probiercze dla częst. przemysłowej dla 1 min. | | [V] |
| Prąd znamionowy załączalny zwarciovym Icm | (Min.) tylko rozłącznik | [kA] |
| | (Maks.) z wyl. autom. po stronie zasilania | [kA] |
| Prąd zwarciovym krótkotrwałe wytrzymywany Icw (1 s) | | [kA] |
| Wersje | | |

Tabela 3: Rozłączniki izolacyjne Tmax T

| | | | Tmax T1D | Tmax T3D |
|---|--------------------|---------------------------|----------------------|-------------------------|
| Prąd termiczny umowny Ith | | [A] | 160 | 250 |
| Prąd znamionowy łączeniowy w kategorii AC22, Ie | | [A] | 160 | 250 |
| Prąd znamionowy łączeniowy w kategorii AC23, Ie | | [A] | 125 | 200 |
| Bieguny | | [Nr.] | 3/4 | 3/4 |
| Napięcie znamionowe łączeniowe Ue (AC) 50-60 Hz | | [V] | 690 | 690 |
| | | (DC) [V] | 500 | 500 |
| Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane Uimp | | [kV] | 8 | 8 |
| Napięcie znamionowe izolacji Ui | | [V] | 800 | 800 |
| Napięcie probiercze dla częstotliwości przemysłowej dla 1 min. | | [V] | 3000 | 3000 |
| Prąd znamionowy załączalny (min.) tylko rozłącznik izolacyjny | | [kA] | 2.8 | 5.3 |
| zwarciovym Icm (maks.) z wyłącznikiem po stronie zasilania | | [kA] | 187 | 105 |
| Prąd znamionowy krótkotrwałe wytrzymywany Icw (1 s) | | [kA] | 2 | 3.6 |
| Norma odniesienia | | | IEC 60947-3 | IEC 60947-3 |
| Wersje | | | F | F - P |
| Zaciski | | | FC Cu - EF - FC CuAl | F-FC CuAl-FC Cu-EF-ES-R |
| Trwałość mechaniczna | | [Liczba operacji] | 25000 | 25000 |
| | | [Liczba operacji/godzinę] | 120 | 120 |
| Masa | Wersja stacjonarna | 3/4 bieguny [kg] | 0,9/1,2 | 1,5/2 |
| | Wersja wtykowa | 3/4 bieguny [kg] | - | 2,1/3,7 |
| | Wersja wysuwna | 3/4 bieguny [kg] | - | - |

2 Przegląd parametrów

| Tmax XT1D | Tmax XT3D | Tmax XT4D |
|---------------------|---------------------|------------------------------|
| 160 | 250 | 250 |
| 160 | 250 | 250 |
| 160 | 250 | 250 |
| 125 | 200 | 200 |
| 3,4 | 3,4 | 3,4 |
| 690 | 690 | 690 |
| 500 | 500 | 500 |
| 800 | 800 | 800 |
| 8 | 8 | 8 |
| 3000 | 3000 | 3000 |
| 2,8 | 5,3 | 5,3 |
| 187 | 105 | 105 |
| 2 | 3,6 | 3,6 |
| Stacjonarny/wtykowy | Stacjonarny/wtykowy | Stacjonarny/wysuwany/wtykowy |

| Tmax T4D | Tmax T5D | Tmax T6D | Tmax T7D |
|----------------------------------|-------------------------------|----------------------|--|
| 250/320 | 400/630 | 630/800/1000 | 1000/1250/1600 |
| 250/320 | 400/630 | 630/800/1000 | 1000/1250/1600 |
| 250 | 400 | 630/800/800 | 1000/1250/1250 |
| 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| 690 | 690 | 690 | 690 |
| 750 | 750 | 750 | 750 |
| 8 | 8 | 8 | 8 |
| 800 | 800 | 1000 | 1000 |
| 3000 | 3000 | 3500 | 3000 |
| 5,3 | 11 | 30 | 52,5 |
| 440 | 440 | 440 | 440 |
| 3,6 | 6 | 15 | 20 |
| IEC 60947-3 | IEC 60947-3 | IEC 60947-3 | IEC 60947-3 |
| F - P - W | F - P - W | F-W | F-W |
| F-FC CuAl-FC Cu-EF-ES-R-MC-HR-VR | F-FC CuAl-FC Cu-EF-ES-R-HR-VR | F-FC CuAl-EF-ES-R-RC | F-EF-ES-FC CuAl HR/VR |
| 20000 | 20000 | 20000 | 10000 |
| 120 | 120 | 120 | 60 |
| 2,35/3,05 | 3,25/4,15 | 9,5/12 | 9,7/12,5(ręczny)/11/14(z napędem silnik.) |
| 3,6/4,65 | 5,15/6,65 | - | - |
| 3,85/4,9 | 5,4/6,9 | 12,1/15,1 | 29,7/39,6(ręczny)/32/42,6(z napędem silnik.) |

OPIS WERSJI
 F = Wersja stacjonarna
 P = Wersja wtykowa
 W = Wersja wysuwana

OPIS ZACISKÓW
 F = Zaciski przednie
 EF = Zaciski przednie przedłużone
 ES = Zaciski przednie przedłużone rozszerzone

FC CuAl = Zaciski przednie dla przewodów miedzianych i aluminiowych
 R = Zaciski tylne nastawne
 RC CuAl = Zaciski tylne dla przewodów miedzianych i aluminiowych

HR = Zaciski tylne poziome płaskie
 VR = Zaciski tylne pionowe płaskie

2 Przegląd parametrów

Tabela 4: Rozłączniki izolacyjne Emax

| | | X1B/MS | E1B/MS | E1N/MS | E2B/MS | E2N/MS |
|---|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Prąd znamionowy ciągły (dla 40 °C) I_n | [A] | 1000 | 800 | 800 | 1600 | 1000 |
| | [A] | 1250 | 1000 | 1000 | 2000 | 1250 |
| | [A] | 1600 | 1250 | 1250 | | 1600 |
| | [A] | | 1600 | 1600 | | 2000 |
| | [A] | | | | | |
| | [A] | | | | | |
| Napięcie znam. łączeniowe U_e | [V ~] | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 |
| | [V -] | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| Napięcie znam. izolacji U_i | [V ~] | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Napięcie znam. udarowe wytrzy- mywane krótkotrwałe U_{imp} | [kV] | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Prąd zwarciov krótkotrwałe wytrzymywany I_{cw} (1s) | [kA] | 42 | 42 | 50 | 42 | 55 |
| | (3s) [kA] | | 36 | 36 | 42 | 42 |
| Prąd zwarciov załączalny (wartość szczytowa) I_{cm} | | | | | | |
| 220/230/380/400/415/440 V ~ | [kA] | 88.2 | 88.2 | 105 | 88.2 | 121 |
| 500/660/690 V ~ | [kA] | 88.2 | 88.2 | 105 | 88.2 | 121 |

Uwaga: Wartość prądu wyłączalnego I_{cw} , dla maksymalnego napięcia znamionowego, z wykorzystaniem zewnętrznego przekaźnika zabezpieczającego, z maksymalną zwłoką 500 ms, jest równa wartości prądu I_{cw} (1 s).

2 Przegląd parametrów

| E2S/MS | E3N/MS | E3S/MS | E3V/MS | E4S/fMS | E4S/MS | E4H/fMS | E4H/MS | E6H/MS | E6H/f MS |
|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------------------|--------|----------|
| 1000 | 2500 | 1000 | 800 | 4000 | 4000 | 3200 | 3200 | 4000 | 4000 |
| 1250 | 3200 | 1250 | 1250 | | | 4000 | 4000 | 5000 | 5000 |
| 1600 | | 1600 | 1600 | | | | | 6300 | 6300 |
| 2000 | | 2000 | 2000 | | | | | | |
| | | 2500 | 2600 | | | | | | |
| | | 3200 | 3200 | | | | | | |
| 690 | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 | 690 |
| 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 | 250 |
| 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| 65 | 65 | 75 | 85 | 75 | 75 | 85 | 100 ⁽¹⁾ | 100 | 100 |
| 42 | 65 | 65 | 65 | 75 | 75 | 75 | 75 | 85 | 85 |
| 187 | 143 | 165 | 187 | 165 | 165 | 187 | 220 | 220 | 220 |
| 143 | 143 | 165 | 187 | 165 | 165 | 187 | 220 | 220 | 220 |

⁽¹⁾ $I_{cw} = 85kA@690V$.

3 Koordynacja zabezpieczeń

3.1 Koordynacja zabezpieczeń

Zaprojektowanie układu zabezpieczeń sieci elektrycznej jest kluczowym elementem zapewniającym ekonomicznie i funkcjonalnie prawidłową pracę instalacji jako całości oraz gwarantującym zredukowanie do minimum problemów powodowanych przez anormalne warunki pracy i/lub uszkodzenia.

W niniejszej analizie przedstawiono problem koordynacji różnych urządzeń odpowiedzialnych za ochronę stref i określonych komponentów, w celu:

- zagwarantowania bezpieczeństwa osób i instalacji, przez cały czas ich pracy;
- identyfikacji i szybkiego wyłączenia tylko tej strefy, w której występuje problem, zamiast podejmowania nieograniczonych działań, powodujących ograniczenie ilości energii dostępnej w sieci;
- ograniczenie wpływu uszkodzenia na sprawną część sieci (spadki napięcia, utrata stabilności pracy maszyn wirujących);
- ograniczenie obciążeń elementów i uszkodzeń w strefie wystąpienia uszkodzenia;
- zapewnienie ciągłości działania i wysokiej jakości napięcia zasilania;
- zagwarantowanie odpowiedniego rozwiązania zapasowego w przypadku jakiegokolwiek niesprawności zabezpieczenia odpowiedzialnego za rozłączenie obwodu;
- dostarczenie personelowi i systemom zarządzania informacji niezbędnych do najszybszego przywrócenia działania, przy minimalnym zakłóceniu pracy reszty sieci;
- uzyskanie kompromisu pomiędzy niezawodnością, prostotą i efektywnością ekonomiczną.

Bardziej szczegółowo, odpowiedni system zabezpieczenia musi:

- być w stanie zrozumieć, co się stało i gdzie zdarzenie miało miejsce, rozróżniając akceptowalne anomalie, które można ewentualnie tolerować, od uszkodzeń o określonym zasięgu, wpływu na instalację, unikając niepotrzebnych wyłączeń i w konsekwencji, nieuzasadnionego odłączenia sprawnych fragmentów instalacji.
- być w stanie podjąć możliwie najszybciej działania, w celu ograniczenia zasięgu szkód (zniszczenia, przyspieszone starzenie, itd...), zapewniając ciągłość i stabilność zasilania.

Najlepsze rozwiązanie stanowi kompromis pomiędzy dwiema wyżej wymienionymi, przeciwstawnymi potrzebami – precyzyjnej identyfikacji niesprawności oraz szybkiego działania - i jest definiowane w zależności od tego, które z tych wymagań zostanie uznane za priorytetowe.

Koordynacja zabezpieczeń nadprądowych

Wpływ parametrów elektrycznych sieci (prądu znamionowego i prądu zwarciovego)

Przyjęta strategia koordynacji układów zabezpieczających zależy głównie od wartości prądu znamionowego (I_n) i prądu zwarciovego (I_k) w rozważanym punkcie sieci.

W sposób ogólny, rozróżniane są następujące rodzaje koordynacji:

- selektywność prądowa;
- selektywność czasowa (lub czasowo-prądowa);
- selektywność strefowa (lub logiczna)
- selektywność energetyczna;
- dobezpieczenie.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Definicja selektywność

Selektywność **nadprądowa** jest definiowana w normach jako *„koordynacja parametrów roboczych dwóch lub więcej układów zabezpieczeń nadprądowych, tak aby w przypadku wystąpienia przetężeń w określonych granicach, układ mający pracować w ramach tych granic zadziałał, podczas gdy nie zadziałają pozostałe”* (IEC 60947-1, definicja 2.5.23);

Można rozróżnić:

- selektywność **całkowitą**, która oznacza *„selektywność nadprądową taką, że w przypadku dwóch układów zabezpieczeń nadprądowych połączonych szeregowo, zabezpieczenie po stronie obciążenia zapewni ochronę bez wyzwolenia drugiego z układów zabezpieczających”* (IEC 60947-2, definicja 2.17.2);
- selektywność **częściową**, która oznacza *„selektywność nadprądową taką, że w przypadku dwóch układów zabezpieczeń nadprądowych połączonych szeregowo, zabezpieczenie po stronie obciążenia zapewni ochronę do danej granicy wartości przetężenia, bez wyzwolenia drugiego z układów zabezpieczających”* (IEC 60947-2, definicja 2.17.3); powyższa granica wartości przetężenia jest nazywana *„prądem selektywności granicznym I”* (IEC 60947-2, definicja 2.17.4).

Selektywność prądowa

Ten typ selektywności jest oparty na zaobserwowanej sytuacji, że im uszkodzenie występuje bliżej miejsca zasilania sieci, tym większa będzie wartość prądu zwarcia. Można więc wskazać strefę, w której doszło do uszkodzenia, po prostu kalibrując zabezpieczenie bezzwłoczne urządzenia znajdującego bliżej źródła zasilania instalacji dla wartości granicznej większej, niż prąd awaryjny, który spowoduje wyzwolenie urządzenia znajdującego się dalej od źródła. Normalnie można zapewnić całkowitą selektywność tylko w specyficznych warunkach, w których prąd awaryjny nie jest zbyt duży (i porównywalny z prądem znamionowym urządzenia) lub też wtedy, kiedy pomiędzy dwoma układami zabezpieczającymi zamontowano element o dużej impedancji (np. transformator, bardzo długi przewód lub przewód o małej średnicy...) prowadząc do bardzo dużej różnicy wartości prądów zwarciovych.

Taki typ koordynacji można uzyskać głównie w sieciach dystrybucji końcowej (charakteryzujących się małymi wartościami prądów znamionowych i prądów zwarciovych oraz dużymi impedancjami przewodów połączeniowych).

Do takiej analizy wykorzystuje się zazwyczaj wykresy czasowo-prądowe wyzwalania urządzenia.

Takie rozwiązanie jest:

- szybkie;
- łatwe do zaimplementowania;
- tanie.

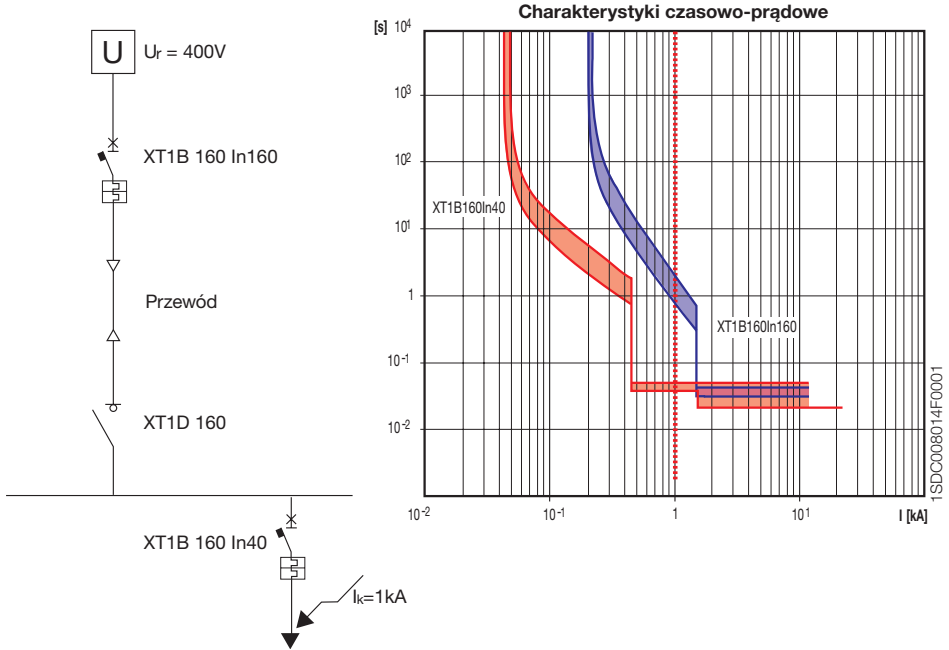
Z drugiej strony:

- granice selektywności są zazwyczaj wąskie;
- zwiększenie poziomów selektywności prowadzi do szybkiego zwiększenia rozmiarów urządzeń.

Poniższy przykład przedstawia typowe zastosowanie selektywności prądowej opartej na różnych wartościach progów wyzwolenia bezzwłocznego omawianych wyłączników.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Przy wartości prądu awaryjnego w określonym punkcie, równej 1000 A, odpowiednią koordynację uzyskuje się stosując właściwe wyłączniki, dobrane w oparciu o charakterystyki wyzwolenia układów zabezpieczających. Granica dyskryminacji jest określona przez minimalny próg magnetyczny wyłącznika XT1B160 In160, znajdującego się bliżej źródła zasilania.



Selektywność czasowa

Ten rodzaj selektywności stanowi modyfikację poprzedniego typu. Strategia ustawień jest oparta na stopniowym zwiększaniu wartości progowych prądów i czasów zwłoki wyzwolenia układów zabezpieczających, w miarę zbliżania się do źródła zasilania. Tak, jak w przypadku selektywności prądowej, analiza jest oparta na porównaniu charakterystyk czasowo-prądowych wyzwolenia układów zabezpieczających.

Powyższy typ koordynacji:

- jest łatwy do analizy i implementacji;
- jest relatywnie niedrogi;
- pozwala uzyskać nawet wysokie poziomy selektywności, w zależności od wartości prądów I_{cw} przed urządzeniem;
- pozwala uzyskać redundancję funkcji zabezpieczających i daje możliwość przesyłania prawidłowych informacji do systemu sterowania,

ale charakteryzuje się on również następującymi wadami:

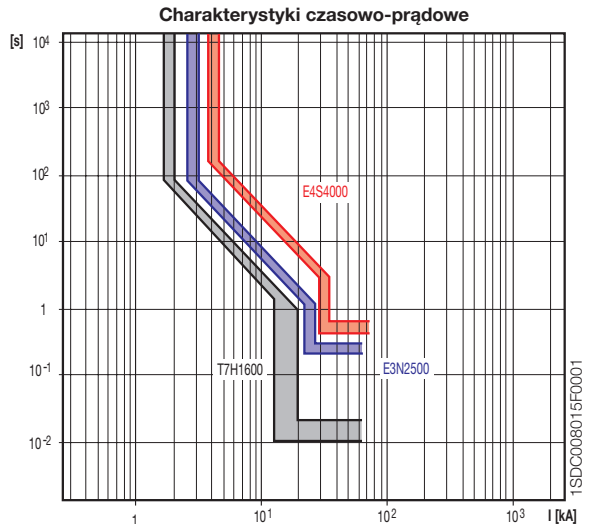
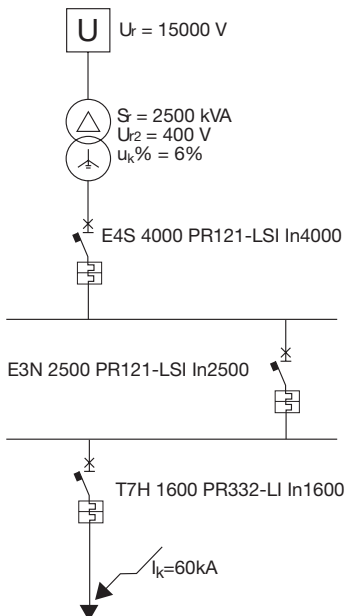
- czasy zwłoki i poziomy energii przepływającej przez układ zabezpieczający (szczególnie w przypadku układów znajdujących się bliżej źródła zasilania) są duże, z ewidentnymi problemami dotyczącymi bezpieczeństwa i uszkodzeń elementów, nawet w strefach, w których nie doszło do awarii;

3 Koordynacja zabezpieczeń

- umożliwia stosowanie wyłączników ograniczających natężenie prądu tylko na hierarchicznie niższym poziomie, w dalszej części łańcucha; inne wyłączniki muszą być w stanie wytrzymać obciążenia termiczne i elektrodynamiczne związane z przepływem prądu awaryjnego, przez założony czas zwłoki. Wyłączniki selektywne, często typu powietrznego, są wykorzystywane na różnych poziomach, w celu zagwarantowania wystarczająco dużej wartości prądu krótkotrwałego wytrzymywanego;
- czas trwania zaburzeń napięć zasilania wywołanych przez prąd zwarcia w strefach, w których nie doszło do awarii, może spowodować problemy z urządzeniami elektronicznymi i elektromechanicznymi (napięcia poniżej elektromagnetycznego progu wyzwolenia);
- liczba poziomów selektywności jest ograniczona przez maksymalny czas, jaki może wytrzymać sieć bez utraty stabilności.

W poniższym przykładzie przedstawiono typowe zastosowanie selektywności czasowej, uzyskanej dzięki ustawieniu różnych czasów zwłoki wyzwolenia różnych układów zabezpieczających.

| Wyzwalacz elektroniczny: | L (z długą zwłoką) | S (z krótką zwłoką) | I (IST) |
|---------------------------|--|--------------------------------------|-------------|
| E4S 4000 PR121-LSI In4000 | Nastawa: 0,93 Charakterystyka: 36 s | Nastawa: 10 Charakterystyka: 0,5s | Wył |
| E3N 2500 PR121-LSI In2500 | Nastawa: 1 Charakterystyka: 24 s | Nastawa: 10 Charakterystyka: 0,2s | Wył |
| T7H 1600 PR332-LI In1600 | Nastawa: 1 Charakterystyka: 18 s | | Nastawa: 10 |



3 Koordynacja zabezpieczeń

Selektywność strefowa (logiczna)

Selektywność strefowa jest dostępna wraz z wyłącznikami kompaktowymi (T4 L-T5 L-T6 L z wyzwalaczem PR223-EF) oraz z wyłącznikami powietrznymi (z wyzwalaczami PR332/P - PR333/P - PR122 - PR 123).

Taki rodzaj koordynacji jest wdrażany w oparciu o wymianę informacji pomiędzy układem pomiaru natężenia prądu, który jeśli stwierdzi przekroczenie wartości progowej, podaje prawidłową identyfikację i powoduje odłączenie tylko i wyłącznie strefy, w której doszło do awarii.

W praktyce, takie rozwiązanie może zostać zaimplementowane na dwa sposoby:

- wyzwalacze przesyłają do systemu nadzoru informacje na temat ustawionej wartości progowej natężenia prądu, która została przekroczona, a system podejmuje decyzję, który z układów zabezpieczających należy wyzwolić;
- jeśli natężenie prądu przekroczy ustawiony próg, każdy układ zabezpieczający przesyła do układu zabezpieczającego wyższego rzędu (to znaczy, znajdującego się wcześniej, z punktu widzenia kierunku przepływu mocy) sygnał blokujący, wykorzystując połączenie bezpośrednie lub magistralę i, zanim dojdzie do wyzwolenia, upewnia się, czy podobne sygnały blokujące nie zostały przesłane przez inne układy zabezpieczające, znajdujące się dalej od źródła zasilania; w ten sposób zostaje wyzwolony tylko układ zabezpieczający znajdujący się zaraz przed miejscem wystąpienia awarii.

Pierwszy tryb pracy wykorzystuje czasy zwłoki wynoszące około 1 s i jest wykorzystywany głównie w przypadku niezbyt dużych wartości prądów zwarciovych, dla których przepływ mocy jest jednoznacznie określony.

Drugi tryb pracy zapewnia znacząco krótsze czasy wyzwolenia: w przypadku koordynacji selektywności czasowej nie ma już potrzeby stopniowego zwiększania czasów zwłoki, w miarę przesuwania się bliżej źródła zasilania. Maksymalny czas zwłoki jest związany z czasem niezbędnym do wykrycia obecności jakiegokolwiek sygnału blokującego, przesłanego przez jakiś układ zabezpieczający, znajdujący się dalej od źródła zasilania.

Zalety:

- skrócenie czasów zwłoki i zwiększenie poziomu bezpieczeństwa;
- ograniczenie szkód spowodowanych przez awarię oraz ograniczenie zaburzeń pracy sieci zasilającej;
- ograniczenie obciążeń termicznych i dynamicznych wyłączników i elementów instalacji;
- większa liczba poziomów selektywności ;
- redundancja zabezpieczeń: w przypadku niesprawności selektywności strefowej wyzwolenie jest zapewnione przez nastawy innych funkcji zabezpieczających wyłączników. W szczególności, istnieje możliwość dostosowania czasu zwłoki funkcji zabezpieczających, dopasowując je do natężenia prądu zwarcia i wydłużając czas zwłoki tym bardziej, im bliżej źródła zasilania sieci się one znajdują.

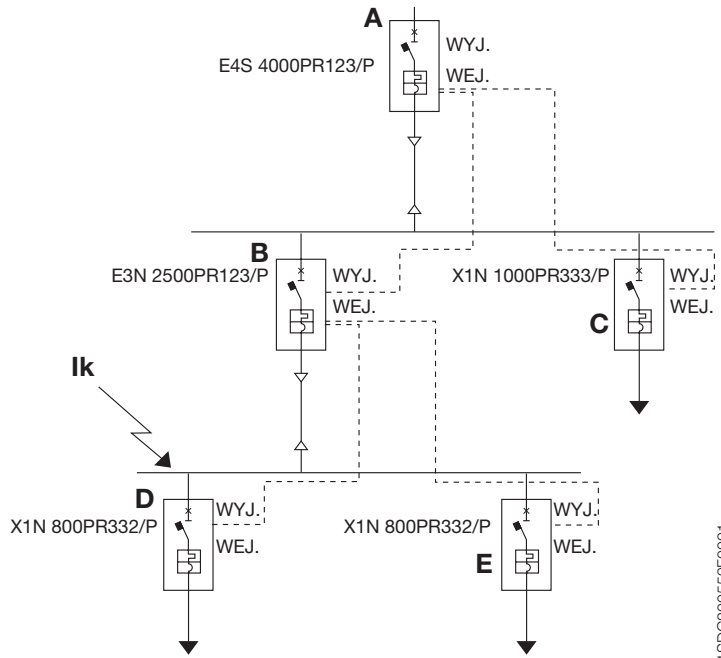
Wady:

- większe koszty;
- zwiększona złożoność instalacji (specjalne elementy, dodatkowe okablowanie, źródła zasilania pomocniczego, ...).

Takie rozwiązanie jest wykorzystywane głównie w instalacjach o dużych wartościach prądów znamionowych i dużych natężeniach prądów zwarciovych, charakteryzujących się precyzyjnymi wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa i ciągłości pracy: przykłady selektywności logicznej można znaleźć często w głównych rozdzielnicach dystrybucyjnych, znajdujących się zaraz za transformatorami i generatorami oraz w sieciach kratowych.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Selektywność strefowa z wyłącznikami typu Emax



1SDC200559F0001

W powyższym przykładzie przedstawiono instalację połączoną w taki sposób, aby zagwarantować selektywność strefową z wyłącznikami typu Emax, wyposażonymi w wyłączacze typu PR332/P-PR333/P-PR122/P-PR123/P. Każdy wyłącznik wykrywający awarię wysyła sygnał do wyłącznika znajdującego się zaraz przed nim, po stronie zasilania, wykorzystując do tego celu połączenie komunikacyjne; wyłącznik, który nie otrzyma żadnego komunikatu od wyłączników znajdujących się po stronie obciążenia, wygeneruje polecenie otwarcia.

W przedstawionym przykładzie, dla uszkodzenia występującego we wskazanym punkcie, wyłączniki D i E nie wykrywają niesprawności i wobec tego, nie komunikują się z wyłącznikiem znajdującym się po stronie zasilania (wyłącznik B), co powinno spowodować wygenerowanie polecenia otwarcia z ustawionym czasem zwłoki od 40 do 200 ms.

W celu uzyskania właściwej selektywności strefowej zalecane są następujące nastawy:

S $t_2 \geq$ czas selektywności + 70 ms

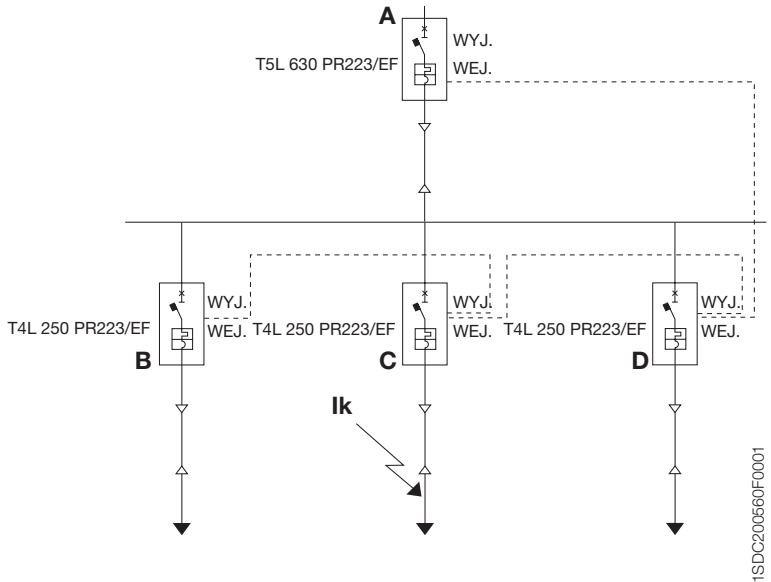
I $I_3 =$ WYŁ.

G $t_4 \geq$ czas selektywności + 70 ms

Czas selektywności taka sama nastawa dla każdego wyłącznika

3 Koordynacja zabezpieczeń

Selektywność strefowa z wyłącznikami typu Tmax (T4L-T5L-T6L), z wyzwalaczami typu PR223 EF



W powyższym przykładzie przedstawiono instalację połączoną wykorzystując protokół wzajemnej blokady (wzajemna blokada, IL), gwarantując selektywność strefową w oparciu o wyzwalacz PR223 EF.

W przypadku zwarcia, wyłącznik znajdujący się zaraz przed miejscem uszkodzenia, po stronie zasilania, przesyła poprzez magistralę sygnał blokowania do nadrzędnego układu zabezpieczającego i sprawdza, przed wyzwoleniem, czy podobne sygnały blokujące nie zostały przesłane przez inne układy zabezpieczające, znajdujące się po stronie obciążenia.

W przykładzie ze schematu, wyłącznik C, znajdujący się zaraz przed miejscem uszkodzenia, po stronie zasilania, wysyła sygnał blokujący do wyłącznika A, który jest wyłącznikiem nadrzędnym względem tego pierwszego. Jeśli, tak jak w przedstawionym przykładzie, nie ma żadnego zabezpieczenia po stronie obciążenia, wyłącznik C otworzy bardzo szybko obwód, ponieważ nie otrzymał sygnału blokującego.

Wszystko dzieje się bardzo szybko (10 do 15 ms), szybciej niż w przypadku selektywności strefowej z wyłącznikami powietrznymi typu Emax (40 do 200 ms), co oznacza mniejsze obciążenia elektrodynamiczne instalacji i, w rezultacie, obniżenie kosztów systemu.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Selektywność energetyczna

Koordynacja energetyczna stanowi szczególny przypadek selektywności, wykorzystujący charakterystykę ograniczenia prądowego wyłączników kompaktowych. Należy pamiętać o tym, że wyłącznik ograniczający jest to „*wyłącznik charakteryzujący się na tyle krótkim czasem wyłączenia, aby zapobiec osiągnięciu przez prąd zwarciovoy wartości szczytowej, którą mógłby osiągnąć w przeciwnym wypadku*” (IEC 60947-2, definicja 2.3).

W praktyce, wyłączniki kompaktowe firmy ABB SACE, typu SACE Tmax XT i Tmax T są bardzo szybkie w warunkach zwarcia (czasy wyzwolenia rzędu milisekund) i wobec tego, do analizy koordynacji nie można wykorzystywać w ich przypadku charakterystyk czasowo-prądowych.

Zjawiska są przede wszystkim dynamiczne (czyli proporcjonalne do kwadratu wartości chwilowej natężenia prądu) i można je opisywać za pomocą charakterystyk wartości energii przepływającej przez wyłącznik (całki Joule'a).

W sposób ogólny należy sprawdzić, czy wartość całki Joule'a wyłącznika znajdującego się po stronie obciążenia jest mniejsza, niż wartość energii potrzebnej do całkowitego otwarcia wyłącznika znajdującego się po stronie zasilania.

Taki typ dyskryminacji jest trudniejszy do analizy, niż opisywane poprzednio, ponieważ będzie on zależał głównie od wzajemnego oddziaływania na siebie dwóch połączonych szeregowo urządzeń i będzie wymagał dostępu do danych, które są często niedostępne dla użytkownika końcowego. Producenci udostępniają tabele, zasady i programy obliczeniowe, w których minimalne granice selektywności są podawane dla różnych kombinacji wyłączników.

Zalety:

- szybkie wyłączenie, z czasami zwłoki skracającymi się wraz ze wzrostem natężenia prądu zwarciovoygo;
- ograniczenie szkód spowodowanych przez awarie (obciążenia termiczne i dynamiczne) oraz ograniczenie zaburzeń instalacji zasilania, obniżenie kosztów...;
- poziom selektywności nie jest już ograniczony przez wartość prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymawanego I_{cw} , który może być zostać wytrzymały przez urządzenie;
- większa liczba poziomów selektywności;
- możliwość koordynacji różnych układów ograniczeń prądowych (bezpieczników, wyłączników, itp...), nawet jeśli znajdują się one w miejscach pośrednich, wzdłuż łańcucha instalacji.

Wady:

- trudność koordynacji wyłączników o zbliżonej wielkości.
- Taki rodzaj koordynacji jest wykorzystywany przede wszystkim w pośrednich i końcowych sieciach dystrybucyjnych, o prądach znamionowych poniżej 1600 A.

Dobezpieczenie

Dobezpieczenie jest to „koordynacja przetężeniowa dwóch zabezpieczeń nadprądowych połączonych szeregowo, gdzie zabezpieczenie po stronie zasilania – lecz niekoniecznie - realizuje funkcję zabezpieczenia nadprądowego, z lub bez pomocy drugiego zabezpieczenia i zapobiega nadmiernemu przeciążeniu tego ostatniego (IEC 60947-1, definicja 2.5.24).

Ponadto, norma IEC 60364-4-43, punkt 434.5.1 stwierdza: „... Dopuszczalna jest mniejsza wartość natężenia prądu wyłączalnego, jeśli dodatkowy układ zabezpieczający, charakteryzujący się odpowiednim natężeniem prądu wyłączalnego, został zamontowany po stronie zasilania. W takim przypadku należy skoordynować charakterystyki układów w taki sposób, aby energia przepływająca przez te dwa układy nie przekroczyła wartości wytrzymawanej bez szkody przez układ znajdujący się po stronie obciążenia i przez przewody, zabezpieczone przez te układy.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Zalety:

- rozwiązanie umożliwiające obniżenie kosztów;
- niezwykle szybkie wyzwalenie.

Wady:

- niezwykle niskie wartości selektywności;
- ograniczona jakość działania, ponieważ wyłączeniu muszą ulec dwa ostatnie, połączone szeregowo wyłączniki.

Koordynacja pomiędzy wyłącznikiem i rozłącznikiem izolacyjnym

Rozłącznik izolacyjny

Rozłączniki izolacyjne są konstruowane na podstawie odpowiadających im wyłączników, zachowując ich wymiary zewnętrzne, sposób mocowania i możliwość montażu wyposażenia dodatkowego, dostępnego dla wersji bazowej. Są to urządzenia zdolne do załączania, przewodzenia i rozłączania prądów w warunkach normalnej pracy układu.

Mogą być również wykorzystywane, jako wyłączniki główne w podrozdzielnicach, jako wyłączniki sprzęgłowe lub też do rozłączania fragmentów instalacji, takich jak: linie, szynoprzewody lub grupy obciążeń. Po rozwarciu zestyków, tego typu rozłączniki gwarantują separację dzięki swoim zestykom, które znajdują się w odległości uniemożliwiającej przeskok łuku elektrycznego, zgodnie z wymaganiami norm dotyczących zdolności do separacji.

Zabezpieczenie rozłączników izolacyjnych

Każdy rozłącznik izolacyjny musi zostać zabezpieczony przez skoordynowany układ, który chroni go przez przetężeniami. Jest to najczęściej wyłącznik zdolny do ograniczenia natężenia prądu zwarciovego oraz do ograniczenia wartości przepływającej energii do poziomów akceptowalnych przez rozłącznik izolacyjny. Jeśli chodzi o zabezpieczenie przed przeciążeniem, prąd znamionowy wyłącznika musi być mniejszy lub równy wielkości chronionego rozłącznika. W przypadku rozłączników izolacyjnych typu SACE Tmax XT oraz Tmax T, w tabelach podano typy wyłączników, które można wykorzystać do ich zabezpieczenia przed wartościami prądów zwarciovych spodziewanych. W przypadku rozłączników izolacyjnych typu Emax należy sprawdzić, czy natężenie prądu zwarciovego w miejscu montażu jest mniejsze, niż wartość prądu zwarciovego krótkotrwałego wytrzymawanego I_{cw} rozłącznika oraz, czy jego wartość szczytowa jest mniejsza, niż wartość prądu załączalnego (I_{cm}).

3 Koordynacja zabezpieczeń

3.2 Tabele selektywności

W tabelach poniżej podano wartości selektywności prądów zwarciovych (w kA) pomiędzy wybranymi kombinacjami wyłączników, dla wartości napięć od 230/240 do 415 V, zgodnie z załącznikiem A normy IEC 60947-2. Tabele obejmują możliwe kombinacje serii wyłączników powietrznych ABB SACE Emax, wyłączników kompaktowych SACE Tmax XT i Tmax T oraz wyłączników modułowych firmy ABB. Przedstawione wartości otrzymano stosując się do szczegółowych zasad, które, jeśli nie będą przestrzegane, mogą prowadzić do dużo mniejszej selektywności, niż podane. Niektóre z tych wytycznych są ogólnie obowiązujące i zostały podane poniżej; inne dotyczą tylko określonych typów wyłączników i będą uzupełniane o dodatkowe informacje podawane pod odpowiednią tabelą.

Ogólne zasady:

- funkcja I wyzwalaczy elektronicznych wyłączników znajdujących się po stronie zasilania musi zostać wyłączona (I3 = WYŁ);
- próg wyzwolenia magnetycznego wyłączników termomagnetycznych (TM) lub magnetycznych (MA-MF), znajdujących się po stronie zasilania, musi być $\geq 10I_n$ i należy ustawić maksymalną wartość progową;
- bardzo ważne jest sprawdzenie, czy ustawienia przyjęte przez użytkownika dla wyzwalaczy elektronicznych i termomagnetycznych wyłączników znajdujących się po stronie zasilania lub po stronie obciążenia będą prowadziły do odpowiednio odseparowanych charakterystyk czasowo-prądowych.

Uwagi dotyczące prawidłowego czytania tabel koordynacji:

Graniczne wartości selektywności uzyskuje się wybierając mniejszą z dwóch podanych wartości: wartości prądu wyłączalnego wyłącznika po stronie zasilania oraz wartości prądu wyłączalnego wyłącznika po stronie obciążenia. Litera T sygnalizuje pełną selektywność dla danej kombinacji; odpowiednią wartość w kA uzyskuje się wybierając mniejszą spośród dwóch wartości prądu wyłączalnego wyłączników (Icu), dla wyłącznika po stronie zasilania i po stronie obciążenia.

W poniższych tabelach podano wartości prądu wyłączalnego dla napięcia 415 V AC, dla wyłączników typu SACE Emax, SACE Tmax XT i Tmax T.

| Tmax XT @ 415V ac | |
|-------------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 18 |
| C | 25 |
| N | 36 |
| S | 50 |
| H | 70 |
| L | 120 |
| V | 150 |

| Tmax T @ 415V ac | |
|------------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 16 |
| C | 25 |
| N | 36 |
| S | 50 |
| H | 70 |
| L (dla T2) | 85 |
| L (dla T4-T5-T7) | 120 |
| L (dla T6) | 100 |
| V (dla T7) | 150 |
| V | 200 |

| Emax @ 415V ac | |
|----------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 42 |
| N | 65* |
| S | 75** |
| H | 100 |
| L | 130*** |
| V | 150**** |

* Dla wyłącznika Emax E1, wer. N, Icu=50 kA

** Dla wyłącznika Emax E2, wer. S, Icu= 85 kA

*** Dla wyłącznika Emax X1, wer. L, Icu= 150 kA

****Dla wyłącznika Emax E3, wer. V, Icu= 130 kA

Opis

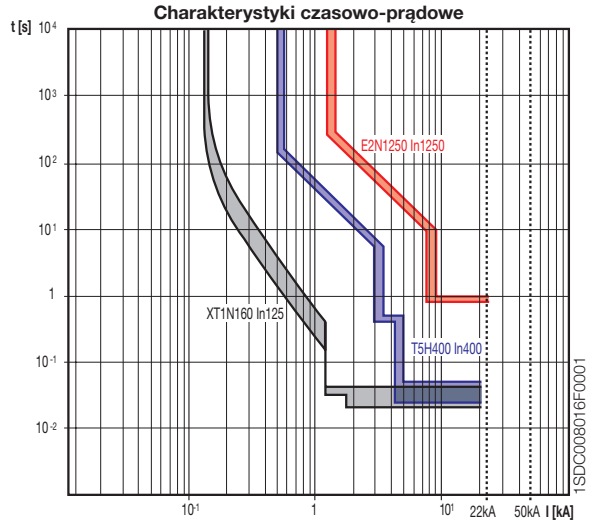
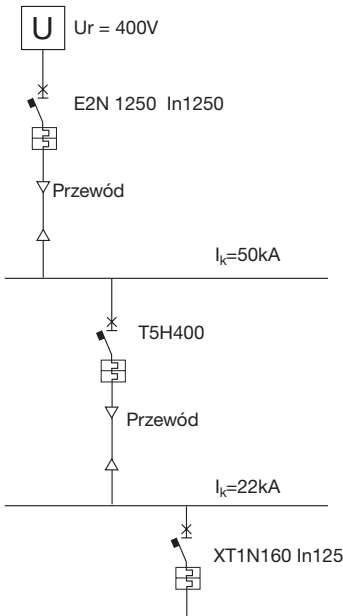
| | |
|---|---|
| <p>Dla wyłączników kompaktowych</p> <p>Dla wyłączników powietrznych</p> <p>TM = wyzwalacz termomagnetyczny</p> <ul style="list-style-type: none"> - TMD (Tmax) - TMA (Tmax) <p>M = wyzwalacz magnetyczny</p> <ul style="list-style-type: none"> - MF (Tmax) - MA (Tmax) <p>EL = wyzwalacz elektroniczny</p> | <p>Dla wyłączników miniaturowych</p> <p>B = charakterystyka wyzwolenia (I3=3...5In)</p> <p>C = charakterystyka wyzwolenia (I3=5...10In)</p> <p>D = charakterystyka wyzwolenia (I3=10...20In)</p> <p>K = charakterystyka wyzwolenia (I3=8...14In)</p> <p>Z = charakterystyka wyzwolenia (I3=2...3In)</p> |
|---|---|

3 Koordynacja zabezpieczeń

Przykład:

Na podstawie tabeli selektywności ze strony 154 można zobaczyć, że wyłączniki E2N1250 i T5H400, z prawidłowymi nastawami, są selektywne do natężenia prądu 55 kA (wartość większa, niż prąd zwarcia szynoprzewodu).

Na podstawie tabeli selektywności ze strony 149 można zobaczyć, że pomiędzy wyłącznikami T5H400 i XT1N160 In125 zagwarantowana jest pełna selektywność; jak podano to już na stronie 123, oznacza to selektywność do wartości prądu wyłączalnego wyłącznika XT1N, czyli do 36 kA (wartość większa, niż prąd zwarcia szynoprzewodu).



Na podstawie charakterystyk jest oczywiste, że istnieje selektywność czasowa pomiędzy wyłącznikami typu E2N1250 i T5H400, podczas gdy pomiędzy wyłącznikami typu T5H400 i XT1N160 istnieje selektywność energetyczna.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Spis treści tabeli selektywności

| | |
|--|-----|
| Wyłącznik miniaturowy-wyłącznik miniaturowy | 126 |
| Wyłącznik kompaktowy (415 V)- wyłącznik miniaturowy (240 V) | 128 |
| Wyłącznik miniaturowy-wyłącznik miniaturowy (415 V) | |
| Wyłącznik miniaturowy-S2..B | 130 |
| Wyłącznik miniaturowy-S2..C | 130 |
| Wyłącznik miniaturowy-S2..D | 132 |
| Wyłącznik miniaturowy-S2..K | 132 |
| Wyłącznik miniaturowy-S2..Z | 134 |
| Wyłącznik kompaktowy-wyłącznik miniaturowy (415 V) | |
| Wyłącznik kompaktowy-S800 | 136 |
| Wyłącznik kompaktowy-S2..B | 138 |
| Wyłącznik kompaktowy-S2..C | 140 |
| Wyłącznik kompaktowy-S2..D | 142 |
| Wyłącznik kompaktowy-S2..K | 144 |
| Wyłącznik kompaktowy-S2..Z | 146 |
| Wyłącznik kompaktowy-wyłącznik kompaktowy (415 V) | |
| Wyłącznik kompaktowy-XT1 | 148 |
| Wyłącznik kompaktowy-XT2 | 150 |
| Wyłącznik kompaktowy-XT3 | 152 |
| Wyłącznik kompaktowy-XT4 | 152 |
| Wyłącznik kompaktowy-T5 | 153 |
| Wyłącznik kompaktowy-T6 | 153 |
| Wyłącznik powietrzny-wyłącznik kompaktowy (415 V) | 154 |
| Wyłącznik kompaktowy-wyłącznik kompaktowy (400/415 V) | 155 |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik miniaturowy – SN, 230/240 V

| Strona obciążenia ¹ | Strona zasilania ² | | S290 | | | | S800 N-S | | | | | | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------|-----|-----|-----|----------|-----|-------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Charakterystyka | I _{cu} [kA] | C | | D | | B | | | | | | | | |
| | | | 15 | | | | 36-50 | | | | | | | | |
| | | | I _n [A] | 80 | 100 | 125 | 80 | 100 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| SN201L | B, C | 6 | 2 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | 0,43 ³ | 0,6 | 1,3 | 4 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ |
| | | | 4 | 5 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | | 0,45 | 0,8 | 1,5 | 2,5 | 4 | Ⓟ |
| | | | 6 | 4,5 | 5 | Ⓟ | 5,5 | Ⓟ | | | 0,6 | 1,2 | 1,6 | 2,6 | 3,8 |
| | | | 10 | 4 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | | | 0,5 | 1,1 | 1,4 | 2 | 3 |
| | | | 16 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4,5 | | | | 0,8 | 1,2 | 1,7 | 2,5 |
| | | | 20 | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4,5 | | | | | 1 | 1,5 | 2,1 |
| | | | 25 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 2 | 4 | | | | | | 1,3 | 1,8 |
| | | | 32 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,5 | | | | | | 1,1 | 1,7 |
| | | | 40 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,5 | | | | | | | 1,6 |
| SN201 | B, C, D | 10 | 2 | 6 | 8 | 9 | 7 | 8 | 0,43 ³ | 0,6 | 1,3 | 4 | 9 | Ⓟ | Ⓟ |
| | | | 4 | 5 | 6 | 7,5 | 6 | 7 | | 0,45 | 0,8 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7,3 |
| | | | 6 | 4,5 | 5 | 6 | 5,5 | 6 | | | 0,6 | 1,2 | 1,6 | 2,6 | 3,8 |
| | | | 10 | 4 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | | | 0,5 | 1,1 | 1,4 | 2 | 3 |
| | | | 16 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4,5 | | | | 0,8 | 1,2 | 1,7 | 2,5 |
| | | | 20 | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4,5 | | | | | 1 | 1,5 | 2,1 |
| | | | 25 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 2 | 4 | | | | | | 1,3 | 1,8 |
| | | | 32 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,5 | | | | | | 1,1 | 1,7 |
| | | | 40 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,5 | | | | | | | 1,6 |
| SN201M | B, C | 10 | 2 | 6 | 8 | 9 | 7 | 8 | 0,43 ³ | 0,6 | 1,3 | 4 | 9 | Ⓟ | Ⓟ |
| | | | 4 | 5 | 6 | 7,5 | 6 | 7 | | 0,45 | 0,8 | 1,5 | 2,5 | 4 | 7,3 |
| | | | 6 | 4,5 | 5 | 6 | 5,5 | 6 | | | 0,6 | 1,2 | 1,6 | 2,6 | 3,8 |
| | | | 10 | 4 | 4,5 | 5 | 5 | 5 | | | 0,5 | 1,1 | 1,4 | 2 | 3 |
| | | | 16 | 2,5 | 3,5 | 3,5 | 4 | 4,5 | | | | 0,8 | 1,2 | 1,7 | 2,5 |
| | | | 20 | 1,5 | 2,5 | 2,5 | 3 | 4,5 | | | | | 1 | 1,5 | 2,1 |
| | | | 25 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 2 | 4 | | | | | | 1,3 | 1,8 |
| | | | 32 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,5 | | | | | | 1,1 | 1,7 |
| | | | 40 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 3,5 | | | | | | | 1,6 |

¹ Wyłącznik od strony obciążenia 1P+N (230/240 V).

² Dla sieci 230/240 V AC ⇒ wyłącznik dwubiegunowy (faza + przewód neutralny).

Dla sieci 400/415 V AC ⇒ wyłącznik czterobiegunowy (obwód obciążenia włączony pomiędzy jedną fazę i przewód neutralny).

³ Tylko dla charakterystyki B.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| | | S800 N-S | | | | | | | S800 N-S | | | | | | | | |
|------------------|------|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|----------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | C | | | | | | | D | | | | | | | | |
| | | 36-50 | | | | | | | 36-50 | | | | | | | | |
| | | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| 0,4 ³ | 0,55 | 1,2 | 3 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | 1,3 | 4,1 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | 0,43 | 0,75 | 1,3 | 2,1 | 3,9 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | 0,8 | 1,6 | 3 | 5,4 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | 0,55 | 1,1 | 1,5 | 2,5 | 3,6 | 5,5 | Ⓟ | 0,6 | 1,3 | 2 | 3,2 | 3,9 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | 0,45 | 1 | 1,3 | 1,9 | 2,8 | 4,2 | Ⓟ | 0,5 | 1,2 | 1,65 | 2,6 | 3,1 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | | 0,75 | 1,1 | 1,6 | 2,3 | 3,6 | Ⓟ | | 0,9 | 1,4 | 1,8 | 2,6 | 5 | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | | | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 3,3 | Ⓟ | | | 1,3 | 1,6 | 2,2 | 4,2 | 5,4 | Ⓟ | |
| | | | | | 1,2 | 1,6 | 2,7 | Ⓟ | | | | 1,5 | 1,9 | 3,5 | 4,5 | Ⓟ | |
| | | | | | 1 | 1,5 | 2,5 | Ⓟ | | | | | 1,8 | 2,8 | 4,2 | 5,5 | |
| | | | | | | 1,4 | 2,1 | Ⓟ | | | | | 1,7 | 2,7 | 4 | 5 | |
| 0,4 ³ | 0,55 | 1,2 | 3 | 6,6 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | 1,3 | 4,1 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | 0,43 | 0,75 | 1,3 | 2,1 | 3,9 | 6,6 | Ⓟ | Ⓟ | 0,8 | 1,6 | 3 | 5,4 | 7,6 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | 0,55 | 1,1 | 1,5 | 2,5 | 3,6 | 5,5 | Ⓟ | 0,6 | 1,3 | 2 | 3,2 | 3,9 | 8 | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | 0,45 | 1 | 1,3 | 1,9 | 2,8 | 4,2 | Ⓟ | 0,5 | 1,2 | 1,65 | 2,6 | 3,1 | 6,2 | 8,6 | Ⓟ | |
| | | | 0,75 | 1,1 | 1,6 | 2,3 | 3,6 | Ⓟ | | 0,9 | 1,4 | 1,8 | 2,6 | 5 | 6,3 | 8,8 | |
| | | | | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 3,3 | Ⓟ | | | 1,3 | 1,6 | 2,2 | 4,2 | 5,4 | 7,6 | |
| | | | | | 1,2 | 1,6 | 2,7 | Ⓟ | | | | 1,5 | 1,9 | 3,5 | 4,5 | 6,6 | |
| | | | | | 1 | 1,5 | 2,5 | Ⓟ | | | | | 1,8 | 2,8 | 4,2 | 5,5 | |
| | | | | | | 1,4 | 2,1 | Ⓟ | | | | | 1,7 | 2,7 | 4 | 5 | |
| 0,4 ³ | 0,55 | 1,2 | 3 | 6,6 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | 1,3 | 4,1 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | 0,43 | 0,75 | 1,3 | 2,1 | 3,9 | 6,6 | Ⓟ | Ⓟ | 0,8 | 1,6 | 3 | 5,4 | 7,6 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | 0,55 | 1,1 | 1,5 | 2,5 | 3,6 | 5,5 | Ⓟ | 0,6 | 1,3 | 2 | 3,2 | 3,9 | 8 | Ⓟ | Ⓟ | |
| | | 0,45 | 1 | 1,3 | 1,9 | 2,8 | 4,2 | Ⓟ | 0,5 | 1,2 | 1,65 | 2,6 | 3,1 | 6,2 | 8,6 | Ⓟ | |
| | | | 0,75 | 1,1 | 1,6 | 2,3 | 3,6 | Ⓟ | | 0,9 | 1,4 | 1,8 | 2,6 | 5 | 6,3 | 8,8 | |
| | | | | 0,9 | 1,4 | 1,9 | 3,3 | Ⓟ | | | 1,3 | 1,6 | 2,2 | 4,2 | 5,4 | 7,6 | |
| | | | | | 1,2 | 1,6 | 2,7 | Ⓟ | | | | 1,5 | 1,9 | 3,5 | 4,5 | 6,6 | |
| | | | | | 1 | 1,5 | 2,5 | Ⓟ | | | | | 1,8 | 2,8 | 4,2 | 5,5 | |
| | | | | | | 1,4 | 2,1 | Ⓟ | | | | | 1,7 | 2,7 | 4 | 5 | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy, 415 V, czterobiegunowy – SN, 240 V

| Str. zasil. | Charakt. | I_{cu} [kA] | I_n [A] | Str. obciąż. | XT1 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|----------|---------------|-----------|--------------|---------------|----|----|----|-----|-----|-----|-----|------------------|-----|------------------|-----|----|----|----|----|---|----|---|--|
| | | | | Wersja | B, C, N, S, H | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Wyzwalacz | TM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 ² | 125 | 160 ² | 160 | 16 | 20 | 25 | 32 | | | | |
| SN201L | B, C | 6 | ≤4 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | 6 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | 10 | | | 3 | 3 | 3 | 4,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | 3' | 3 | 3 | | |
| | | | 16 | | | | | 3 | 4,5 | 5 | T | T | T | T | T | T | T | | | | | 3' | | |
| | | | 20 | | | | | | 3 | 5 | T | T | T | T | T | T | T | | | | | 3' | | |
| | | | 25 | | | | | | | 5 | T | T | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| | | | 32 | | | | | | | | | T | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| | | | 40 | | | | | | | | | | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| SN201 | B, C, D | 10 | ≤4 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | 10 | | | 3 | 3 | 3 | 4,5 | 7,5 | 8,5 | T | T | T | T | T | T | T | | 3' | 3 | 3 | | |
| | | | 16 | | | | | 3 | 4,5 | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | | | | | 3' | | |
| | | | 20 | | | | | | 3 | 5 | 6 | T | T | T | T | T | T | | | | | 3' | | |
| | | | 25 | | | | | | | 5 | 6 | T | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| | | | 32 | | | | | | | | 6 | 7,5 | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| | | | 40 | | | | | | | | | 7,5 | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| SN201M | B, C | 10 | ≤4 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 12 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | 10 | | | 3 | 3 | 3 | 4,5 | 7,5 | 8,5 | T | T | T | T | T | T | | 3' | 3 | 3 | | | |
| | | | 16 | | | | | 3 | 4,5 | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | | | | | 3' | | |
| | | | 20 | | | | | | 3 | 5 | 6 | T | T | T | T | T | T | | | | | 3' | | |
| | | | 25 | | | | | | | 5 | 6 | T | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| | | | 32 | | | | | | | | 6 | T | T | T | T | T | T | | | | | | | |
| | | | 40 | | | | | | | | | | T | T | T | T | T | | | | | | | |

Wyłącznik czterobiegunowy od strony zasilania (obwód obciążenia włączony pomiędzy jedną fazę i przewód neutralny).

Wyłącznik od strony obciążenia 1P+N (230/240).

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy także wersji ze zredukowanym biegunem neutralnym 50%.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT2 160 | | | | | | | | | | XT3 250 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|----------------|-----|----------------|-----|-----|------------------|-----|------------------|-----|---------|----|----|-----|-----|-----|----------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|------------------|-----|--|--|
| N, S, H, L, V | | | | | | | | | | N, S | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TM | | | | | | | | | | EL | | | | TM | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 ² | 125 | 160 ² | 160 | 10 | 25 | 63 | 100 | 160 | 63 | 80 | 100 | 125 ² | 125 | 160 ² | 160 | 200 ² | 200 | 250 ² | 250 | | |
| | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 3 | 4,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 3 | 4,5 | 5 | T | T | T | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 | 5 | T | T | T | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 ¹ | 5 | T | T | T | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 ¹ | | T | T | T | T | T | T | T | | | T | T | T | | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | T | T | | T | T | T | T | | | T | T | | T | T | | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 3 | 4,5 | 7,5 | 8,5 | T | T | T | T | T | T | | T | T | T | T | 7,5 | 8,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 3 | 4,5 | 5 | 7,5 | T | 7,5 | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | 7,5 | T | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 ¹ | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 ¹ | | 6 | 7,5 | 6 | T | T | T | T | | | T | T | T | | 6 | 7,5 | 6 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | 6 ¹ | 7,5 | | T | T | T | T | | | | T | T | | 6 ¹ | 7,5 | | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 3 | 4,5 | 7,5 | 8,5 | T | T | T | T | T | T | | T | T | T | T | 7,5 | 8,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 3 | 4,5 | 5 | 7,5 | T | 7,5 | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | 7,5 | T | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 ¹ | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | | | T | T | T | 5 | 6 | T | 6 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 3 ¹ | | 6 | 7,5 | 6 | T | T | T | T | | | T | T | T | | 6 | 7,5 | 6 | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | 6 ¹ | 7,5 | | T | T | T | T | | | | T | T | | 6 ¹ | 7,5 | | T | T | T | T | T | T | T | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik miniaturowy – S2.. B, 415 V

| | | | | Str. obciąż. | S290 | | S800N-S | | | | | |
|-----------------|-------------|-------|-----------|--------------|------|-------|---------|-----|-----|-----|-----|--|
| Charakterystyka | | | | D | | B | | | | | | |
| I_{cu} [kA] | | | | 15 | | 36-50 | | | | | | |
| 10 | 15 | 25 | I_n [A] | 80 | 100 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| - | - | - | ≤ 2 | | | | | | | | | |
| - | - | - | 3 | | | | | | | | | |
| - | - | - | 4 | | | | | | | | | |
| S200 | S200M | S200P | 6 | 10,5 | T | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2,6 | |
| S200 | S200M | S200P | 8 | 10,5 | T | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | |
| S200 | S200M | S200P | 10 | 5 | 8 | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | |
| S200 | S200M | S200P | 13 | 4,5 | 7 | | | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,3 | |
| S200 | S200M | S200P | 16 | 4,5 | 7 | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | |
| S200 | S200M | S200P | 20 | 3,5 | 5 | | | | | 0,9 | 1,3 | |
| S200 | S200M | S200P | 25 | 3,5 | 5 | | | | | 0,9 | 1,3 | |
| S200 | S200M-S200P | - | 32 | | 4,5 | | | | | 0,8 | 1,1 | |
| S200 | S200M-S200P | - | 40 | | | | | | | 0,8 | 1,1 | |
| S200 | S200M-S200P | - | 50 | | | | | | | | 1 | |
| S200 | S200M-S200P | - | 63 | | | | | | | | 0,9 | |

Wyłącznik miniaturowy – S2.. C, 415 V

| | | | | Str. obciąż. | S290 | | S800N-S | | | | | |
|-----------------|-------------|-------|-----------|--------------|------|-------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Charakterystyka | | | | D | | B | | | | | | |
| I_{cu} [kA] | | | | 15 | | 36-50 | | | | | | |
| 10 | 15 | 25 | I_n [A] | 80 | 100 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| S200 | S200M | S200P | ≤ 2 | T | T | 0,7 | 1,3 | T | T | T | T | T |
| S200 | S200M | S200P | 3 | T | T | | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 2,6 | 8,8 | T |
| S200 | S200M | S200P | 4 | T | T | | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3,1 | 7 |
| S200 | S200M | S200P | 6 | 10,5 | T | | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2,6 |
| S200 | S200M | S200P | 8 | 10,5 | T | | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 |
| S200 | S200M | S200P | 10 | 5 | 8 | | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 |
| S200 | S200M | S200P | 13 | 4,5 | 7 | | | | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,3 |
| S200 | S200M | S200P | 16 | 4,5 | 7 | | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 |
| S200 | S200M | S200P | 20 | 3,5 | 5 | | | | | | 0,9 | 1,3 |
| S200 | S200M | S200P | 25 | 3,5 | 5 | | | | | | 0,9 | 1,3 |
| S200 | S200M-S200P | - | 32 | | 4,5 | | | | | | 0,8 | 1,1 |
| S200 | S200M-S200P | - | 40 | | | | | | | | 0,8 | 1,1 |
| S200 | S200M-S200P | - | 50 | | | | | | | | | 1 |
| S200 | S200M-S200P | - | 63 | | | | | | | | | 0,9 |

3 Koordynacja zabezpieczeń

| S800N-S | | | | | | | S800N-S | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|------|-----|--|
| C | | | | | | | D | | | | | | | |
| 36-50 | | | | | | | 36-50 | | | | | | | |
| 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2,6 | 0,5 | 1 | 1,2 | 2 | 2,8 | 9,9 | 21,3 | Ⓟ | |
| | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,8 | 3,9 | 7,4 | |
| | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,8 | 3,9 | 7,4 | |
| | | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,5 | 3,3 | 5,6 | |
| | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,5 | 3,3 | 5,6 | |
| | | | | 0,9 | 1,3 | | | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 2,3 | 3 | 4,7 | |
| | | | | 0,9 | 1,3 | | | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 2,3 | 3 | 4,7 | |
| | | | | 0,8 | 1,1 | | | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,9 | 2,4 | 3,7 | |
| | | | | 0,8 | 1,1 | | | | 1,1 | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 3,7 | |
| | | | | | 1 | | | | | | 1,5 | 1,9 | 2,3 | |
| | | | | | 0,9 | | | | | | | 1,7 | 2,3 | |

| S800N-S | | | | | | | S800N-S | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| C | | | | | | | D | | | | | | | |
| 36-50 | | | | | | | 36-50 | | | | | | | |
| 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 |
| 0,7 | 1,3 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ |
| | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 2,6 | 8,8 | Ⓟ | 0,7 | 2,2 | 4,4 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ |
| | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3,1 | 7 | 0,7 | 1,3 | 2,2 | 4,4 | 7,7 | Ⓟ | Ⓟ | Ⓟ |
| | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2,6 | 0,5 | 1 | 1,2 | 2 | 2,8 | 9,9 | 22 | Ⓟ |
| | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,8 | 3,9 | 7,4 |
| | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,8 | 3,9 | 7,4 |
| | | | 0,5 | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,5 | 3,3 | 5,6 |
| | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,5 | 3,3 | 5,6 |
| | | | | | 0,9 | 1,3 | | | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 2,3 | 3 | 4,7 |
| | | | | | 0,9 | 1,3 | | | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 2,3 | 3 | 4,7 |
| | | | | | 0,8 | 1,1 | | | 0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,9 | 2,4 | 3,7 |
| | | | | | 0,8 | 1,1 | | | | | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 3,7 |
| | | | | | 1 | | | | | | | 1,5 | 1,9 | 2,3 |
| | | | | | 0,9 | | | | | | | | 1,7 | 2,3 |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik miniaturowy – S2.. D, 415 V

| Charakterystyka | | Str. obciąż. | | S290 | | S800N-S | | | | | | | | | |
|------------------|-------|---------------|-------|-------|-----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | I_{cu} [kA] | | D | | B | | | | | | | | | |
| | | | | 15 | | 36-50 | | | | | | | | | |
| Strona zasilania | D | 10 | 15 | 25 | I_n [A] | 80 | 100 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| | | S200 | - | S200P | ≤2 | ⊕ | ⊕ | 0,5 | 0,7 | 2,1 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| | | S200 | - | S200P | 3 | ⊕ | ⊕ | | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 2,5 | 8,6 | ⊕ | |
| | | S200 | - | S200P | 4 | ⊕ | ⊕ | | 0,4 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3 | 7,7 | |
| | | S200 | - | S200P | 6 | 10,5 | ⊕ | | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3,6 | |
| | | S200 | - | S200P | 8 | 10,5 | ⊕ | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 2 | |
| | | S200 | - | S200P | 10 | 5 | 8 | | | | | 0,9 | 1,3 | 2 | |
| | | S200 | - | S200P | 13 | 3 | 5 | | | | | | 1 | 1,5 | |
| | | S200 | - | S200P | 16 | 3 | 5 | | | | | | | 1,5 | |
| | | S200 | - | S200P | 20 | 3 | 5 | | | | | | | | |
| | | S200 | - | S200P | 25 | | 4 | | | | | | | | |
| | | S200 | S200P | - | 32 | | | | | | | | | | |
| | | S200 | S200P | - | 40 | | | | | | | | | | |
| | | S200 | S200P | - | 50 | | | | | | | | | | |
| S200 | S200P | - | 63 | | | | | | | | | | | | |

Wyłącznik miniaturowy – S2.. K, 415 V

| Charakterystyka | | Str. obciąż. | | S290 | | S800N-S | | | | | | | | | |
|------------------|-------|---------------|-------|-------|-----------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | I_{cu} [kA] | | D | | B | | | | | | | | | |
| | | | | 15 | | 36-50 | | | | | | | | | |
| Strona zasilania | K | 10 | 15 | 25 | I_n [A] | 80 | 100 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| | | S200 | - | S200P | ≤2 | ⊕ | ⊕ | 0,5 | 0,7 | 2,1 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| | | S200 | - | S200P | 3 | ⊕ | ⊕ | | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 2,5 | 8,6 | ⊕ | |
| | | S200 | - | S200P | 4 | ⊕ | ⊕ | | 0,4 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3 | 7,7 | |
| | | S200 | - | S200P | 6 | 10,5 | ⊕ | | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3,6 | |
| | | S200 | - | S200P | 8 | 10,5 | ⊕ | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 2 | |
| | | S200 | - | S200P | 10 | 5 | 8 | | | | | 0,9 | 1,3 | 2 | |
| | | - | - | S200P | 13 | 3 | 5 | | | | | | 1 | 1,5 | |
| | | S200 | - | S200P | 16 | 3 | 5 | | | | | | | 1,5 | |
| | | S200 | - | S200P | 20 | 3 | 5 | | | | | | | | |
| | | S200 | - | S200P | 25 | | 4 | | | | | | | | |
| | | S200 | S200P | - | 32 | | | | | | | | | | |
| | | S200 | S200P | - | 40 | | | | | | | | | | |
| | | S200 | S200P | - | 50 | | | | | | | | | | |
| S200 | S200P | - | 63 | | | | | | | | | | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

| S800N-S | | | | | | | | S800N-S | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|------|------|-----|--|
| C | | | | | | | | D | | | | | | | |
| 36-50 | | | | | | | | 36-50 | | | | | | | |
| 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| 0,5 | 0,7 | 2,1 | T | T | T | T | 2,3 | T | T | T | T | T | T | T | |
| | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 2,5 | 8,6 | T | 0,7 | 1,3 | 4,4 | T | T | T | T | T | |
| | 0,4 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3 | 7,7 | 0,7 | 1 | 2,2 | 4,4 | 7,7 | T | T | T | |
| | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3,6 | 0,6 | 0,8 | 1,5 | 2,5 | 3,6 | 12,1 | 24,2 | T | |
| | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 2 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | 2 | 4 | 5,5 | 9,9 | |
| | | | | 0,9 | 1,3 | 2 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | 2 | 4 | 5,5 | 9,9 | |
| | | | | | 1 | 1,5 | | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 2,6 | 3,4 | 5,2 | |
| | | | | | | 1,5 | | | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 2,6 | 3,4 | 5,2 | |
| | | | | | | | | | 0,9 | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 3,2 | | |
| | | | | | | | | | | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 3,2 | | |
| | | | | | | | | | | | 1,7 | 2 | 2,9 | | |
| | | | | | | | | | | | | 1,9 | 2,6 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 2,2 | | |

| S800N-S | | | | | | | | S800N-S | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|------|------|-----|--|
| C | | | | | | | | D | | | | | | | |
| 36-50 | | | | | | | | 36-50 | | | | | | | |
| 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| 0,5 | 0,7 | 2,1 | T | T | T | T | 2,3 | T | T | T | T | T | T | T | |
| | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 2,5 | 8,6 | T | 0,7 | 1,3 | 4,4 | T | T | T | T | T | |
| | 0,4 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3 | 7,7 | 0,7 | 1 | 2,2 | 4,4 | 7,7 | T | T | T | |
| | | 0,6 | 0,8 | 1,2 | 2 | 3,6 | 0,6 | 0,8 | 1,5 | 2,5 | 3,6 | 12,1 | 24,2 | T | |
| | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | 2 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | 2 | 4 | 5,5 | 9,9 | |
| | | | | 0,9 | 1,3 | 2 | 0,5 | 0,7 | 1,1 | 1,5 | 2 | 4 | 5,5 | 9,9 | |
| | | | | | 1 | 1,5 | | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 2,6 | 3,4 | 5,2 | |
| | | | | | | 1,5 | | | 0,9 | 1,2 | 1,5 | 2,6 | 3,4 | 5,2 | |
| | | | | | | | | | 0,9 | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 3,2 | | |
| | | | | | | | | | | 1,1 | 1,8 | 2,2 | 3,2 | | |
| | | | | | | | | | | | 1,7 | 2 | 2,9 | | |
| | | | | | | | | | | | | 1,9 | 2,6 | | |
| | | | | | | | | | | | | | 2,2 | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik miniaturowy – S2.. Z, 415 V

| | | Str. obciąż. | | | S290 | | S800N-S | | | | | | | | |
|----------------------|-------|--------------|-------|-------|--------------------|------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| Charakterystyka | | | | | D | | B | | | | | | | | |
| I _{cu} [kA] | | | | | 15 | | 36-50 | | | | | | | | |
| 10 | | 15 | | 25 | I _n [A] | 80 | 100 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| Strona zasilania | Z | S200 | - | S200P | ≤2 | ⊖ | ⊖ | 0,7 | 1,3 | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ | ⊖ |
| | | S200 | - | S200P | 3 | ⊖ | ⊖ | | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 2,6 | 8,8 | ⊖ | |
| | | S200 | - | S200P | 4 | ⊖ | ⊖ | | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3,1 | 7 | |
| | | S200 | - | S200P | 6 | 10,5 | ⊖ | | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2,6 | |
| | | S200 | - | S200P | 8 | 10,5 | ⊖ | | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | |
| | | S200 | - | S200P | 10 | 5 | 8 | | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | |
| | | - | - | S200P | 13 | 4,5 | 7 | | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | |
| | | S200 | - | S200P | 16 | 4,5 | 7 | | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | |
| | | S200 | - | S200P | 20 | 3,5 | 5 | | | | | | 0,9 | 1,3 | |
| | | S200 | - | S200P | 25 | 3,5 | 5 | | | | | | 0,9 | 1,3 | |
| | | S200 | S200P | - | 32 | 3 | 4,5 | | | | | | 0,8 | 1,1 | |
| | | S200 | S200P | - | 40 | 3 | 4,5 | | | | | | 0,8 | 1,1 | |
| | | S200 | S200P | - | 50 | | 3 | | | | | | | 1 | |
| S200 | S200P | - | 63 | | | | | | | | | | 0,9 | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

| S800N-S | | | | | | | | S800N-S | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| C | | | | | | | | D | | | | | | | |
| 36-50 | | | | | | | | 36-50 | | | | | | | |
| 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | |
| 0,7 | 1,3 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | 0,6 | 0,7 | 1,1 | 2,6 | 8,8 | T | 0,7 | 2,2 | 4,4 | T | T | T | T | T | |
| | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,7 | 3,1 | 7 | 0,7 | 1,3 | 2,2 | 4,4 | 7,7 | T | T | T | |
| | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2,6 | 0,5 | 1 | 1,2 | 2 | 2,8 | 9,9 | 22 | T | |
| | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,8 | 3,9 | 7,4 | |
| | | 0,4 | 0,6 | 0,7 | 1 | 1,4 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,8 | 3,9 | 7,4 | |
| | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,5 | 3,3 | 5,6 | |
| | | | | 0,7 | 0,9 | 1,3 | | 0,6 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 2,5 | 3,3 | 5,6 | |
| | | | | | 0,9 | 1,3 | | | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 2,3 | 3 | 4,7 | |
| | | | | | 0,9 | 1,3 | | | 0,8 | 1,1 | 1,3 | 2,3 | 3 | 4,7 | |
| | | | | | 0,8 | 1,1 | | | 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 3,7 | |
| | | | | | 0,8 | 1,1 | | | | 1,1 | 1,1 | 1,9 | 2,4 | 3,7 | |
| | | | | | | 1 | | | | | | 1,5 | 1,9 | 2,3 | |
| | | | | | | 0,9 | | | | | | | 1,7 | 2,3 | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – S800, 415 V

| S. zasil. | Char. | I _{cu} [kA] | S. obciąż. | | XT1 160 | | | | | | | | XT3 250 | | | | | | | | |
|-----------|------------------|----------------------|--------------------|---------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|----------------|---------|-----|-----------------|-----------------|----------------|-----|-----|--|--|
| | | | Wersja | B, C, N, S, H | | | | | | | | | | | N, S | | | | | | |
| | | | Wyzwalacz | TM | | | | | | | | | | | TM | | | | | | |
| | | | I _n [A] | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | | |
| S800N | B C D | 36 | 10 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 8 | 10 | 20 ¹ | 25 ¹ | ⊕ | 8 | 10 | 20 ¹ | 25 ¹ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 13 | | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 16 | | | 4,5 | 4,5 | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 20 | | | | 4,5 | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 25 | | | | | 6 | 10 | 15 | 20 ¹ | ⊕ | 6 | 10 | 15 | 20 ¹ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 32 | | | | | | 7,5 | 10 | 20 ¹ | ⊕ | | 7,5 | 10 | 20 ¹ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 40 | | | | | | | 10 | 20 ¹ | ⊕ | | | 10 | 20 ¹ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 50 | | | | | | | | 15 | ⊕ | | | | 15 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 63 | | | | | | | | | ⊕ | | | | | ⊕ | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 80 | | | | | | | | | ⊕ ² | | | | | | ⊕ | ⊕ | | |
| | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | ⊕ | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | ⊕ ² | | | | |
| S800S | B C D K | 50 | 10 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 8 | 10 | 20 ¹ | 25 ¹ | ⊕ | 8 | 10 | 20 ¹ | 25 ¹ | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 13 | | 4,5 | 4,5 | 4,5 | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 16 | | | 4,5 | 4,5 | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 20 | | | | 4,5 | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | ⊕ | 7,5 | 10 | 15 | 25 ¹ | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 25 | | | | | 6 | 10 | 15 | 20 ¹ | ⊕ | 6 | 10 | 15 | 20 ¹ | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 32 | | | | | | 7,5 | 10 | 20 ¹ | ⊕ | | 7,5 | 10 | 20 ¹ | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 40 | | | | | | | 10 | 20 ¹ | ⊕ | | | 10 | 20 ¹ | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 50 | | | | | | | | 15 | ⊕ | | | | 15 | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 63 | | | | | | | | | ⊕ | | | | | 36 | 36 | ⊕ | | |
| | | | 80 | | | | | | | | | ⊕ ² | | | | | | 36 | ⊕ | | |
| | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | ⊕ | | |
| 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | ⊕ ² | | | | |

¹ Wybrać najmniejszą wartość pomiędzy podaną i wartością prądu wyłączalnego wyłącznika od strony zasilania.

² Obowiązuje tylko dla wyłączników typu S800N/S o charakterystyce B lub C.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – S800, 415 V

| S. zasil. | Char. | I _{cu} [kA] | S. obciąż. | | | | | | | | | | | | | T4 - T5 | | |
|--------------------|-------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | | XT4 | | | | | | | | | | | | | T4 - T5 | | |
| | | | Wersja N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | T4 - T5 | | |
| Wyzwalacz | | | | | | | | | | | | | EL | | | EL | | |
| TM | | | | | | | | | | | | | EL | | | EL | | |
| I _n [A] | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200÷250 | 40÷63 | 100÷250 | 100÷630 | | | | |
| S800 N/S | B | 36-50 | 10 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 13 | 6,5 | 5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 16 | | 5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 20 | | | 6,5 ¹ | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 25 | | | | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 32 | | | | | 6,5 | 6,5 | 8 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 40 | | | | | 5 ¹ | | 6,5 | T | T | T | T | | T | T | |
| | | | 50 | | | | | | | 5 ¹ | 7,5 | T | T | T | | T | T | |
| | | | 63 | | | | | | | | 5 ¹ | 7 | T | T | | T | T | |
| | | | 80 | | | | | | | | | T ¹ | T | T | | T ² | T ² | |
| | | | 100 | | | | | | | | | | T ¹ | T | | T ² | T ² | |
| | | | 125 | | | | | | | | | | | T | | T ^{2,3} | T ^{2,3} | |
| | C | 36-50 | 10 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 13 | 6,5 | 5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 16 | 5 ¹ | 5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 20 | | | 6,5 ¹ | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 25 | | | | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 32 | | | | | 6,5 | 6,5 | 8 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 40 | | | | | | 6,5 | 5 ¹ | T | T | T | T | | T | T | |
| | | | 50 | | | | | | | 5 ¹ | 7,5 | T | T | T | | T | T | |
| | | | 63 | | | | | | | | 6,5 ¹ | 7 | T | T | | T | T | |
| | | | 80 | | | | | | | | | 6,5 ¹ | 6,5 | T | | T ² | T ² | |
| | | | 100 | | | | | | | | | | 5 ¹ | 6,5 | | T ² | T ² | |
| | | | 125 | | | | | | | | | | | | | T ^{2,3} | T ^{2,3} | |
| | D | 36-50 | 10 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 13 | 6,5 | 5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 16 | | | | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | |
| | | | 20 | | | | | | | 11 | T | T | T | T | | T | T | |
| | | | 25 | | | | | | | | 11 | T | T | T | T | | T | T |
| | | | 32 | | | | | | | | | T | T | T | T | | T | T |
| | | | 40 | | | | | | | | | T | T | T | T | | T | T |
| | | | 50 | | | | | | | | | | T | T | T | | T | T |
| | | | 63 | | | | | | | | | | | T | T | | T | T |
| | | | 80 | | | | | | | | | | | | | | T ² | T ² |
| | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | T ² | T ² |
| | | | 125 | | | | | | | | | | | | | | T ^{2,3} | T ^{2,3} |
| K | 36-50 | 10 | 6,5 ¹ | | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | | |
| | | 13 | 5 ¹ | | 5 ¹ | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | | |
| | | 16 | | | | 6,5 | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | | |
| | | 20 | | | | | 6,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | 6,5 | T | T | | |
| | | 25 | | | | | 6,5 ¹ | | 11 ¹ | T | T | T | T | | T | T | | |
| | | 32 | | | | | | | 8 ¹ | T ¹ | T | T | T | | T | T | | |
| | | 40 | | | | | | | 6,5 ¹ | T ¹ | T ¹ | T | T | | T | T | | |
| | | 50 | | | | | | | | 7,5 ¹ | T ¹ | T ¹ | T | | T | T | | |
| | | 63 | | | | | | | | | 7 ¹ | T ¹ | T ¹ | | T | T | | |
| | | 80 | | | | | | | | | | T ¹ | T ¹ | | T ² | T ² | | |
| | | 100 | | | | | | | | | | | 7 ¹ | | T ² | T ² | | |
| | | 125 | | | | | | | | | | | 6,5 ¹ | | T ^{2,3} | T ^{2,3} | | |

¹ Wartość obowiązuje tylko dla wyłącznika po stronie zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym (dla I_n = 50 A, proszę rozważyć wyłącznik typu MA52).

² Dla wyłącznika T4 I_n = 100 A, wartość obowiązuje tylko dla wyłącznika po stronie zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

³ Dla wyłącznika T4 I_n = 160 A, wartość obowiązuje tylko dla wyłącznika po stronie zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – S800, 415 V

| | | | | S. obciąż. | XT2 | XT1 - XT2 | | | | | | XT1 - XT2 - XT3 | | | | XT3 | | | | |
|------------------|----------------------|------|-------------|------------|---------------------|------------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|------|------------------|----------------|----------------|------|-----|-----|---|
| | | | | Wersja | B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | |
| Char. | I _{cu} [kA] | | | Wyzwalacz | TM | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 15 | 25 | | I _n [A] | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | |
| Strona zasilania | B | S200 | S200M | S200P | 6 | 5,5 ¹ | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | |
| | | S200 | S200M | S200P | 10 | | | 3 ¹ | 3 | 3 | 3 | 4,5 | 7,5 | 8,5 | 17 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | |
| | | S200 | S200M | S200P | 13 | | | 3 ¹ | | 3 | 3 | 4,5 | 7,5 | 7,5 | 12 | 20 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | S200 | S200M | S200P | 16 | | | | | 3 ¹ | 3 | 4,5 | 5 | 7,5 | 12 | 20 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | S200 | S200M | S200P | 20 | | | | | 3 ¹ | | 3 | 5 | 6 | 10 | 15 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | S200 | S200M | S200P | 25 | | | | | | | 3 ¹ | 5 | 6 | 10 | 15 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 32 | | | | | | | 3 ¹ | | 6 | 7,5 | 12 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 40 | | | | | | | | | 5,5 ¹ | 7,5 | 12 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 50 | | | | | | | | | 3 ¹ | 5 ² | 7,5 | 10,5 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 63 | | | | | | | | | | 5 ² | 6 ³ | 10,5 | Ⓣ | Ⓣ | Ⓣ |
| | | - | - | - | 80 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | - | - | - | 100 | | | | | | | | | | | | | | | |
| - | - | - | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2-XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

³ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁴ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT4 | | | | | | | | | | | | | | T5 | XT2 | | | | XT4 | | | T4 | T5 | | | | |
|---------------------|-----|-----|-----|----------------|------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|---------|----|-----|-----|-----|----|-----|----------|-----|-----|---------|--|--|--|--|
| B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TM | | | | | | | | | | | | | | EL | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | 320÷500 | 25 | 63 | 100 | 160 | 40 | 63 | 100, 160 | 250 | 320 | 320÷630 | | | | |
| 7,5 ⁴ | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 10,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| 5 ⁴ | 5 | 5 | 5 | 6,5 | 7,5 | 9 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | 5 | 5 | 5 | 6,5 | 7,5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | 3 | 5 | 5 | 6,5 | 7,5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | 5 | 5 | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | | 5 | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | | 5 ⁴ | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | | | | 6,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | | | | 5 ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | | | | | T ⁴ | T ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – S2.. C, 415 V

| Char. | I _{cu} [kA] | | | S. obciąż. | XT2 | XT1 - XT2 | | | | | | XT1 - XT2 - XT3 | | | | | | XT3 | | | | |
|------------------|----------------------|------|-------------|--------------------|---------------------|------------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|------|------------------|----------------|----------------|------|-----|------------------|----|----|----|
| | | | | Wersja | B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | Wyzwalacz | TM | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | I _n [A] | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | | | | |
| Strona zasilania | C | S200 | S200M | S200P | ≤2 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | S200 | S200M | S200P | 3 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 4 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 6 | 5,5 ¹ | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 8 | | | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 10 | | | 3 ¹ | 3 | 3 | 3 | 4,5 | 7,5 | 8,5 | 17 | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 13 | | | 3 ¹ | | 3 | 3 | 4,5 | 7,5 | 7,5 | 12 | 20 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 16 | | | | | 3 ¹ | 3 | 4,5 | 5 | 7,5 | 12 | 20 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 20 | | | | | 3 ¹ | | 3 | 5 | 6 | 10 | 15 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 25 | | | | | | | 3 ¹ | 5 | 6 | 10 | 15 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 32 | | | | | | | 3 ¹ | | 6 | 7,5 | 12 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 40 | | | | | | | | | 5,5 ¹ | 7,5 | 12 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 50 | | | | | | | | | 3 ¹ | 5 ² | 7,5 | 10,5 | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 63 | | | | | | | | | | 5 ² | 6 ³ | 10,5 | T | T | T | T | |
| | | - | S290 | - | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | 10 | 15 |
| - | S290 | - | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | 7,5 ³ | 15 | | |
| - | S290 | - | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | 7,5 ³ | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2-XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

³ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁴ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁵ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 I_n 160 od strony zasilania.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT4 | | | | | | | | | | | | | | T5 | XT2 | | | | | XT4 | | | | T4 | T5 | | |
|---------------------|-----|-----|-----|----------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----|-----|---------|----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----------------|-----|-----|---------|----|--|--|
| B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TM | | | | | | | | | | | | | | EL | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | 320÷500 | 10 | 25 | 63 | 100 | 160 | 40 | 63 | 100, 160 | 250 | 320 | 320÷630 | | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 10,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 10,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| 5 | 5 | 5 | 5 | 6,5 | 7,5 | 9 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | 5 | 5 | 5 | 6,5 | 7,5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | 3 | 5 | 5 | 6,5 | 5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | 5 | 5 | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | 5 | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | 5 ⁴ | 5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | 6,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | 5 ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | | T ⁴ | T ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | 5 | 11 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | 5 ⁴ | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | 8 ⁴ | 12 ⁴ | 12 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | T ⁵ | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | 12 ⁴ | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | T | T | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – S2.. D, 415 V

| | | | | S. obciąż. | XT2 | XT1 - XT2 | | | | | | XT1 - XT2 - XT3 | | | | | XT3 | | | | | |
|------------------|----------------------|------|-------------|------------|---------------------|------------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|------|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|-----|----|---|--|
| | | | | Wersja | B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Char. | I _{cu} [kA] | | | | Wyzwalacz | TM | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 10 | 15 | 25 | I _n [A] | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | | | |
| Strona zasilania | D | S200 | S200M | S200P | ≤2 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 3 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 4 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 6 | 5,5 ¹ | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 8 | | | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | 12 | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 10 | | | 3 ¹ | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 8,5 | 17 | T | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 13 | | | | | 2 ¹ | 2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13,5 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 16 | | | | | 2 ¹ | 2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 13,5 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 20 | | | | | 2 ¹ | | 2 | 3 | 4,5 | 6,5 | 11 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M | S200P | 25 | | | | | | | 2 ¹ | 2,5 | 4 | 6 | 9,5 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 32 | | | | | | | | | 4 | 6 | 9,5 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 40 | | | | | | | | | 3 ¹ | 5 ² | 8 | T | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 50 | | | | | | | | | 2 ¹ | 3 ² | 5 | 9,5 | T | T | T | T | |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 63 | | | | | | | | | | 3 ² | 5 ³ | 9,5 | T | T | T | T | |
| | | - | S290 | - | 80 | | | | | | | | | | | | | 4 ³ | 10 | 15 | | |
| - | S290 | - | 100 | | | | | | | | | | | | | 4 ³ | 7,5 ³ | 15 | | | | |
| - | - | - | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2-XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

³ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁴ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁵ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 I_n 160 od strony zasilania.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT4 | | | | | | | | | | | | | T5 | XT2 | | | | | XT4 | | T4 | T5 | | |
|---------------------|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|---------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|-----------------|-----|-----|---------|
| B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TM | | | | | | | | | | | | | EL | | | | | | | | | | | |
| 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | 320÷500 | 10 | 25 | 63 | 100 | 160 | 40 | 63 | 100, 160 | 250 | 320 | 320÷630 |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| 5 ⁴ | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 9 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | 5 ⁴ | | 5 | 4 | 5 | 5,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | 5 ⁴ | 4 | 5 | 5,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | 5 ⁴ | 4 ⁴ | 5 | 5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 4 ⁴ | 4 ⁴ | 4,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | | 5 ⁴ | 4,5 ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | | | 4,5 ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | | | | T ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | | | | | T ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | | | | | | T ⁴ | T ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | | | | | | | 5 | 11 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T ⁵ | T | T | |
| | | | | | | | | | | | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | T | T | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | 12 ⁵ | T | T | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | T | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – S2.. K, 415 V

| Char. | | I _{cu} [kA] | | | S. obciąż. | XT2 | XT1 - XT2 | | | | | | XT1 - XT2 - XT3 | | | | | XT3 | | |
|------------------|---|----------------------|-------------|-------|--------------------|---------------------|-----------|----------------|-----|----------------|----------------|-----|-----------------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|----|
| | | | | | Wersja | B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | Wyzwalacz | TM | | | | | | | | | | | | | | |
| Strona zasilania | K | 10 | 15 | 25 | I _n [A] | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | |
| | | S200 | S200M | S200P | ≤2 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 3 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 4 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 6 | 5,5 ¹ | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | T | T | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 8 | | | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | 12 | T | T | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 10 | | | 3 ¹ | 3 | 3 | 3 | 3 | 5 | 8,5 | 17 | T | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 13 | | | | | 2 ¹ | 3 | 3 | 5 | 7,5 | 10 | 13,5 | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 16 | | | | | 2 ¹ | 3 | 3 | 4,5 | 7,5 | 10 | 13,5 | T | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 20 | | | | | | 2 ¹ | | 3 | 3,5 | 5,5 | 6,5 | 11 | T | T | T |
| | | S200 | S200M | S200P | 25 | | | | | | | | 2 ¹ | 3,5 | 5,5 | 6 | 9,5 | T | T | T |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 32 | | | | | | | | | | 4,5 | 6 | 9,5 | T | T | T |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 40 | | | | | | | | | | 3 ¹ | 5 | 8 | T | T | T |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 50 | | | | | | | | | | 2 ¹ | 3 ² | 6 | 9,5 | T | T |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 63 | | | | | | | | | | | 3 ² | 5 ³ | 9,5 | T | T |
| | | - | S290 | - | 80 | | | | | | | | | | | | | 4 ³ | 10 | 15 |
| | | - | S290 | - | 100 | | | | | | | | | | | | | 4 ³ | 7,5 ³ | 15 |
| - | - | - | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2-XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

³ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁴ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁵ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 I_n 160 od strony zasilania.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT4 | | | | | | | | | | | | | | T5 | XT2 | | | | | XT4 | | | | T4 | T5 | | |
|---------------------|----------------|-----|----------------|----------------|------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----|--|--|
| B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TM | | | | | | | | | | | | | | EL | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | 320-500 | 10 | 25 | 63 | 100 | 160 | 40 | 63 | 100, 160 | 250 | 320 | 320-630 | | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| 7,5 ⁴ | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | 5 ⁴ | 5 | 5 | 5 | 7,5 | 9 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | 5 ⁴ | 5 | 5 | 5 | 7,5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | 5 ⁴ | | 5 ⁴ | 5 | 6 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | 5 | 6 | 6 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | 5 ⁴ | 5,5 ⁴ | 6 ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | 5 ⁴ | 5 ⁴ | 6 ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | 5 ⁴ | 5,5 ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | | | |
| | | | | | | 5 ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | T ⁴ | | | |
| | | | | | | | | | 5 | 11 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | 5 ⁴ | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | 12 ⁵ | T | T | T | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – S2.. Z, 415 V

| Char. | I _{cu} [kA] | | | S. obciąż. | XT2 | XT1 - XT2 | | | | | | XT1 - XT2 - XT3 | | | | XT3 | | | | | | | |
|------------------|----------------------|------|-------------|--------------------|---------------------|------------------|-----|----------------|-----|----------------|-----|-----------------|------|------------------|----------------|----------------|------|-----|---|---|---|---|---|
| | | | | Wersja | B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 15 25 | | | Wyzwalacz | TM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | I _n [A] | 12,5 | 16 | 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 250 | | | | | |
| Strona zasilania | Z | S200 | S200M | S200P | ≤2 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| | | S200 | S200M | S200P | 3 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M | S200P | 4 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M | S200P | 6 | 5,5 ¹ | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M | S200P | 8 | | | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 5,5 | 10,5 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M | S200P | 10 | | | 3 ¹ | 3 | 3 | 3 | 4,5 | 8 | 8,5 | 17 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M | S200P | 16 | | | | | 3 ¹ | 3 | 4,5 | 5 | 7,5 | 12 | 20 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M | S200P | 20 | | | | | 3 ¹ | | 3 | 5 | 6 | 10 | 15 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M | S200P | 25 | | | | | | | 3 ¹ | 5 | 6 | 10 | 15 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 32 | | | | | | | 3 ¹ | | 6 | 7,5 | 12 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 40 | | | | | | | | | 5,5 ¹ | 7,5 | 12 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 50 | | | | | | | | | 4 ¹ | 5 ² | 7,5 | 10,5 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | S200 | S200M-S200P | - | 63 | | | | | | | | | | 5 ² | 6 ³ | 10,5 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | - | - | - | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | - | - | - | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | - | - | - | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT2-XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

³ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT3 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

⁴ Wartość dotyczy tylko wyłącznika XT4 od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT4 | | | | | | | | | | | | | T5 | XT2 | | | | | XT4 | | | | T4 | T5 | |
|---------------------|------------------|-----|-----|-----|----------------|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|-----|----|----|-----|-----|-----|----|----------|-----|-----|---------|--|
| TM | | | | | | | | | | | | | EL | | | | | | | | | | | | |
| B, C, N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 25 | 32 | 40 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | 320÷500 | 10 | 25 | 63 | 100 | 160 | 40 | 63 | 100, 160 | 250 | 320 | 320÷630 | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | 7,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 5 | 7,5 | 5 | 5 | 6,5 | 6,5 | 9 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | 7,5 ⁴ | 4,5 | 5 | 6,5 | 6,5 | 8 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | 5 | 5 | 5 | 6,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | 5 | 5 | 6,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | 5 | 5 | 6,5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | | 5 ⁴ | 5 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | | | 3,5 ⁴ | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | | | | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – XT1, 415 V

| | | Str. obciąż. | | XT1 | | XT2 | | | | | XT3 | | | XT4 | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|-------------------|-----|---------------|-----|-------|----|-----|------|-----|-------|---------------|----|-----|-----|-----------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|----|----|
| Wersja | | B, C N, S H | | N, S, H, L, V | | | | | N, S | | | N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | |
| | | Wyzwalacz | | TM | | TM, M | | EL | | | TM, M | | | TM | | | | | | | | | |
| | | Wielkość | | 160 | | 160 | | | | | 250 | | | 160 | | | 250 | | | | | | |
| S. zasil. | | I_n [A] | | 160 | 160 | 25 | 63 | 100 | 160 | 160 | 200 | 250 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | | | |
| XT1 | B | TM | 160 | 16 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | | |
| | B, C | | | 20 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| | B, C, N | | | 25 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | | 32 | 3 | 3 | | | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | B, C, N S, H | | | 40 | 3 | 3 | | | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | | 50 | 3 | 3 | | | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | | | 10 ¹ | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | | 63 | 3 | 3 | | | | 3 | 3 | 4 | 5 | | | | 10 ¹ | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | | 80 | | | | | | 3 | | 4 | 5 | | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | | 100 | | | | | | | | | 5 | | | | | | 10 ¹ | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | | | | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | 10 ¹ | 10 ¹ | 10 | |
| | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyzwalaczy PR232/P, PR331/P i PR332/P.

³ Dostępne tylko dla natężenia prądu $I_n \leq 1250$ A.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT4 | | | T4 | T5 | | | | | | T6 | | | | | T7 | | | |
|---------------|-----|-----|---------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| N, S, H, L, V | | | N, S, H, L, V | N, S, H, L, V | | | | | | N, S, H, L | | | | | S, H, L, V ³ | | | |
| EL | | | | TM | | EL | | | | TM, M | | EL | | | EL | | | |
| 250 | | | 320 | 400 | | 630 | 400 | | 630 | 630 | 800 | 630 | 800 | 1000 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 |
| 100 | 160 | 250 | 320 | 320 | 400 | 500 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 | 630 | 800 | 1000 | 800 ² | 1000 ² | 1250 ² | 1600 ² |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | 10 | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | | 10 | 10 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – XT2, 415 V

| S. zasilania | Wersja | S. obciąż. | XT1 | XT2 | | | | | | XT3 | | | XT4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------------|------------|-----|-----------|----|------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-------|----|-----|-------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|----|-----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| | | | | Wyzwalacz | TM | TM,M | EL | | | | | | TM, M | | | TM, M | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 160 | | | | | | 250 | | | 160 | | | | | | 250 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 160 | | 25 | | 63 | | 100 | | 160 | | 160 | 200 | 250 | 50 | | 63 | | 80 | | 100 | | 125 | | 160 | | 200 | | 225 | |
| Wielkość | I _n [A] | | 160 | 160 | 25 | 63 | 100 | 160 | 160 | 200 | 250 | 50 | 63 | 80 | 100 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT2 | N S H L V | TM | 160 | 1,6-2,5 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | | | | | |
| | | | | 3,2 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | | |
| | | | | 4-5 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| | | | | 6,3 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 40 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | |
| | | | | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 40 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | |
| | | | | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 15 | 40 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | |
| | | | | 12,5 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | |
| | | | | 16 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | | | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | | |
| | | | | 20 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | | | | 55 ¹ | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | 55 | |
| | | | | 25 | 3 | 3 | | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | | | | 50 ¹ | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | | | | 32 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | 50 ¹ | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | | | | 40 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | 50 ¹ | 50 ¹ | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | | | | 50 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | 50 ¹ | 50 ¹ | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | | | | 63 | 3 | 3 | | | | | | | | | | | | 50 ¹ | 50 ¹ | 50 ¹ | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | | | | 80 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 125 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 160 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | EL | 160 | 10 | | | | | | | | | 3 | 4 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | | | | 25 | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 63 | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | | | | | 3 | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyzwalaczy PR232/P, PR331/P i PR332/P.

³ Dostępne tylko dla natężenia prądu I_n ≤ 1250 A.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| XT4 | | | | | T4 | T5 | | | | | | T6 | | | | | T7 | | | |
|---------------|----|-----|-----|-----|---------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|------|-----|------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| N, S, H, L, V | | | | | N, S, H, L, V | N, S, H, L, V | | | | | | N, S, H, L | | | | | S, H, L, V ³ | | | |
| EL | | | | | EL | TM | | | EL | | | TM, M | | EL | | | EL | | | |
| 160 | | | | 250 | 320 | 400 | 630 | 400 | 630 | 630 | 800 | 630 | 800 | 1000 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | | |
| 40 | 63 | 100 | 160 | 250 | 320 | 320 | 400 | 500 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 | 630 | 800 | 1000 | 800 ² | 1000 ² | 1250 ² | 1600 ² |
| 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | 70 | 70 | 70 | 70 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | 55 | 55 | 55 | 55 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | 50 | 50 | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | 50 | 50 | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | 50 | 50 | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | 50 | 50 | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | 50 | 50 | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | | | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | | | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | | | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | | | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – XT3, 415 V

| | | S. obciąż. | | XT3 | | | XT4 | | | | | XT4 | | | T4 | | | |
|-----------|--------------------|------------|-----|-----|----------------|----------------|-----|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|---|---------------|--|--|------------------|
| Wersja | | N, S | | | N, S, H, L, V | | | | | | | | | | N, S, H, L, V | | | N, S, H, L, V |
| Wyzwalacz | | TM, M | | | TM, M | | | | | | | | | | EL | | | EL |
| Wielkość | | 250 | | | 160 | | 250 | | | 160 | | | 250 | | 320 | | | |
| S. zasil. | I _n [A] | 160 | 200 | 250 | 125 | 160 | 200 | 225 | 250 | 100 | 160 | 250 | 320 | | | | | |
| XT3 | N S | TM | 250 | 63 | 3 | 4 | 5 | 7 ¹ | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | |
| | | | | 80 | 3 ¹ | 4 | 5 | | 7 ¹ | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | | | |
| | | | | 100 | | 4 ¹ | 5 | | 7 ¹ | 7 ¹ | 7 ¹ | 7 | 7 | 7 | 7 | | | |
| | | | | 125 | | | | | | 7 ¹ | 7 ¹ | | | 7 | 7 | | | |
| | | | | 160 | | | | | | | | | | 7 | 7 | | | |
| | | | | 200 | | | | | | | | | | | 7 | | | |
| | | | | 250 | | | | | | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko wyłącznika od strony zasilania, z wyzwalaczem magnetycznym.

² Wartość dotyczy tylko wyzwalaczy PR232/P, PR331/P i PR332/P.

³ Dostępne tylko dla natężenia prądu I_n ≤ 1250 A.

Wyłącznik kompaktowy – XT4, 415 V

| | | S. obciąż. | | T5 | | | | | | T6 | | | | | T7 | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------------|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|-----|------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---|-------------------|---|------|-------------------------|-------------------|---|---|---|---|---|
| Wersja | | N, S, H, L, V | | | | | | | | | | | | | | N, S, H, L | | | | | S, H, L, V ¹ | | | | | | |
| Wyzwalacz | | TM | | | EL | | | TM, M | | EL | | | EL | | | | | | | | | | | | | | |
| Wielkość | | 400 | | 630 | | 400 | | 630 | | 630 | | 800 | | 1000 | | 800 | | 1000 ² | | 1250 | | 1600 ² | | | | | |
| S. zasil. | I _n [A] | 320 | 400 | 500 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 | 630 | 800 | 1000 | 800 ² | 1000 ² | 1250 ² | 1600 ² | | | | | | | | | | | |
| XT4 | N S H L V | TM | 160 | 16 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | |
| | | | | 20 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| | | | | 25 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 32 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 40 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 63 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 80 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| | | | | 100 | | 50 | T | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 125 | | | T | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 160 | | | T | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 200 | | | T | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 225 | | | T | | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | 250 | | | T | | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | |
| | | | | T4 | | EL | 160 | 40 | 50 | 50 | T | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T |
| 63 | 50 | 50 | T | | | | | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | |
| 100 | 50 | 50 | T | | | | | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 160 | 50 | 50 | T | | | | | 50 | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 250 | 250 | | T | | | | | | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | |
| 320 | 320 | | | | 50 | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | T | | | | | | |

¹ Dostępne tylko dla natężenia prądu I_n ≤ 1250 A.

² Wartość dotyczy tylko wyzwalaczy PR232/P, PR331/P i PR332/P.

3 Koordynacja zabezpieczeń

| T5 | | | | | | T6 | | | | | T7 | | | |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| N, S, H, L, V | | | | | | N, S, H, L | | | | | S, H, L, V ³ | | | |
| TM | | EL | | | | TM, M | | EL | | | EL | | | |
| 400 | | 630 | | 400 | | 630 | | 630 | | | 800 | | 1000 | |
| 320 | 400 | 500 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 | 630 | 800 | 1000 | 800 ² | 1000 ² | 1250 ² | 1600 ² |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 40 | ⊕ | 40 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 36 | ⊕ | 36 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | 20 | 20 | 20 | 20 | 36 | ⊕ | 36 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | | 20 | 20 | 20 | 30 | ⊕ | 30 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | | 20 | 20 | 20 | 30 | 40 | 30 | 40 | 40 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |

Wyłącznik kompaktowy – T5, 415 V

| | | S. obciąż. | | T6 | | | | | T7 | | | | | |
|-----------|-----------------------|------------|--------------------|------------|-----|-----|-----|------|-------------------------|------|------|------|---|---|
| Wersja | | Wyzwalacz | | N, S, H, L | | | | | S, H, L, V ¹ | | | | | |
| | | Wielkość | | TM, M | | EL | | | EL | | | | | |
| S. zasil. | | | I _n [A] | 630 | 800 | 630 | 800 | 1000 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | | |
| T5 | N S H L V | TM | 400 | 320 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| | | | | 400 | | | | | 30 | 30 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | | | 630 | 500 | | | | | 30 | 30 | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | EL | 400 | 320 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| | | | | 400 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| | | | | 630 | 630 | | | | | 30 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |

¹ Dostępne tylko dla natężenia prądu I_u ≤ 1250 A.

² Wartość dotyczy tylko wyzwalaczy PR232/P, PR331/P i PR332/P.

Wyłącznik kompaktowy – T6, 415 V

| | | S. obciąż. | | T7 | | | | | |
|-----------|-----------------------|------------|--------------------|-------------------------|------|------|------|----|----|
| Wersja | | Wyzwalacz | | S, H, L, V ¹ | | | | | |
| | | Wielkość | | EL | | | | | |
| S. zasil. | | | I _n [A] | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | | |
| T6 | N S H L V | TM | 630 | 630 | | | 40 | 40 | |
| | | | | 800 | 800 | | | 40 | 40 |
| | | | | 630 | 630 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| | | EL | 800 | 800 | 40 | 40 | 40 | 40 | |
| | | | | 800 | | | | | |
| | | | | 1000 | 1000 | | | 40 | 40 |

¹ Dostępne tylko dla natężenia prądu I_u ≤ 1250 A, maksymalna wartość selektywności wynosi: 15 kA.

² Wartość dotyczy tylko wyzwalaczy PR232/P, PR331/P i PR332/P.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik powietrzny – wyłącznik kompaktowy, 415 V

| S. zasil. | | S. obciążenia | | X1 | | | E1 | | E2 | | | | E3 | | | | | E4 | | | E6 | | | | |
|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| | | Wersja | | B | N | L | B | N | B | N | S | L ¹ | N | S | H | V | L ¹ | S | H | V | H | V | | | |
| | | Wyzwalacz | | EL | | | EL | | EL | | | | EL | | | | | EL | | | | | | | |
| XT1 | B C N S | TM | 160 | Wielk. | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 1600 | 1000 | 800 | 1250 | 2500 | 1000 | 800 | 800 | 2000 | 4000 | 3200 | 3200 | 4000 | 3200 | | |
| | | | | | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 2000 | 1250 | 1000 | 1600 | 3200 | 1250 | 1000 | 1250 | 1600 | 1250 | 4000 | 4000 | 5000 | 4000 | 5000 | |
| | | | | | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 | | 1600 | 1250 | | | 1600 | 1250 | 2000 | 1600 | 1600 | | | 6300 | 6300 | 6300 | |
| | | | | | 1600 | 1600 | | 1600 | 1600 | | | 2000 | 1600 | | | 2000 | 2500 | 1600 | 2000 | 2500 | | | | | |
| | H L V | TM,EL | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| | N S H L V | TM | | 250 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| | | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| | | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| | | | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| N S H L V | TM,EL | 160 250 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| N S H L V | TM,EL | 320 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| N S H L V | TM,EL | 400 630 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| N S H L | TM,EL | 630 800 1000 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| S H L V ² | EL | 800 1000 1250 1600 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |
| | | | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 55 | 65 | 100 | 75 | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | | |

Tabela ważna dla wyłączników typu Emax tylko z wyzwalaczami typu PR121/P, PR122/P lub PR123/P.

¹ Wyłącznik Emax L tylko z wyzwalaczem PR122/P lub PR123/P.

² Dostępne tylko dla natężenia prądu $I_n \leq 1250$ A.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – Tmax XT1, XT2, 400/415 V

| | | | | S. obciąż. | T4 | | T5 | | | T6 | | |
|-----------|---------|-----------|--------------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|---------|-----|----|
| | | Wersja | | L | | | | | | | | |
| | | Wyzwalacz | | PR223EF ¹ | | | | | | PR223EF | | |
| | | Wielkość | | 250 | | 320 | 400 | | 630 | 800 | | |
| S. zasil. | | | I _n [A] | 160 | 250 | 320 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 | |
| XT1 | B, C, N | TM | 160 | 16-100 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | ⊕ | ⊕ |
| | | | | 125 | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | ⊕ | ⊕ |
| | | | | 160 | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | ⊕ | ⊕ |
| XT2 | N,S,H,L | TM, EL | 160 | 10-100 | 75 ² | 75 ² | 75 ² | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| | | | | 125 | | 75 ² | 75 ² | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |
| | | | | 160 | | 75 ² | 75 ² | 85 | 85 | 85 | 85 | 85 |

¹ Wyzwalacz z zasilaniem pomocniczym i uaktywnioną zwłoką wyzwolenia.

² Wybrać najmniejszą wartość pomiędzy podaną i wartością prądu wyłączalnego wyłącznika od strony zasilania.

Wyłącznik kompaktowy – Tmax T4, T5, T6, 400/415 V

| | | | | S. obciąż. | T4 | | T5 | | | T6 | |
|-----------|---|-----------|--------------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| | | Wersja | | L | | | | | | | |
| | | Wyzwalacz | | PR223EF | | | | | | | |
| | | Wielkość | | 250 | 320 | 400 | | 630 | 800 | | |
| S. zasil. | | | I _n [A] | 250 | 320 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 | |
| T4 | L | PR223EF | 250 | 160 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | | | 250 | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | | | 320 | | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| T5 | L | PR223EF | 400 | 320 | | | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ | |
| | | | | 400 | | | | ⊕ | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| | | | | 630 | 630 | | | | ⊕ | ⊕ | ⊕ |
| T6 | L | PR223EF | 630 | 630 | | | | | ⊕ | ⊕ | |
| | | | 800 | 800 | | | | | | ⊕ | |

Tabela obowiązuje dla wyzwalaczy z zasilaniem pomocniczym podłączonym za pomocą skrętki ekranowanej (1 para).

3 Koordynacja zabezpieczeń

3.3 Tabele dobezpieczeń

W tabelach podano wartości prądu zwarcowego (w kA), dla których weryfikowane jest dobezpieczenie dla wybranej kombinacji wyłączników, dla napięć z zakresu od 240 do 415 V. W tabelach przedstawiono wszystkie możliwe kombinacje wyłączników kompaktowych firmy ABB SACE Tmax XT/Tmax T oraz kombinacje tych wyłączników z wyłącznikami miniaturowymi firmy ABB.

Uwagi dotyczące prawidłowej interpretacji tabel koordynacji:

| Tmax XT @ 415V ac | |
|-------------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 18 |
| C | 25 |
| N | 36 |
| S | 50 |
| H | 70 |
| L | 120 |
| V | 150 |

| Tmax @ 415V ac | |
|----------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 16 |
| C | 25 |
| N | 36 |
| S | 50 |
| H | 70 |
| L (dla T2) | 85 |
| L (dla T4-T5) | 120 |
| L (dla T6) | 100 |
| V (dla T7) | 150 |
| V | 200 |

| Emax @ 415V ac | |
|----------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 42 |
| N | 65* |
| S | 75** |
| H | 100 |
| L | 130*** |
| V | 150**** |

* Dla wyłącznika Emax E1, wersja N, Icu=50 kA

** Dla wyłącznika Emax E2, wersja S, Icu= 85 kA

*** Dla wyłącznika Emax X1, wersja L, Icu= 150 kA

****Dla wyłącznika Emax E3, wersja V, Icu= 130 kA

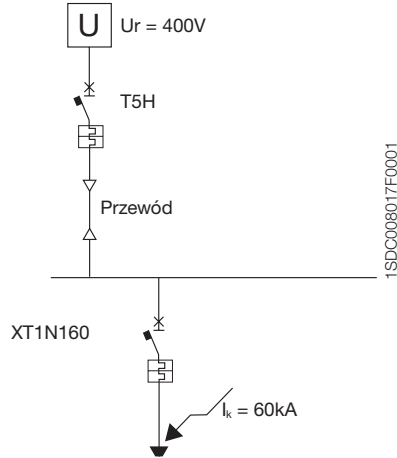
Opis

| | |
|---|---|
| <p>Dla wyłączników kompaktowych Dla wyłączników powietrznych TM = wyzwalacz termomagnetyczny – TMD (Tmax) – TMA (Tmax) M = tylko wyzwalacz magnetyczny – MF (Tmax) – MA (Tmax) EL = wyzwalacz elektroniczny</p> | <p>Dla wyłączników miniaturowych (MCB): B = charakterystyka wyzwolenia (I3=3...5In) C = charakterystyka wyzwolenia (I3=5...10In) D = charakterystyka wyzwolenia (I3=10...20In) K = charakterystyka wyzwolenia (I3=8...14In) Z = charakterystyka wyzwolenia (I3=2...3In)</p> |
|---|---|

3 Koordynacja zabezpieczeń

Przykład:

Na podstawie tabeli koordynacji ze strony 161 otrzymuje się następujące wnioski: wyłączniki typu T5H i XT1N są koordynowane jako dobezpieczenie do wartości natężenia prądu 65 kA (wartość większa, niż prąd zwarciaowy mierzony w miejscu zamontowania), choć maksymalny prąd wyłaczalny wyłącznika XT1N, dla napięcia 415 V, wynosi 36 kA.



Wyłącznik miniaturowy – wył. miniaturowy, 240 V (wył. dwubiegunowe)

| | | S. obciążenia | | S200 | S200M | S200P | | S280 | S290 | S800 |
|-----------|---------------|-----------------|-----------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|------|
| | | Charakterystyka | | B-C | B-C | B-C | | B-C | C | B-C |
| S. zasil. | | I_{cu} [kA] | I_n [A] | 20 | 25 | 40 | 25 | 20 | 25 | 100 |
| | | | 0,5..63 | 0,5..63 | 0,5..25 | 32..63 | 80, 100 | 80..125 | 10..125 | |
| SN201L | B,C | 6 | 2..40 | 20 | 25 | 40 | 25 | 15 | 15 | 100 |
| SN201 | B,C,D | 10 | 2..40 | 20 | 25 | 40 | 25 | 15 | 15 | 100 |
| SN201M | B,C | 10 | 2..40 | 20 | 25 | 40 | 25 | 15 | 15 | 100 |
| S200 | B,C,K,Z | 20 | 0,5..63 | | 25 | 40 | 25 | | | 100 |
| S200M | B,C | 25 | 0,5..63 | | | 40 | | | | 100 |
| S200P | B,C, D,K,Z | 40 | 0,5..25 | | | | | | | 100 |
| | | 25 | 32..63 | | | | | | | 100 |
| S280 | B,C | 20 | 80, 100 | | | | | | | |
| S290 | C,D | 25 | 80..125 | | | | | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy, 415 V – wyłącznik miniaturowy, 240 V

| S. zasil. | Charakt. | I _n [A] | Str. obciąż. ¹ | XT1 | | XT2 | XT3 | XT1 | XT2 | XT3 | XT1 | XT2 | | | |
|-----------|----------|--------------------|---------------------------|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| | | | Wersja | B | C | N | | S | | H | | L | V | | |
| | | | I _{cu} [kA] | 18 | 25 | 36 | | 50 | | 70 | | 120 | 200 | | |
| SN201L | B,C | 2..25 | 6 | 18 | 18 | 18 | 20 | 10 | 18 | 20 | 10 | 18 | 20 | 20 | 20 |
| | | 32..40 | | 10 | 18 | 10 | 18 | | 10 | 18 | | 10 | 18 | 18 | 18 |
| SN201 | B,C,D | 2..25 | 10 | 18 | 18 | 18 | 25 | 18 | 18 | 18 | 18 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| | | 32..40 | | | | | 18 | | 18 | | | 18 | 18 | 18 | 18 |
| SN201N | B,C | 2..25 | 10 | 18 | 16 | 18 | 25 | 18 | 18 | 18 | 18 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| | | 32..40 | | | | | 18 | | 18 | | | 18 | 18 | 18 | 18 |

¹ Wyłącznik czterobiegunowy od strony zasilania (obwód obciążenia włączony pomiędzy jedną fazę i przewód neutralny)

Wyłącznik miniaturowy – wyłącznik miniaturowy, 415 V

| S. zasil. | Charakterystyka | I _{cu} [kA] | I _n [A] | Str. obciąż. | S200 | S200M | S200P | | S280 | S290 | S800N | S800S |
|-----------|-----------------|----------------------|--------------------|--------------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | | B-C | B-C | B-C | | B-C | C | B-C-D | B-C-D-K |
| | | | | | 10 | 15 | 25 | 15 | 6 | 15 | 36 | 50 |
| S200 | B,C,K,Z | 10 | 0,5..63 | | 0,5..63 | 0,5..63 | 0,5..25 | 32..63 | 80, 100 | 80..125 | 25..125 | 25..125 |
| S200M | B,C | 15 | 0,5..63 | | | | 25 | 15 | | 15 | 36 | 50 |
| S200P | B,C, D,K,Z | 25 | 0,5..25 | | | | | | | | 36 | 50 |
| | | 15 | 32..63 | | | | | | | | 36 | 50 |
| S280 | B,C | 6 | 80, 100 | | | | | | | | | |
| S290 | C,D | 15 | 80..125 | | | | | | | | | |
| S800N | B,C,D | 36 | 25..125 | | | | | | | | | |
| S800S | B,C,D,K | 50 | 25..125 | | | | | | | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – wyłącznik miniaturowy, 415 V

| S. zasil. | Charakt. | I _n [A] | Str. obciąż. | | XT1 | | XT2 | XT3 | XT4 | XT1 | XT2 | XT3 | XT4 | XT1 | XT2 | XT4 | XT2 | XT4 | XT2 | XT4 | | | |
|-----------|---------------|--------------------|----------------------|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|
| | | | Wersja | B | C | N | | | S | | | H | | | L | | V | | | | | | |
| | | | I _{cu} [kA] | 18 | 25 | 36 | | | 50 | | | 70 | | | 120 | | 150 | | | | | | |
| S200 | B,C,K,Z | 0,5..10 | 10 | 18 | 25 | 30 | 36 | 36 | 36 | 30 | 36 | 40 | 40 | 30 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | | |
| | | 13..63 | | | | | | 16 | | | | 16 | | | | | | | | | | | |
| S200M | B,C, D,K,Z | 0,5..10 | 15 | 18 | 25 | 30 | 36 | 36 | 36 | 30 | 50 | 40 | 40 | 30 | 70 | 60 | 40 | 85 | 60 | 40 | 85 | 60 | 40 |
| | | 13..63 | | | | | | 25 | | | | 25 | | | | | | | | | | | |
| S200P | B,C, D,K,Z | 0,5..10 | 25 | | | 30 | 36 | 36 | 36 | 30 | 50 | 40 | 40 | 30 | 70 | 40 | 85 | 40 | 85 | 40 | 85 | 40 | |
| | | 13..25 | | | | 30 | 36 | 30 | 36 | 30 | 50 | 30 | 40 | 30 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | |
| | | 32..63 | 15 | 18 | 25 | 30 | 36 | 25 | 36 | 30 | 50 | 25 | 40 | 30 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | 60 | 40 | |
| S280 | B,C | 80, 100 | 6 | 18 | 16 | 16 | 36 | 16 | 30 | 16 | 36 | 16 | 30 | 16 | 36 | 30 | 36 | 30 | 36 | 30 | 36 | 30 | |
| S290 | C,D | 80..125 | 15 | 18 | 25 | 30 | 36 | 30 | 30 | 30 | 50 | 30 | 30 | 30 | 70 | 30 | 85 | 30 | 85 | 30 | 85 | 30 | |
| S800N | B,C,D | 10..125 | 36 | | | | | | | | | | | | 70 | 70 | 85 | 120 | 85 | 150 | | | |
| S800S | B,C,D,K | 10..125 | 50 | | | | | | | | | | | | 70 | 70 | 85 | 120 | 85 | 150 | | | |

3 Koordynacja zabezpieczeń

Wyłącznik kompaktowy – wyłącznik kompaktowy, 415 V

| | | S. obciąż. | XT1 | XT2 | XT3 | XT4 | T5 | T6 | XT1 | XT2 | XT3 | XT4 | T5 | T6 | T7 | | |
|-----------|----------|---------------|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|
| | | Wersja | C | N | | | | | | S | | | | | | | |
| S. zasil. | Charakt. | I_{cu} [kA] | 25 | 36 | | | | | | 50 | | | | | | | |
| XT1 | B | 16 | 25 | 36 | 36 | 36 | 36 | 30 | 30 | 36 | 50 | 50 | 50 | 36 | 36 | 36 | |
| XT1 | C | 25 | | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 40 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| XT1 | N | 36 | | | | | | | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| XT2 | | | | | | | | | | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| XT3 | | | | | | | | | | | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| XT4 | | | | | | | | | | | | | 50 | 50 | 50 | 40 | |
| T5 | | | | | | | | | | | | | | | 50 | 50 | 50 |
| T6 | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | 40 |
| XT1 | S | 50 | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT3 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT1 | H | 70 | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT2 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T6 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT2 | L | 85 | | | | | | | | | | | | | | | |
| XT4 | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | |
| T5 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

¹ 120 kA dla T7

3 Koordynacja zabezpieczeń

| | XT1 | XT2 | XT4 | T5 | T6 | T7 | XT2 | XT4 | T5 | T6 | T7 | XT2 | XT4 | T5 |
|--|-----|-----|-----|----|----|----|-----|-----|-----|------------------|-----|-----|-----|-----|
| | H | | | | | | L | | | | | V | | |
| | 70 | | | | | | 120 | | | 100 ¹ | | 150 | | 200 |
| | 40 | 70 | 50 | 40 | 40 | 40 | 70 | 65 | 50 | 50 | | 70 | 70 | 70 |
| | 50 | 70 | 65 | 65 | 65 | 50 | 70 | 70 | 70 | 70 | 50 | 70 | 70 | 70 |
| | 65 | 70 | 65 | 65 | 65 | 50 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| | | 70 | 65 | 65 | 65 | 65 | 100 | 100 | 100 | 85 | 85 | 120 | 120 | 120 |
| | | | 65 | 65 | 65 | 50 | | 100 | 100 | 100 | 50 | | 120 | 120 |
| | | | 65 | 65 | 65 | 50 | | 100 | 100 | 65 | 65 | | 120 | 120 |
| | | | | 65 | 65 | 50 | | | 100 | 85 | 65 | | | 120 |
| | | | | | 65 | 40 | | | | 70 | 50 | | | |
| | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| | | | 70 | 70 | 70 | 70 | 100 | 100 | 100 | 85 | 85 | 150 | 130 | 130 |
| | | | 70 | 70 | 70 | | | 100 | 100 | 100 | | | 150 | 150 |
| | | | 70 | 70 | 70 | 70 | | 100 | 100 | 85 | 85 | | 150 | 150 |
| | | | | 70 | 70 | 70 | | | 100 | 85 | 85 | | | 150 |
| | | | | | 70 | | | | | 85 | 85 | | | |
| | | | | | | | 120 | 120 | 120 | 85 | 85 | 150 | 150 | 150 |
| | | | | | | | | 120 | 120 | 100 | 100 | | 150 | 150 |
| | | | | | | | | | 120 | 100 | 100 | | 180 | 180 |
| | | | | | | | | | | 100 | 85 | | | |
| | | | | | | | | | | | | 150 | 150 | 150 |
| | | | | | | | | | | | | | 150 | 150 |
| | | | | | | | | | | | | | | 200 |

3 Koordynacja zabezpieczeń

3.4 Tabele koordynacji pomiędzy wyłącznikami i rozłącznikami izolacyjnymi

W tabelach podano wartości prądu zwarciovego (w kA), dla których dobezpieczenie jest sprawdzane, dla wybranej kombinacji wyłącznika i rozłącznika izolacyjnego, dla napięć z zakresu 380 – 415 V. Tabele obejmują możliwe kombinacje wyłączników kompaktowych z serii SACE Tmax XT i Tmax T, z podanymi powyżej rozłącznikami izolacyjnymi.

| S. obciąż. | Wersja | Icu | S. zasil. | XT1D | XT3D | XT4D | T4D | T5D | | T6D | |
|------------|----------------|-----|-----------------------------|------|------------------|------------------|-----|------------------|-----|------------------|------------------|
| | | | Icw [kA] | 2 | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 6 | | 15 | |
| | | | I _{th} lu | 160 | 250 | 250 | 320 | 400 | 630 | 630 | 800 |
| XT1 | B | 18 | | 160 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 | 18 |
| | C | 25 | 25 | | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 |
| | N | 36 | 36 | | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| | H | 70 | 70 | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| XT2 | N | 36 | 160 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | S | 50 | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | H | 70 | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | |
| | L | 120 | | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | |
| XT3 | N | 36 | 250 | | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | S | 50 | | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| XT4 | N | 36 | 160 250 | | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | S | 50 | | | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | H | 70 | | | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | |
| | L | 120 | | | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | |
| T4 | N | 36 | 320 | | 36 ¹ | 36 ¹ | 36 | 36 | 36 | 36 | 36 |
| | S | 50 | | | 50 ¹ | 50 ¹ | 50 | 50 | 50 | 50 | |
| | H | 70 | | | 70 ¹ | 70 ¹ | 70 | 70 | 70 | 70 | |
| | L | 120 | | | 120 ¹ | 120 ¹ | 120 | 120 | 120 | 120 | |
| | V | 200 | | | 200 ¹ | 200 ¹ | 200 | 200 | 200 | 200 | |
| T5 | N | 36 | 400 630 | | | | | 36 ¹ | 36 | 36 | 36 |
| | S | 50 | | | | | | 50 ¹ | 50 | 50 | |
| | H | 70 | | | | | | 70 ¹ | 70 | 70 | |
| | L | 120 | | | | | | 120 ¹ | 120 | 120 | |
| | V | 200 | | | | | | 200 ¹ | 200 | 200 | |
| T6 | N | 36 | 630 800 1000 | | | | | | | 36 ¹ | 36 ¹ |
| | S | 50 | | | | | | | | 50 ¹ | 50 ¹ |
| | H | 70 | | | | | | | | 70 ¹ | 70 ¹ |
| | L | 100 | | | | | | | | 100 ¹ | 100 ¹ |
| T7 | S | 50 | 800 1000 1250 1600 | | | | | | | | |
| | H | 70 | | | | | | | | | |
| | L | 120 | | | | | | | | | |
| | V ² | 150 | | | | | | | | | |

¹ Wartość dotyczy tylko I1 (wyłącznik kompaktowy) <= I_{th} (rozłącznik kompaktowy).

² Tylko dla T7 1000 i T7 1250.

3 Koordynacja zabezpieczeń

Uwagi dotyczące prawidłowego czytania tabel koordynacji:

| Tmax XT @ 415V ac | |
|-------------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 18 |
| C | 25 |
| N | 36 |
| S | 50 |
| H | 70 |
| L | 120 |
| V | 150 |

| Tmax @ 415V ac | |
|----------------|----------|
| Wersja | Icu [kA] |
| B | 16 |
| C | 25 |
| N | 36 |
| S | 50 |
| H | 70 |
| L (dla T2) | 85 |
| L (dla T4-T5) | 120 |
| L (dla T6) | 100 |
| V (dla T7) | 150 |
| V | 200 |

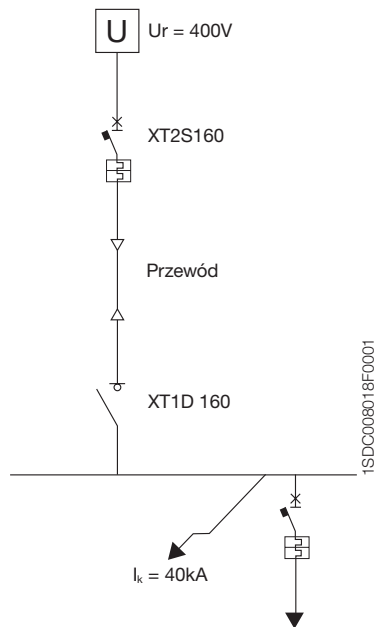
| | T7D | | |
|--|------------------|------------------|------------------|
| | 20 | | |
| | 1000 | 1250 | 1600 |
| | 18 | 18 | 18 |
| | 25 | 25 | 25 |
| | 36 | 36 | 36 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 70 | 70 | 70 |
| | 36 | 36 | 36 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 70 | 70 | 70 |
| | 120 | 120 | 120 |
| | 150 | 150 | 150 |
| | 36 | 36 | 36 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 36 | 36 | 36 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 70 | 70 | 70 |
| | 120 | 120 | 120 |
| | 150 | 150 | 150 |
| | 36 | 36 | 36 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 70 | 70 | 70 |
| | 120 | 120 | 120 |
| | 200 | 200 | 200 |
| | 36 | 36 | 36 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 70 | 70 | 70 |
| | 120 | 120 | 120 |
| | 200 | 200 | 200 |
| | 36 | 36 | 36 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 70 | 70 | 70 |
| | 100 | 100 | 100 |
| | 50 | 50 | 50 |
| | 70 | 70 | 70 |
| | 120 | 120 | 120 |
| | 150 ² | 150 ² | 150 ² |

1SDC008037F0201

3 Koordynacja zabezpieczeń

Przykład:

Na podstawie tabeli koordynacji zamieszczonej na stronach 162-163 widać, że wyłącznik XT2S160 jest w stanie zabezpieczyć rozłącznik izolacyjny XT1D160 dla wartości prądów zwarciovych do 50 kA (wartość większa, niż prąd zwarciovych w miejscu montażu). Zapewnione jest także zabezpieczenie przeciążeniowe, ponieważ prąd znamionowy wyłącznika jest mniejszy, niż wielkość rozłącznika.



3 Koordynacja zabezpieczeń

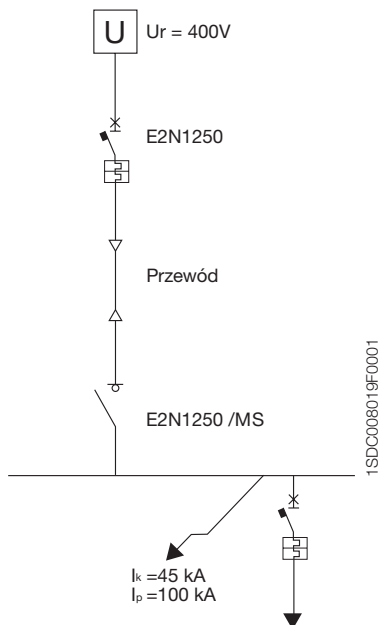
Przykład:

W celu prawidłowego doboru elementów, rozłącznik musi zostać zabezpieczony przed przeciążeniami przez układ o prądzie znamionowym większym, niż wielkość rozłącznika, a równocześnie spełnione muszą być warunki:

$$\begin{aligned} I_{cw} &\geq I_k \\ I_{cm} &\geq I_p \end{aligned}$$

Wobec powyższego, w oparciu o parametry elektryczne pojedynczego urządzenia zostaje wybrany rozłącznik izolacyjny Emax E2N1250/MS i wyłącznik E2N1250. Na przykładzie:

$$\begin{aligned} I_{cw}(E2N/MS) &= 55 \text{ kA} > 45 \text{ kA} \\ I_{cm}(E2N/MS) &= 143 \text{ kA} > 100 \text{ kA} \end{aligned}$$



4 Zastosowania specjalne

4.1 Sieci prądu stałego

Główne zastosowania rozwiązań stałoprądowych:

- Zasilanie awaryjne lub też zasilanie pomocnicze: użycie napięcia stałego wynika z potrzeby stosowania awaryjnego źródła energii, które umożliwia zasilanie kluczowych systemów takich jak na przykład układy zabezpieczające, oświetlenie awaryjne, systemy alarmowe, instalacje szpitalne i przemysłowe, centra przetwarzania danych, itp., wykorzystując, przykładowo, akumulatory.
- Trakcja elektryczna: zalety oferowane przez silniki prądu stałego w zakresie regulacji i pojedynczej linii zasilania prowadzą do ich szerokiego wykorzystania w kolejnictwie, pociągach metra, tramwajach, windach i ogólnie w komunikacji miejskiej.
- Szczególne przykłady instalacji przemysłowych: istnieją pewne procesy elektrolityczne i aplikacje, które charakteryzują się szczególnymi wymaganiami, dotyczącymi zastosowania maszyn elektrycznych. Typowe zastosowania wyłączników obejmują zabezpieczenie przewodów, urządzeń i pracy silników.

Rozważania dotyczące wyłączenia prądu stałego

W zakresie zjawisk związanych z wyłączaniem prądów o dużym natężeniu, prąd stały stanowi większy problem niż prąd przemienny, który to w sposób naturalny co pół okresu przechodzi przez zero, co prowadzi do spontanicznego wygaszenia łuku, powstającego w trakcie przerywania obwodu.

Nic podobnego nie ma miejsca w obwodach prądu stałego. Co więcej, w celu wygaszenia łuku konieczne jest obniżenie natężenia prądu do zera.

Czas wyłączenia prądu stałego, przy zachowaniu wszystkich pozostały warunków, jest proporcjonalny do stałej czasowej obwodu, wynoszącej $T = L/R$. Konieczne jest, aby wyłączenie następowało stopniowo, bez nagłego wyłączenia prądu, co mogłoby prowadzić do dużych przepięć. Można tego dokonać poprzez wydłużenie i obniżenie temperatury łuku, dzięki wprowadzeniu do obwodu zwiększonej rezystancji.

Zjawiska energetyczne mające miejsce w obwodzie będą zależały od poziomu napięcia w instalacji i będą prowadziły do montażu wyłączników, zgodnie ze schematami połączeń, w których bieguny wyłącznika są ustawione szeregowo, w celu zwiększenia ich sprawności w warunkach zwarcia. Wartość prądu wyłączalnego łącznika wzrasta wraz ze wzrostem liczby otwieranych zestyków i wobec tego, przyłożone napięcie łuku jest większe. Oznacza to także, że kiedy wzrasta napięcie zasilania instalacji, musi również wzrosnąć liczba łączników prądowych i tym samym, liczba połączonych szeregowo biegunów.

4 Zastosowania specjalne

Obliczenia natężenia prądu zwarciovego akumulatora

Prąd zwarciový na zaciskach akumulatora może zostać podany przez jego producenta lub też może zostać obliczony na podstawie poniższego wzoru:

$$I_k = \frac{U_{Max}}{R_i}$$

gdzie:

- U_{Max} jest maksymalnym napięciem przeskoku iskry (napięcie bez obciążenia);
- R_i jest wewnętrzną rezystancją elementów składowych akumulatora.

Wartość rezystancji wewnętrznej jest zazwyczaj podawana przez producenta, ale może zostać również obliczona na podstawie charakterystyki rozładowania, w oparciu o próbę opisaną w normie IEC 60896-1 lub IEC 60896-2.

Przykładowo, akumulator o napięciu 12,84 V i rezystancji wewnętrznej 0,005 Ω daje na swoich zaciskach prąd zwarciový o natężeniu 2568 A.

W warunkach zwarcia, natężenie prądu rośnie bardzo szybko w początkowej chwili, osiąga wartość szczytową, a następnie maleje wraz ze spadkiem napięcia rozładowania akumulatora. Naturalnie, ze względu na jego wewnętrzną rezystancję, takie duże natężenie prądu awaryjnego prowadzi do intensywnego nagrzewania się wnętrza akumulatora i może prowadzić do eksplozji. Jest więc bardzo ważne, aby zapobiegać i/lub minimalizować wartości prądów zwarciovych w zasilanych z akumulatorów instalacjach prądu stałego.

Kryteria doboru wyłączników

W celu prawidłowego wyboru wyłącznika, aby zabezpieczyć sieć prądu stałego, należy uwzględnić następujące czynniki:

1. prąd obciążenia, stosownie do którego dobierana jest wielkość wyłącznika oraz nastawy wyzwalaczy nadprądowych termomagnetycznych;
2. napięcie znamionowe instalacji, stosownie do którego określana jest liczba biegunów do połączenia szeregowego, w celu zwiększenia natężenia prądu wyłączalnego urządzenia;
3. spodziewane natężenie prądu zwarciovego w miejscu montażu wyłącznika; które wpływa na dobór wyłącznika;
4. rodzaj sieci, a bardziej szczegółowo – sposób uziemienia.

Uwaga: W przypadku użycia wyłączników czerobiegunowych, biegun neutralny musi być pełnowymiarowy.

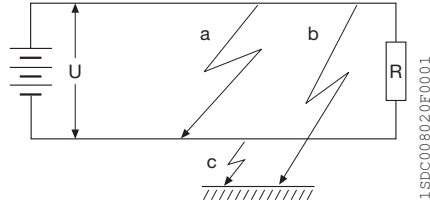
Rodzaje sieci prądu stałego

Sieci prądu stałego mogą być układane:

- Z nieuziemionymi przewodami biegunowymi;
- Z jednym przewodem biegunowym uziemionym;
- Z uziemionym punktem środkowym;

4 Zastosowania specjalne

Siec z nieziemionymi przewodami biegunowymi



- Uszkodzenie a: zwarcie pomiędzy dwoma przewodami biegunowymi, z pomijalną impedancją, prowadzi do powstania prądu zwarcia o natężeniu proporcjonalnym do całkowitej wartości napięcia na obydwu przewodach biegunowych; wyłącznik należy dobierać stosownie do wartości tego napięcia.
- Uszkodzenie b: zwarcie pomiędzy przewodem biegunowym i ziemią, z punktu widzenia pracy instalacji, nie prowadzi do żadnych konsekwencji.
- Uszkodzenie c: ponownie, takie zwarcie pomiędzy przewodem biegunowym i ziemią, z punktu widzenia pracy instalacji, nie prowadzi do żadnych konsekwencji.

W sieciach izolowanych należy zamontować układ zdolny do sygnalizacji zaistnienia pierwszego zwarcia doziemnego, w celu jego wyeliminowania. W najgorszej sytuacji, czyli w przypadku wystąpienia drugiego zwarcia doziemnego, wyłącznik może być zmuszony do przerywania prądu zwarciovego, przy pełnym napięciu przyłożonym do jednego z przewodów biegunowych i tym samym, natężenie prądu wyłączalnego wyłącznika może być niewystarczające. W sieciach z obydwoma przewodami biegunowymi nieziemionymi zaleca się podzielenie liczby biegunów wyłącznika niezbędnych do wyłączenia na każdy z przewodów biegunowych (dodatni i ujemny) w taki sposób, aby uzyskać separację układu.

Poniżej przedstawiono schematy instalacji do wykorzystania:

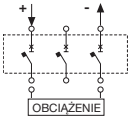
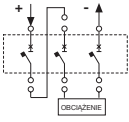
– Wyłączniki miniaturowe typu S800 UC – S280 UC

| SIEĆ IZOLOWANA | | |
|-----------------------------------|-----------------|-------|
| Napięcie znamionowe (Un) | ≤ 500 | ≤ 750 |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacja | | |
| S800S UC | In = 10...125 A | 50 |

| SIEĆ IZOLOWANA | | |
|-----------------------------------|----------------|-----|
| Napięcie znamionowe (Un) | ≤ 440 | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacja | | |
| S280 UC | In = 0,5...2 A | 50 |
| | In = 3...40 A | 6 |
| | In = 50...63 A | 4,5 |

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki kompaktowe typu Tmax XT

| SIEĆ IZOLOWANA* | | |
|-----------------------------------|---|---|
| Napięcie znamionowe (Un) | ≤ 250 | ≤ 500 |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji |  |  |
| XT1 | B | 18 |
| | C | 25 |
| | N | 36 |
| | S | 50 |
| | H | 70 |
| XT2 | N | 36 |
| | S | 50 |
| | H | 70 |
| | L | 120 |
| | V | 150 |
| XT3 | N | 36 |
| | S | 50 |
| XT4 | N | 36 |
| | S | 50 |
| | H | 70 |
| | L | 120 |
| | V | 150 |

* W przypadku takiego typu połączeń biegunów, ryzyko wystąpienia podwójnego zwarcia doziemnego jest uznawane za mało prawdopodobne.

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki kompaktowe typu TmaxT

| Napięcie znam. (Un) | | SIEĆ IZOLOWANA | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------------|-----|-------|----|-------|----|
| | | ≤ 250 | | ≤ 500 | | ≤ 750 | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji | | | | | | | |
| T1 160 | B | 16 | 20 | | 16 | | |
| | C | 25 | 30 | | 25 | | |
| | N | 36 | 40 | | 36 | | |
| T2 160 | N | 36 | 40 | | 36 | | |
| | S | 50 | 55 | | 50 | | |
| | H | 70 | 85 | | 70 | | |
| | L | 85 | 100 | | 85 | | |
| T3 250 | N | 36 | 40 | | 36 | | |
| | S | 50 | 55 | | 50 | | |
| T4 250/320 | N | 36 | | | 25 | | 16 |
| | S | 50 | | 36 | 25 | | |
| | H | 70 | | 50 | 36 | | |
| T5 400/630 | L | 100 | | 70 | 50 | | |
| | V | 150 | | 100 | 70 | | |
| | N | 36 | | 20 | 16 | | |
| T6 630/800 | S | 50 | | 35 | 20 | | |
| | H | 70 | | 50 | 36 | | |
| | L | 100 | | 65 | 50 | | |

Biegun dodatni (+) może zostać zamieniony z biegunem ujemnym (-).

*W przypadku takiego typu połączeń biegunów, ryzyko wystąpienia podwójnego zwarcia doziemnego jest uznawane za mało prawdopodobne.

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki powietrzne typu Emax

| SIEĆ IZOLOWANA | | | | | | |
|---------------------|------|-------|-------------------|--------|----|----|
| Napięcie znam. (Un) | | ≤ 500 | ≤ 750 | ≤ 1000 | | |
| | | | | | | |
| Izolacja | | ■ | ■ | ■ | | |
| Zabezpieczenie | | ■ | ■ | ■ | | |
| PR122/DC | | ■ | ■ | ■ | | |
| PR123/DC | | ■ | ■ | ■ | | |
| Icu ⁽²⁾ | | (kA) | (kA) | (kA) | | |
| E2 | B | 800 | 35 | 25 | 25 | |
| | | 1000 | | | | |
| | | 1250 | | | | |
| | | 1600 | | | | |
| | N | 1600 | 25 | 40 | 25 | |
| E3 | N | 800 | 60 | 40 | 50 | |
| | | 1000 | | | | |
| | | 1250 | | | | |
| | | 1600 | | | | |
| | | 2000 | | | | |
| | H | 1600 | 65 ⁽³⁾ | 40 | 50 | 40 |
| | | 2000 | | | | |
| 2500 | | | | | | |
| E4 | S | 1600 | 75 | 65 | 65 | |
| | | 2000 | | | | |
| | | 2500 | | | | |
| | | 3200 | | | | |
| H | 3200 | 100 | 65 | 65 | 65 | |
| E6 | H | 3200 | 100 | 65 | 65 | |
| | | 4000 | | | | |
| | | 5000 | | | | |

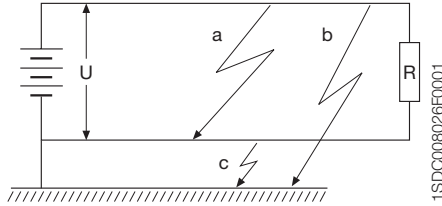
⁽¹⁾ Dla tego typu połączeń biegunów prawdopodobieństwo wystąpienia podwójnego zwarcia doziemnego jest uznawane za znikome.

⁽²⁾ Icu z L/R = 15 ms zgodnie z normą IEC 60946-2. Dla Icu z L/R = 5 ms i L/R = 30 ms, proszę skontaktować się z firmą ABB.

⁽³⁾ 85 kA tylko w przypadku zasilania z dolnych zacisków.

4 Zastosowania specjalne

Sieć z jednym przewodem biegunowym uziemionym



- Uszkodzenie a: zwarcie pomiędzy dwoma przewodami biegunowymi prowadzi do powstania prądu zwarcia o natężeniu proporcjonalnym do całkowitej wartości napięcia na obydwu przewodach biegunowych; wyłącznik należy dobrać stosownie do wartości tego napięcia.
- Uszkodzenie b: zwarcie pomiędzy przewodem biegunowym nieziemionym i ziemią prowadzi do powstania prądu, który wpłynie na zabezpieczenie nadprądowe, w zależności od rezystancji uziemienia.
- Uszkodzenie c: zwarcie pomiędzy przewodem biegunowym uziemionym i ziemią, z punktu widzenia pracy instalacji, nie prowadzi do żadnych konsekwencji.

W sieciach z jednym przewodem biegunowym uziemionym wszystkie bieguny wyłącznika, niezbędne do realizacji funkcji zabezpieczenia, muszą zostać podłączone szeregowo do nieziemionej polaryzacji. Jeśli wymagana jest izolacja, należy podłączyć inny biegun wyłącznika do potencjału ziemi.

Poniżej przedstawiono schematy do wykorzystania w instalacjach izolowanych:

– Wyłączniki miniaturowe typu S800 UC - S280 UC

| SIEĆ Z JEDNYM PRZEWODEM SKRAJNYM UZIEMIANYM | | | |
|---|----------------|-------|-------|
| Napięcie znamionowe (Un) | ≤ 250 | ≤ 500 | ≤ 750 |
| Funkcja zabezpieczenia | | | |
| S800S UC In = 10...125 A | 50 | 50 | 50 |
| SIEĆ Z JEDNYM PRZEWODEM SKRAJNYM UZIEMIANYM | | | |
| Napięcie znamionowe (Un) | ≤ 220 | | ≤ 440 |
| Funkcja zabezpieczenia | | | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji | | | |
| S280 UC | In = 0,5...2 A | 50 | 50 |
| | In = 3...40 A | 6 | 10 |
| | In = 50...63 A | 4,5 | 6 |
| | | 4,5 | 4,5 |

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki kompaktowe typu Tmax XT

| SIEĆ Z JEDNYM PRZEWODEM SKRAJNYM UZIEMIONYM | | | |
|---|-------|-------|-----|
| Napięcie znamionowe (Un) | ≤ 250 | ≤ 500 | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji | | | |
| Funkcja zabezpieczenia | | | |
| XT1 | B | 18 | 18 |
| | C | 25 | 25 |
| | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| | H | 70 | 70 |
| XT2 | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| | H | 70 | 70 |
| | L | 120 | 120 |
| | V | 150 | 150 |
| XT3 | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| XT4 | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| | H | 70 | 70 |
| | L | 120 | 120 |
| | V | 150 | 150 |

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki kompaktowe typu TmaxT

| | | SIEĆ Z JEDNYM PRZEWODEM SKRAJNYM UZIEMIONYM | | | | | |
|-----------------------------------|----|---|-----|-------|----|-------|--|
| Napięcie znamionowe (Un) | | ≤ 250 | | ≤ 500 | | ≤ 750 | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji | | | | | | | |
| Funkcja zabezpieczenia | | | | | | | |
| T1 160 | B | 16 | 20 | | 16 | | |
| | C | 25 | 30 | | 25 | | |
| N | 36 | 40 | 36 | | | | |
| T2 160 | N | 36 | 40 | | 36 | | |
| | S | 50 | 55 | | 50 | | |
| | H | 70 | 85 | | 70 | | |
| | L | 85 | 100 | | 85 | | |
| T3 250 | N | 36 | 40 | | 36 | | |
| | S | 50 | 55 | | 50 | | |
| T4 250/320 | N | 36 | | | 25 | | |
| | S | 50 | | 36 | 25 | | |
| | H | 70 | | 50 | 36 | | |
| T5 400/630 | L | 100 | | 70 | 50 | | |
| | V | 150 | | 100 | 70 | | |
| | N | 36 | | 20 | 16 | | |
| T6 630/800 | S | 50 | | 35 | 20 | | |
| | H | 70 | | 50 | 36 | | |
| | L | 100 | | 65 | 50 | | |

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki powietrzne typu Emax

| SIEĆ Z UZIEMIANYM PRZEWODEM UJEMNYM(1) | | | | | | |
|--|------|-----------|------|-------|-------|-----|
| Napięcie znamionowe (Un) | | ≤ 500 (2) | | | | |
| | | | | | | |
| Izolacja | | ■ | | ■ | | |
| Zabezpieczenie | | ■ | | ■ | | |
| PR122/DC | | ■ | | ■ | | |
| PR123/DC | | ■ | | ■ | | |
| Rodzaj uszkodzenia | | a | b | a | b | |
| Połączone szeregowo bieguny, na które wpływa uszkodzenie | | 3 | 2 | 4 | 3 | |
| Icu (3) | | (kA) | (kA) | (kA) | (kA) | |
| E2 | B | 800 | 35 | 20 | 35 | 35 |
| | | 1000 | | | | |
| | | 1250 | | | | |
| | | 1600 | | | | |
| | N | 1600 | 50 | 25 | 50 | 50 |
| E3 | N | 800 | 60 | 30 | 60 | 60 |
| | | 1000 | | | | |
| | | 1250 | | | | |
| | | 1600 | | | | |
| | | 2000 | | | | |
| | 2500 | | | | | |
| H | 1600 | 65(4) | 40 | 65(4) | 65(4) | |
| | 2000 | | | | | |
| | 2500 | | | | | |
| E4 | S | 1600 | 75 | 50 | 100 | 100 |
| | | 2000 | | | | |
| | | 2500 | | | | |
| | | 3200 | | | | |
| | H | 3200 | 100 | 65 | 100 | 100 |
| E6 | H | 3200 | 100 | 65 | 100 | 100 |
| | | 4000 | | | | |
| | | 5000 | | | | |

(1) Dla sieci z uziemionym biegunem dodatnim należy skontaktować się z firmą ABB.

(2) W przypadku większych napięć należy skontaktować się z firmą ABB.

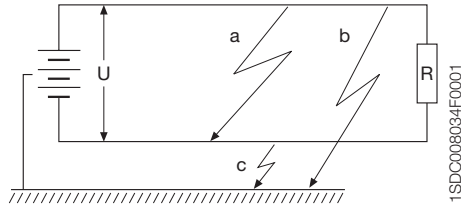
(3) Icu z L/R = 15 ms zgodnie z normą IEC 60946-2. Dla Icu z L/R = 5 ms i L/R = 30 ms, proszę skontaktować się z firmą ABB.

(4) 85 kA tylko w przypadku zasilania z dolnych zacisków.

Uziemienia należy dokonać po stronie zasilania wyłącznika.

4 Zastosowania specjalne

Sieć z uziemionym przewodem środkowym



- Uszkodzenie a: zwarcie pomiędzy dwoma przewodami biegunowymi prowadzi do powstania prądu zwarcia o natężeniu proporcjonalnym do całkowitej wartości napięcia na obydwu przewodach biegunowych; wyłącznik należy dobierać stosownie do wartości tego napięcia.
- Uszkodzenie b: zwarcie pomiędzy jednym przewodem biegunowym i ziemią prowadzi do powstania prądu zwarciovego o natężeniu mniejszym, niż w przypadku zwarcia pomiędzy dwiema polaryzacjami, ponieważ napięcie zasilania wynosi w takim przypadku $0,5 U$.
- Uszkodzenie c: zwarcie w takim przypadku jest analogiczne do poprzedniego, ale dotyczy przewodu o ujemnej polaryzacji.

W sieci z uziemionym przewodem środkowym, wyłącznik musi zostać włączony w obydwa tory polaryzacji.

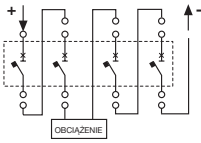
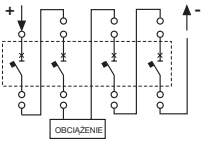
Poniżej przedstawiono schematy instalacji do wykorzystania:

– WYŁĄCZNIKI MINIATUROWE TYPU S280 UC

| SIEĆ Z UZIEMIANYM PRZEWODEM ŚRODKOWYM | | |
|---------------------------------------|-------------------------------|----|
| Napięcie znamionowe (U_n) | ≤ 220 | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji | | |
| S280 UC | $I_n = 0,5 \dots 2 \text{ A}$ | 50 |
| | $I_n = 3 \dots 40 \text{ A}$ | 10 |
| | $I_n = 50 \dots 63 \text{ A}$ | 6 |

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki kompaktowe typu Tmax XT

| SIEĆ Z UZIEMIANYM PRZEWODEM ŚRODKOWYM | | | |
|---------------------------------------|---|--|-----|
| Napięcie znamionowe (Un) | ≤ 250 | ≤ 500 | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji |  |  | |
| XT1 | B | 18 | 18 |
| | C | 25 | 25 |
| | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| | H | 70 | 70 |
| XT2 | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| | H | 70 | 70 |
| | L | 120 | 120 |
| | V | 150 | 150 |
| XT3 | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| XT4 | N | 36 | 36 |
| | S | 50 | 50 |
| | H | 70 | 70 |
| | L | 120 | 120 |
| | V | 150 | 150 |

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki kompaktowe typu TmaxT

| SIEĆ Z UZIEMIANYM PRZEWODEM ŚRODKOWYM | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|---------|---------|---------|----------|
| Napięcie znamionowe (Un) | | ≤ 250* | ≤ 500** | ≤ 750 | |
| Funkcja zabezpieczenia + izolacji | | | | | |
| | T1 160 | B 20 | C 30 | N 40 | |
| | T2 160 | N 40 | S 55 | H 85 | L 100 |
| T3 250 | N 40 | S 55 | | | |
| T4 250/320 | N 36 | | | | 16 |
| | S 50 | | | | 25 |
| T5 400/630 | H 70 | | | | 36 |
| | L 100 | | | | 50 |
| T6 630/800 | V 100 | | | | 70 |
| | N 36 | | | | 16 |
| | S 50 | | | | 20 |
| | H 70 | | | | 36 |
| | L 100 | | | | 50 |

* W sprawie zastosowania wyłączników trzyfazowych należy skontaktować się z firmą ABB.

** W sprawie zastosowania wyłączników trzyfazowych (T4-T5-T6) należy skontaktować się z firmą ABB.

4 Zastosowania specjalne

– Wyłączniki powietrzne typu Emax

| SIEĆ Z UZIEMIANYM PRZEWODEM ŚRODKOWYM | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------|-------|-------------------|---------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|---------|---------|--------|---------|---------|----|
| Napięcie znamionowe (Ue) | | ≤ 500 | | | ≤ 500 | | | ≤ 750 | | | ≤ 1000 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| PR122/DC | | - | | | - | | | - | | | - | | | |
| PR123/DC | | ■ | | | ■ | | | ■ | | | ■ | | | |
| Rodzaj uszkodzenia | | a | b | c | a | b | c | a | b | c | a | b | c | |
| Połączone szeregowo bieguny, na które wpływa uszkodzenie | | 3 | 2 (U/2) | 1 (U/2) | 4 | 2 (U/2) | 2 (U/2) | 4 | 2 (U/2) | 2 (U/2) | 4 | 2 (U/2) | 2 (U/2) | |
| I _{cu} ⁽¹⁾ | | kA | | | kA | | | kA | | | kA | | | |
| E2 | B | 800 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1000 | 35 | 35 | 18 | 35 | 35 | 35 | 25 | 25 | 25 | 25 | 25 | |
| | | 1250 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1600 | | | | | | | | | | | | |
| | N | 1600 | 50 | 50 | 25 | 50 | 50 | 50 | 40 | 40 | 40 | 25 | 25 | 25 |
| 25 | N | 800 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1000 | | | | | | | | | | | | |
| | | 1250 | 60 | 60 | 30 | 60 | 60 | 60 | 50 | 50 | 50 | 35 | 35 | 35 |
| | | 1600 | | | | | | | | | | | | |
| | | 2000 | | | | | | | | | | | | |
| | 2500 | | | | | | | | | | | | | |
| | H | 1600 | 65 ⁽²⁾ | 65 | 40 | 65 ⁽²⁾ | 65 ⁽²⁾ | 65 ⁽²⁾ | 50 | 50 | 50 | 40 | 40 | 40 |
| | | 2000 | | | | | | | | | | | | |
| | | 2500 | | | | | | | | | | | | |
| E4 | S | 1600 | | | | | | | | | | | | |
| | | 2000 | 75 | 75 | 35 | 75 | 75 | 75 | 65 | 65 | 65 | 50 | 50 | 50 |
| | | 2500 | | | | | | | | | | | | |
| | | 3200 | | | | | | | | | | | | |
| | H | 3200 | 100 | 100 | 50 | 100 | 100 | 100 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | |
| E6 | H | 3200 | | | | | | | | | | | | |
| | | 4000 | 100 | 100 | 65 | 100 | 100 | 100 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | |
| | | 5000 | | | | | | | | | | | | |

⁽¹⁾ I_{cu} z L/R = 15 ms zgodnie z normą IEC 60946-2. Dla I_{cu} z L/R = 5 ms i L/R = 30 ms, proszę skontaktować się z firmą ABB.

⁽²⁾ 85 kA tylko w przypadku zasilania z dolnych zacisków.

4 Zastosowania specjalne

Zastosowanie łączników w instalacjach prądu stałego

Połączenie równoległe biegunów wyłącznika

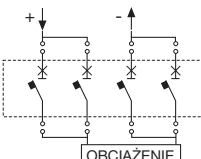
W zależności od liczby połączonych szeregowo biegunów, należy stosować współczynniki podane w poniższej tabeli:

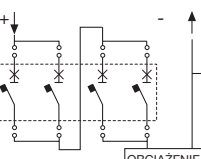
Tabela 1: Współczynniki korekcyjne dla liczby połączonych biegunów

| liczba biegunów połączonych równoległe | 2 | 3 | 4 (neutralny 100%) |
|--|------------------|------------------|--------------------|
| współczynnik redukcji obciąż. prądowej dla prądu st. | 0,9 | 0,8 | 0,7 |
| Prąd wyłączeniowy wyłącznika | $1,8 \times I_n$ | $2,4 \times I_n$ | $2,8 \times I_n$ |

Połączenia zewnętrzne względem zacisków wyłącznika muszą zostać wykonane przez użytkownika w taki sposób, aby zapewnić idealne zrównoważenie połączeń.

W poniższej tabeli przedstawiono równoległe połączenia biegunów, wraz z odpowiednimi współczynnikami redukcji parametrów znamionowych w warunkach zwarcia, w zależności od przyjętej topologii sieci.

| SIEĆ IZOLOWANA | |
|---|---|
| Równoległe połączenie biegunów | Parametry elektryczne |
|  | <p>W celu uzyskania takiego połączenia należy zastosować wyłącznik czterobiegunowy z pełnowymiarowym przewodem neutralnym (100%). W przypadku wyłącznika typu T6 800 dostępne są następujące ustawienia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - maksymalne natężenie prądu linii = 1440 A - wyzwolenie bezzwłoczne = 14400 A (tolerancja $\pm 20\%$) <p>Taką aplikację można uzyskać dla napięcia izolacji nieprzekraczającego 500 V DC.</p> <p>Natężenie prądu wyłączalnego wynosi (w zależności od wersji):</p> <ul style="list-style-type: none"> N= 36 kA dla $U_n < 250$ V DC - 20 kA dla $U_n < 500$ V DC S= 50 kA dla $U_n < 250$ V DC - 35 kA dla $U_n < 500$ V DC H= 70 kA dla $U_n < 250$ V DC - 50 kA dla $U_n < 500$ V DC L= 100 kA dla $U_n < 250$ V DC - 65 kA dla $U_n < 500$ V DC |

| SIEĆ Z JEDNYM PRZEWODEM SKRAJNYM UZIEMIONYM | |
|---|---|
| Funkcja zabezpieczenia bez funkcji izolacji | Parametry elektryczne |
|  | <p>W celu uzyskania takiego połączenia należy zastosować wyłącznik czterobiegunowy z pełnowymiarowym przewodem neutralnym (100%). W przypadku wyłącznika typu T6 800 dostępne są następujące ustawienia:</p> <ul style="list-style-type: none"> - maksymalne natężenie prądu linii = 1440 A - wyzwolenie bezzwłoczne = 12960 A (tolerancja $\pm 20\%$) <p>Taką aplikację można uzyskać dla napięcia izolacji nieprzekraczającego 500 V DC.</p> <p>Natężenie prądu wyłączalnego wynosi (w zależności od wersji):</p> <ul style="list-style-type: none"> N= 36 kA dla $U_n < 250$ V DC - 20 kA dla $U_n < 500$ V DC S= 50 kA dla $U_n < 250$ V DC - 35 kA dla $U_n < 500$ V DC H= 70 kA dla $U_n < 250$ V DC - 50 kA dla $U_n < 500$ V DC L= 100 kA dla $U_n < 250$ V DC - 65 kA dla $U_n < 500$ V DC |

4 Zastosowania specjalne

Działanie wyzwalaczy termicznych

Ponieważ działanie takich wyzwalaczy jest oparte na zjawiskach termicznych, zachodzących w trakcie przepływu prądu, mogą one być stosowane w instalacjach prądu stałego, bez zmiany ich charakterystyk wyzwolenia.

Działanie wyzwalaczy magnetycznych

Wartości progów wyzwolenia wyzwalaczy magnetycznych prądu przemiennego, wykorzystywanych w instalacjach prądu stałego, muszą zostać pomnożone przez współczynnik k_m , który będzie zależał od wyłącznika oraz od sposobu podłączenia:

Tabla 2: Współczynnik k_m

| Sposób połączenia | Wyłącznik | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------|------|------|------|-----|------|------|------|-----|-----|
| | XT1 | XT2 | XT3 | XT4 | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 |
| | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,3 | 1,1 | 1,1 |
| | 1 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1 | 1 |
| | 1 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1 | 1,15 | 1,15 | 1,15 | 1 | 1 |
| | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,9 | 0,9 |
| | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,9 | 0,9 |
| | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 0,9 | 0,9 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,9 |

4 Zastosowania specjalne

Przykład

Dane:

- Uziemiona sieć prądu stałego;
- Napięcie znamionowe $U_r = 250 \text{ V}$;
- Prąd zwarciovowy $I_k = 32 \text{ kA}$
- Prąd obciążenia $I_b = 230 \text{ A}$

Wykorzystując tabelę ze strony 177 można wybrać trzybiegunowy wyłącznik Tmax XT3N250 $I_n = 250 \text{ A}$, stosując przedstawiony poniżej schemat połączeń (dwa bieguny połączone szeregowo, dla przewodu biegunowego nieziemionego oraz jeden biegun dla polaryzacji uziemionej).

Na podstawie tabeli współczynników km, odpowiadającej wybranemu schematowi połączeń oraz dla wyłącznika typu SACE Tmax XT3, wartość współczynnika $k_m = 1,15$; wobec tego nominalne wyzwolenie nastąpi dla natężenie prądu 2875 A (uwzględniając tolerancję, nastąpi w przedziale od 2300 A do 3450 A).

4 Zastosowania specjalne

4.2 Sieci o określonej częstotliwości: 400 Hz i 16 2/3 Hz

Produkowane standardowo wyłączniki mogą być stosowane w instalacjach prądu przemiennego o częstotliwości innej, niż 50/60 Hz (częstotliwości, dla których są podawane parametry znamionowe urządzenia, dla prądu przemiennego) po zastosowaniu odpowiednich współczynników korekcyjnych.

4.2.1 Sieci 400 Hz

Dla wysokich częstotliwości parametry zostają skorygowane, w celu uwzględnienia następujących zjawisk:

- zwiększenie wpływu zjawiska naskórkowości i wzrost reaktancji indukcyjnej, proporcjonalnie do częstotliwości, prowadzi do przegrzania przewodów lub miedzianych elementów wyłącznika przewodzącego prąd;
- wydłużenie pętli histerezy i zmniejszenie nasycenia magnetycznego, wraz z wynikającymi z tego zmianami sił związanych z polem magnetycznym, dla danej wartości prądu.

Ogólnie, powyższe zjawiska wpływają na działanie wyzwalaczy termomagnetycznych i układu wyłączającego wyłącznika.

W celu ochrony sieci 400 Hz, firma ABB SACE opracowała nową serię wyzwalaczy elektronicznych Ekip LS/E, LSI i LSIG: są one dostępne dla wyłączników typu SACE Tmax XT.

Tabele poniżej dotyczą wyłączników z wyzwalaczami termomagnetycznymi, o wartości prądu wyłączalnego poniżej 36 kA. Jest to najczęściej wartość wystarczająca do zabezpieczenia instalacji pracujących z taką częstotliwością, które charakteryzują się raczej małymi natężeniami prądów zwarciovych.

Jak można to stwierdzić na podstawie przedstawionych danych, próg wyzwolenia elementu termicznego (I_n) ulega obniżeniu wraz ze wzrostem częstotliwości, ze względu na obniżenie przewodności materiałów i zwiększenie związanych z tym zjawisk termicznych; w sposób ogólny, obniżenie parametrów znamionowych wynosi zazwyczaj około 10%.

Odmiennie, wraz ze wzrostem częstotliwości, wzrasta wartość progu magnetycznego (I_m).

4 Zastosowania specjalne

Tabela 1: Parametry wyłącznika TmaxT1 16-63 ATMD

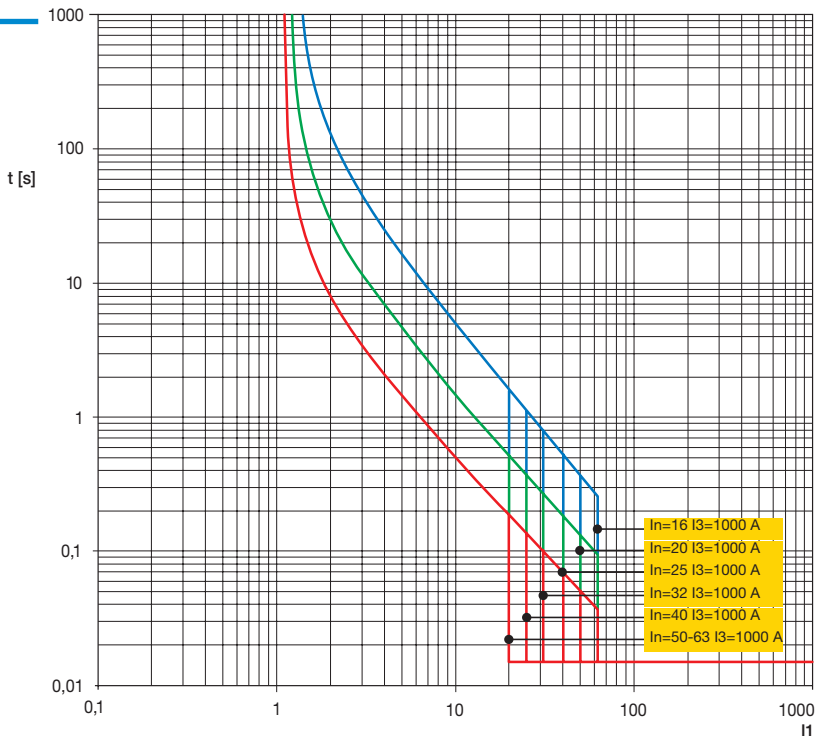
| | | I1 (400Hz) | | | I3 | | |
|---------|------|------------|------|-----|-----------|-------|------------|
| | | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K_m | I3 (400Hz) |
| T1B 160 | | | | | | | |
| T1C 160 | In16 | 10 | 12 | 14 | 500 | 2 | 1000 |
| T1N 160 | In20 | 12 | 15 | 18 | 500 | 2 | 1000 |
| | In25 | 16 | 19 | 22 | 500 | 2 | 1000 |
| | In32 | 20 | 24,5 | 29 | 500 | 2 | 1000 |
| | In40 | 25 | 30,5 | 36 | 500 | 2 | 1000 |
| | In50 | 31 | 38 | 45 | 500 | 2 | 1000 |
| | In63 | 39 | 48 | 57 | 630 | 2 | 1260 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T1 B/C/N 160

In 16 do 63 A
TMD



4 Zastosowania specjalne

Tabela 2: Parametry wyłącznika Tmax T1 80 A TMD

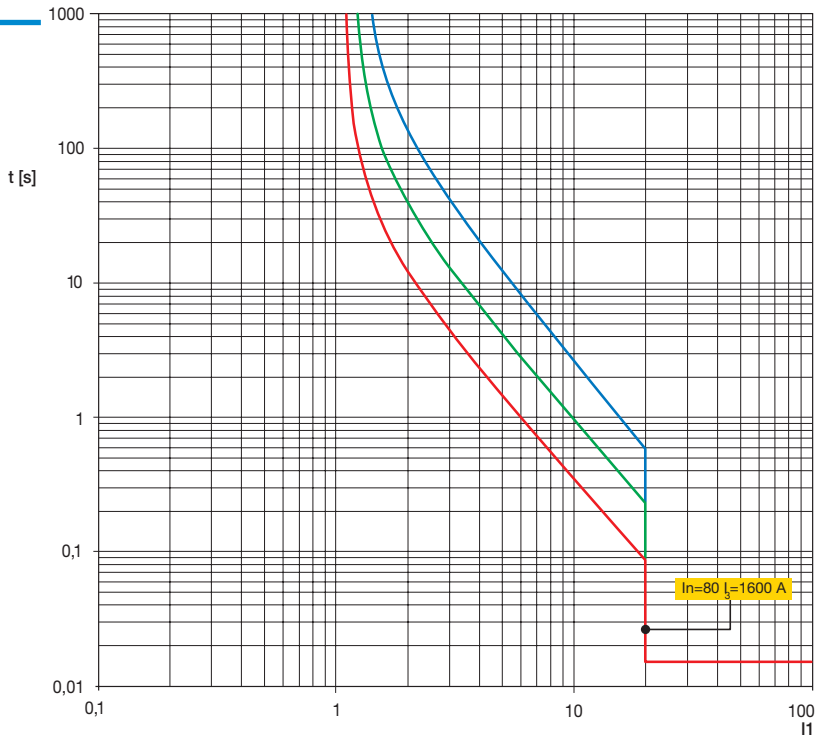
| | | I1 (400Hz) | | | I3 | | |
|---------|------|------------|-----|-----|-----------|-------|------------|
| | | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K_m | I3 (400Hz) |
| T1B 160 | In80 | 50 | 61 | 72 | 800 | 2 | 1600 |
| T1C 160 | | | | | | | |
| T1N 160 | | | | | | | |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T1 B/C/N 160

In 80 A
TMD



4 Zastosowania specjalne

Tabela 3: Parametry wyłącznika TmaxT2 1,6-80 A TMD

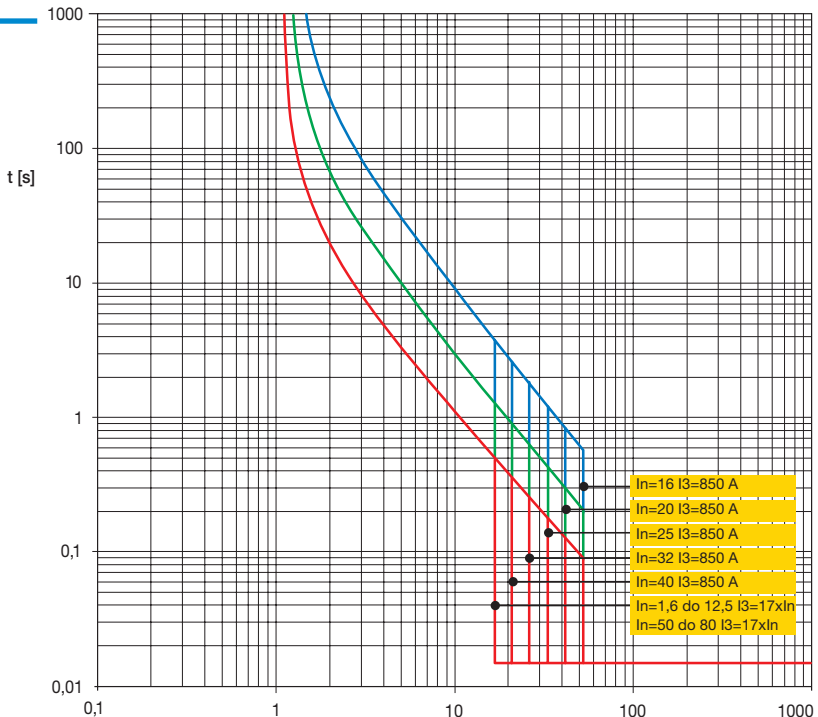
| T2N 160 | I1 (400Hz) | | | I3 | | |
|---------|------------|------|------|-----------|-------|------------|
| | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K_m | I3 (400Hz) |
| In1,6 | 1 | 1,2 | 1,4 | 16 | 1,7 | 27,2 |
| In2 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 20 | 1,7 | 34 |
| In2,5 | 1,5 | 1,9 | 2,2 | 25 | 1,7 | 42,5 |
| In3,2 | 2 | 2,5 | 2,9 | 32 | 1,7 | 54,4 |
| In4 | 2,5 | 3 | 3,6 | 40 | 1,7 | 68 |
| In5 | 3 | 3,8 | 4,5 | 50 | 1,7 | 85 |
| In6,3 | 4 | 4,8 | 5,7 | 63 | 1,7 | 107,1 |
| In8 | 5 | 6,1 | 7,2 | 80 | 1,7 | 136 |
| In10 | 6,3 | 7,6 | 9 | 100 | 1,7 | 170 |
| In12,5 | 7,8 | 9,5 | 11,2 | 125 | 1,7 | 212,5 |
| In16 | 10 | 12 | 14 | 500 | 1,7 | 850 |
| In20 | 12 | 15 | 18 | 500 | 1,7 | 850 |
| In25 | 16 | 19 | 22 | 500 | 1,7 | 850 |
| In32 | 20 | 24,5 | 29 | 500 | 1,7 | 850 |
| In40 | 25 | 30,5 | 36 | 500 | 1,7 | 850 |
| In50 | 31 | 38 | 45 | 500 | 1,7 | 850 |
| In63 | 39 | 48 | 57 | 630 | 1,7 | 1071 |
| In80 | 50 | 61 | 72 | 800 | 1,7 | 1360 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T2N 160

In 1,6 do 80 A
TMD



4 Zastosowania specjalne

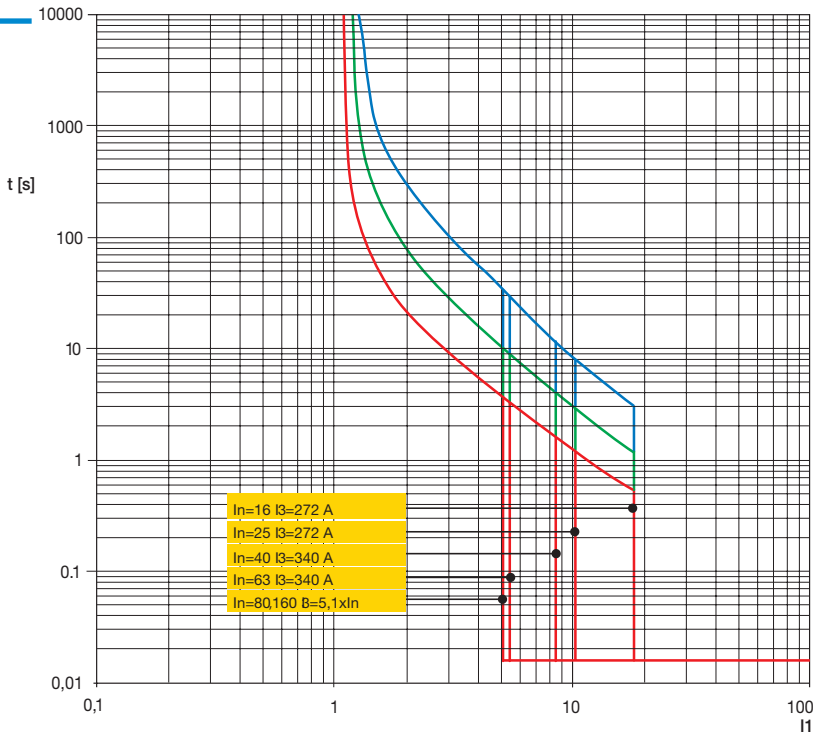
Tabela 4: Parametry wyłącznika Tmax T2 16-160 ATMG

| T2N 160 | I1 (400Hz) | | | I3 | | |
|---------|------------|------|-----|-----------|-------|------------|
| | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K_m | I3 (400Hz) |
| In16 | 10 | 12 | 14 | 160 | 1,7 | 272 |
| In25 | 16 | 19 | 22 | 160 | 1,7 | 272 |
| In40 | 25 | 30,5 | 36 | 200 | 1,7 | 340 |
| In63 | 39 | 48 | 57 | 200 | 1,7 | 340 |
| In80 | 50 | 61 | 72 | 240 | 1,7 | 408 |
| In100 | 63 | 76,5 | 90 | 300 | 1,7 | 510 |
| In125 | 79 | 96 | 113 | 375 | 1,7 | 637,5 |
| In160 | 100 | 122 | 144 | 480 | 1,7 | 816 |

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T2N 160

In 16 do 160 A
TMG



4 Zastosowania specjalne

Tabela 5: Parametry wyłącznika Tmax T3 63-250 ATMG

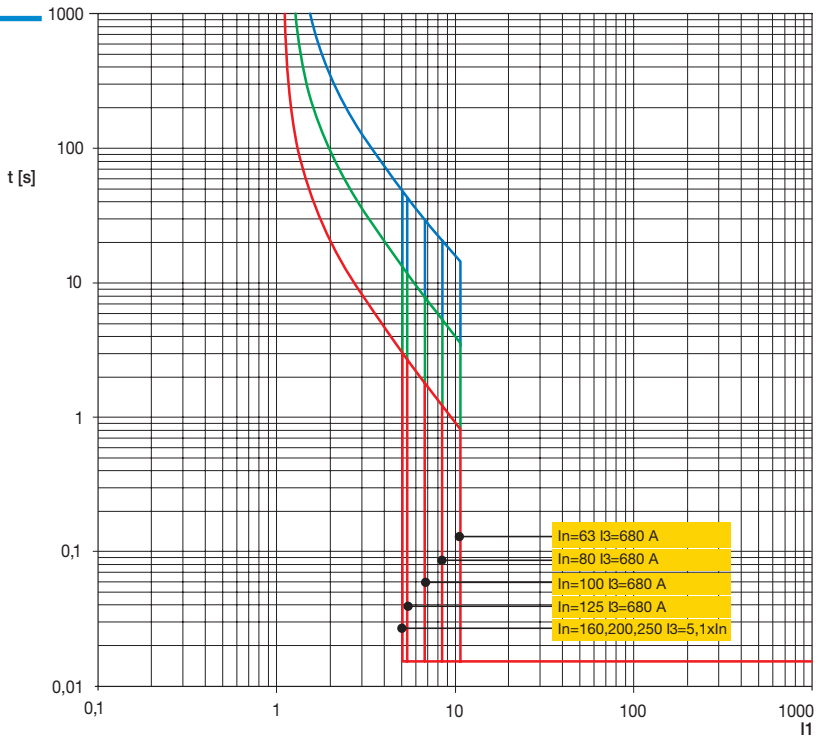
| T3N 250 | I1 (400Hz) | | | I3 (mała wartość progu magnetycznego) | | |
|---------|------------|------|-----|---------------------------------------|-------|------------|
| | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K_m | I3 (400Hz) |
| In63 | 39 | 48 | 57 | 400 | 1,7 | 680 |
| In80 | 50 | 61 | 72 | 400 | 1,7 | 680 |
| In100 | 63 | 76,5 | 90 | 400 | 1,7 | 680 |
| In125 | 79 | 96 | 113 | 400 | 1,7 | 680 |
| In160 | 100 | 122 | 144 | 480 | 1,7 | 816 |
| In200 | 126 | 153 | 180 | 600 | 1,7 | 1020 |
| In250 | 157 | 191 | 225 | 750 | 1,7 | 1275 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T3N 250

In 63 do 250 A
TMG



4 Zastosowania specjalne

Tabela 6: Parametry wyłącznika Tmax T3 63-125 ATMD

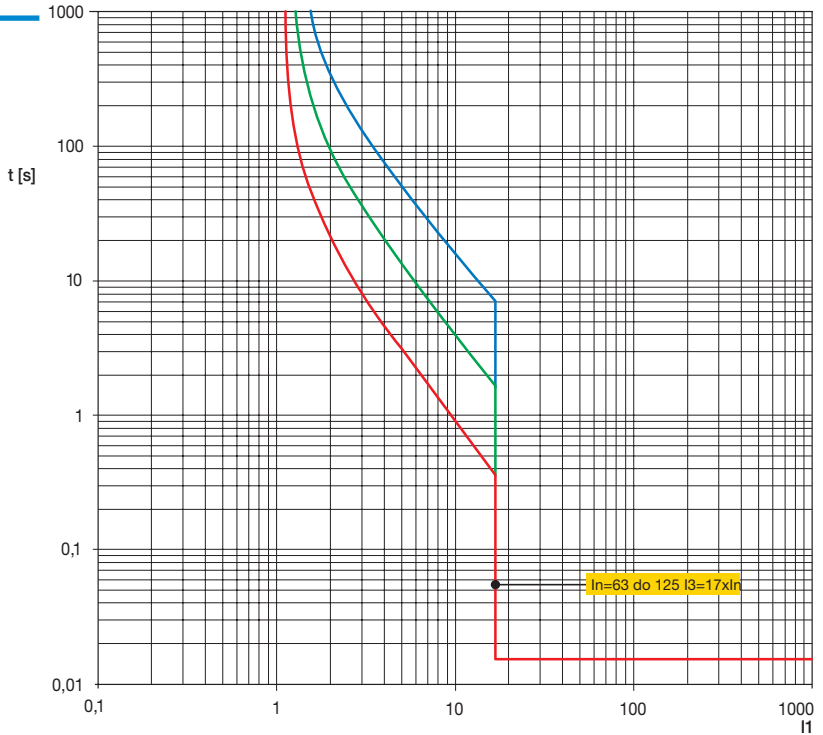
| T3N 250 | I1 (400Hz) | | | I3 | | |
|---------|------------|------|-----|-----------|-------|------------|
| | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K_m | I3 (400Hz) |
| In63 | 39 | 48 | 57 | 630 | 1,7 | 1071 |
| In80 | 50 | 61 | 72 | 800 | 1,7 | 1360 |
| In100 | 63 | 76.5 | 90 | 1000 | 1,7 | 1700 |
| In125 | 79 | 96 | 113 | 1250 | 1,7 | 2125 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T3N 250

In 63 do 125 A
TMD



4 Zastosowania specjalne

Tabela 7: Parametry wyłącznika Tmax T4N 20-50 ATMD

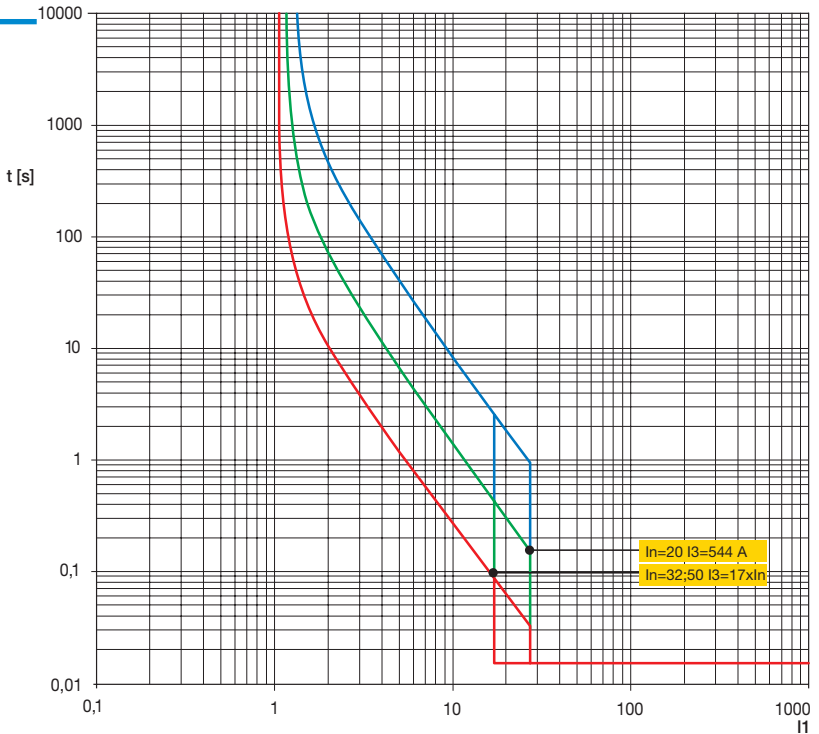
| T4N 250 | I1 (400Hz) | | | I3 (50Hz) | K _m | I3 (400Hz) |
|---------|------------|------|-----|-----------|----------------|------------|
| | MIN | MED | MAX | | | |
| In20 | 12 | 15 | 18 | 320 | 1,7 | 544 |
| In32 | 20 | 24,5 | 29 | 320 | 1,7 | 544 |
| In50 | 31 | 38 | 45 | 500 | 1,7 | 850 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T4N 250

In 20 do 50 A
TMD



4 Zastosowania specjalne

Tabela 8: Parametry wyłącznika Tmax T4N 80-250 ATMA

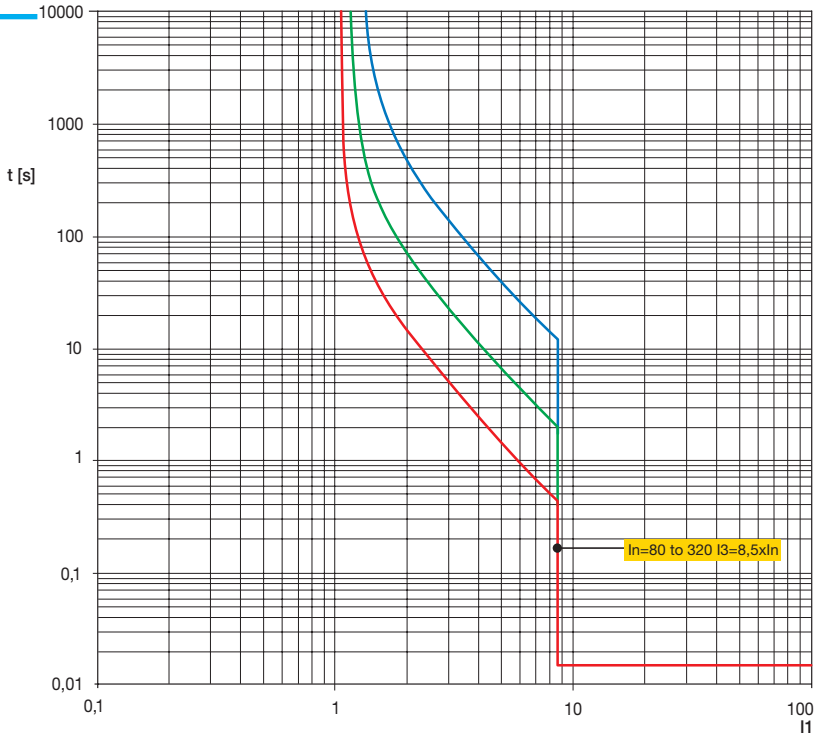
| T4N 250/320 | I1 (400Hz) | | | Nastawa I3 (MIN=5xIn) | | |
|-------------|------------|------|-----|-----------------------|----------------|-------------------|
| | MIN | MED | MAX | I3 @ 5xIn (50Hz) | K _m | I3 @ 5xIn (400Hz) |
| In80 | 50 | 61 | 72 | 400 | 1,7 | 680 |
| In100 | 63 | 76,5 | 90 | 500 | 1,7 | 850 |
| In125 | 79 | 96 | 113 | 625 | 1,7 | 1060 |
| In160 | 100 | 122 | 144 | 800 | 1,7 | 1360 |
| In200 | 126 | 153 | 180 | 1000 | 1,7 | 1700 |
| In250 | 157 | 191 | 225 | 1250 | 1,7 | 2125 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T4N 250/320

In 80 do 250 A
TMA



4 Zastosowania specjalne

Tabela 9: Parametry wyłącznika Tmax T5N 320-500 ATMA

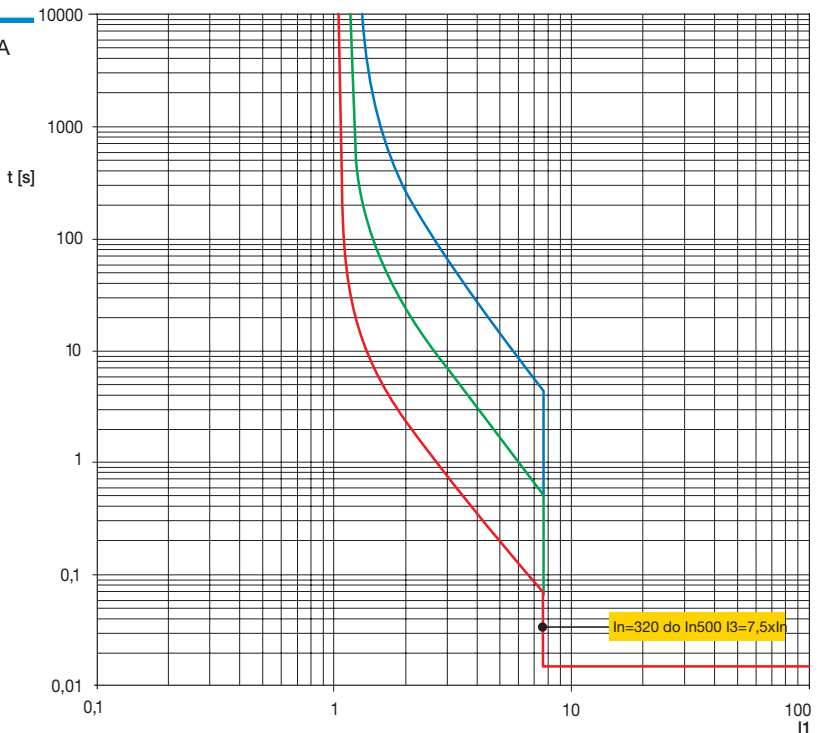
| T5N400/630 | I1 (400Hz) | | | Nastawa I3 (MIN=5xIn) | | |
|------------|------------|-----|-----|-----------------------|-------|-------------------|
| | MIN | MED | MAX | I3 @ 5xIn(50Hz) | K_m | I3 @ 5xIn (400)Hz |
| In320 | 201 | 244 | 288 | 1600 | 1,5 | 2400 |
| In400 | 252 | 306 | 360 | 2000 | 1,5 | 3000 |
| In500 | 315 | 382 | 450 | 2500 | 1,5 | 3750 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T5 N 400/630

In 320 do 500 A
TMA



4 Zastosowania specjalne

Tabela 10: Parametry wyłącznika Tmax T5N 320-500 ATMG

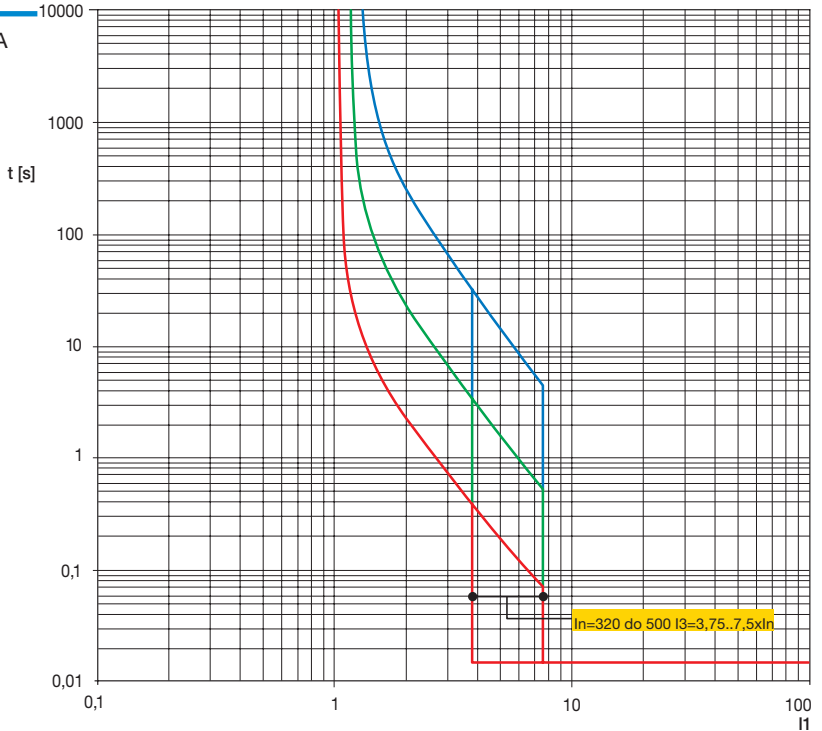
| T5N400/630 | I1 (400Hz) | | | Nastawa I3 (2.5...5xIn) | | |
|------------|------------|-----|-----|-------------------------|----------------|------------------------|
| | MIN | MED | MAX | I3 @ 2,5...5xIn (50Hz) | K _m | I3 @ 2,5...5xIn(400Hz) |
| In320 | 201 | 244 | 288 | 800...1600 | 1,5 | 1200...2400 |
| In400 | 252 | 306 | 360 | 1000...2000 | 1,5 | 1500...3000 |
| In500 | 315 | 382 | 450 | 1250...2500 | 1,5 | 1875...3750 |

K_m = mnożnik prądu I3 uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T5N 400/630

In 320 do 500 A
TMG



4 Zastosowania specjalne

Tabela 11: Parametry wyłącznika Tmax T6N 630 A TMA

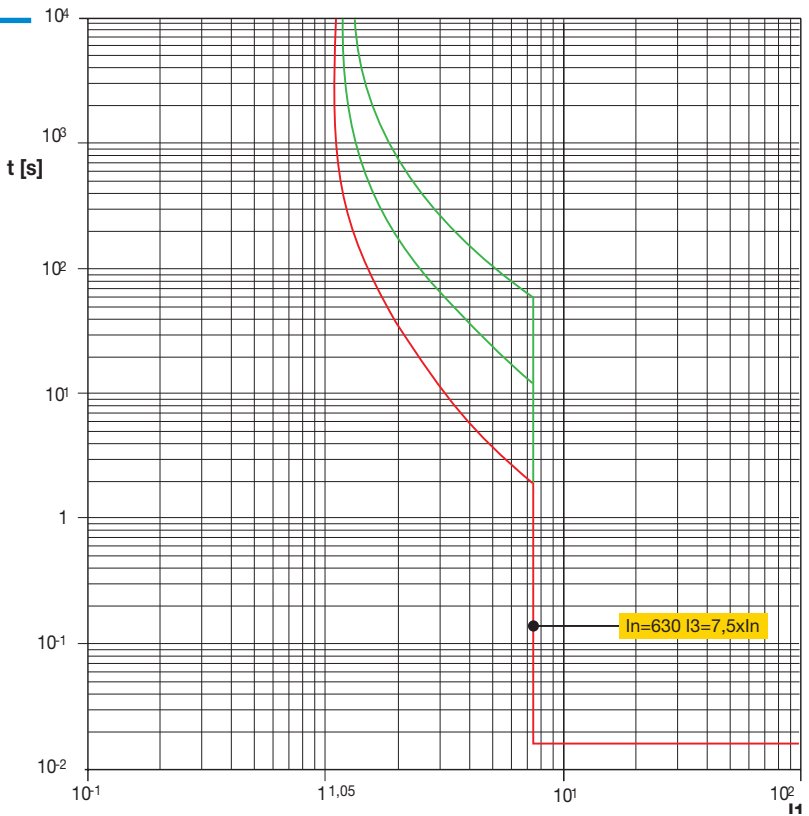
| T6N630 | In630 | I1 (400Hz) | | | I3 = 5√10In (nastawa I3=5In) | | |
|--------|-------|------------|-----|-----|------------------------------|----------------|------------|
| | | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K _m | I3 (400Hz) |
| | | 397 | 482 | 567 | 3150 | 1,5 | 4725 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia
wyzwalacza termomagnetycznego

T6N 630

In 630 A
TMA



4 Zastosowania specjalne

Tabela 12: Parametry wyłącznika Tmax T6N 800 ATMA

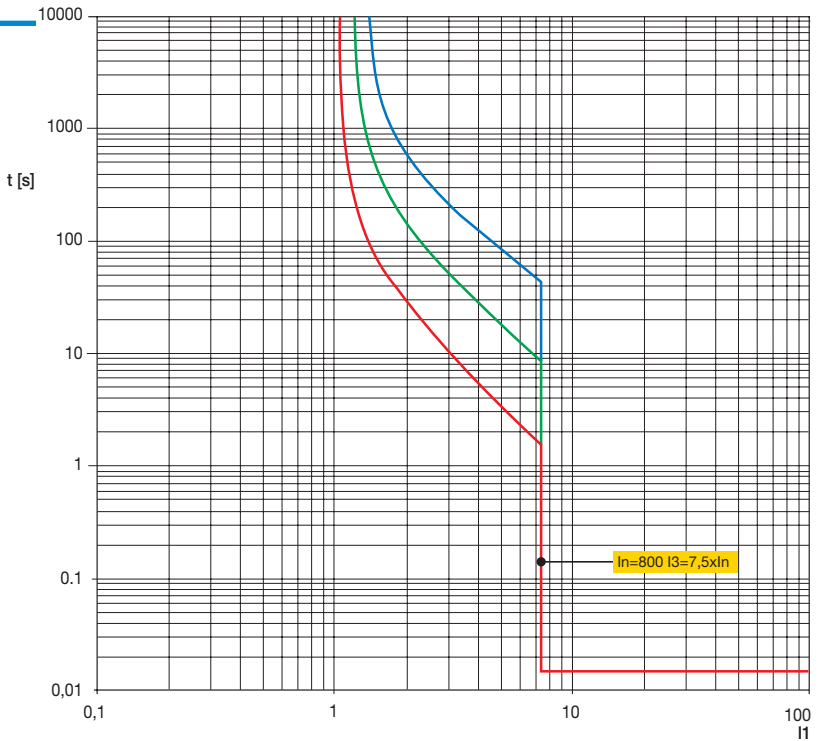
| T6N 800 | In800 | I1 (400Hz) | | | I3 = 5-10In (nastawa I3=5In) | | |
|---------|-------|------------|-----|-----|------------------------------|-------|------------|
| | | MIN | MED | MAX | I3 (50Hz) | K_m | I3 (400Hz) |
| | | 504 | 602 | 720 | 4000 | 1,5 | 6000 |

K_m = mnożnik prądu I3, uwzględniający indukowane pole magnetyczne

Charakterystyki wyzwolenia wyłączacza termomagnetycznego

T6N 800

In 800 A
TMA



4 Zastosowania specjalne

4.2.2 Sieci 16 2/3 Hz

Jednofazowe sieci dystrybucyjne o częstotliwości 16 2/3 Hz zostały opracowane dla systemów trakcji elektrycznej jako alternatywa dla systemów 50 Hz i instalacji prądu stałego.

Dla niskich częstotliwości próg wyzwolenia termicznego nie ulega obniżeniu, podczas gdy próg magnetyczny wymaga uwzględnienia współczynnika korekcji k_m , zgodnie z tabelą 2.

Kompaktowe wyłączniki termomagnetyczne serii Tmax mogą pracować w sieci o częstotliwości 16 2/3 Hz; ich parametry elektryczne i odpowiednie schematy połączeń zostały przedstawione poniżej.

Tabela 1: Prąd wyłączalny [kA]

| Wyłącznik | Prąd znamionowy | | Prąd wyłączalny [kA] | | | |
|------------|-----------------|-------------------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------|--|
| | [A] | 250 V | 500 V | 750 V | 1000 V ⁽¹⁾ | |
| T1B160 | 16 ÷ 160 | 16 (dwubieg.) 20 (trzybieg.) | 16 (trzybieg.) | - | - | |
| T1C160 | 25 ÷ 160 | 25 (dwubieg.) 30 (trzybieg.) | 25 (trzybieg.) | - | - | |
| T1N160 | 32 ÷ 160 | 36 (dwubieg.) 40 (trzybieg.) | 36 (trzybieg.) | - | - | |
| T2N160 | 1.6 ÷ 160 | 36 (dwubieg.) 40 (trzybieg.) | 36 (trzybieg.) | - | - | |
| T2S160 | 1.6 ÷ 160 | 50 (dwubieg.) 55 (trzybieg.) | 50 (trzybieg.) | - | - | |
| T2H160 | 1.6 ÷ 160 | 70 (dwubieg.) 85 (trzybieg.) | 70 (trzybieg.) | - | - | |
| T2L160 | 1.6 ÷ 160 | 85 (dwubieg.) 100 (trzybieg.) | 85 (trzybieg.) | 50 (czterobieg.) ⁽²⁾ | - | |
| T3N250 | 63 ÷ 250 | 36 (dwubieg.) 40 (trzybieg.) | 36 (trzybieg.) | - | - | |
| T3S250 | 63 ÷ 250 | 50 (dwubieg.) 55 (trzybieg.) | 50 (trzybieg.) | - | - | |
| T4N250/320 | 20 ÷ 250 | 36 (dwubieg.) | 25 (dwubieg.) | 16 (trzybiegun) | - | |
| T4S250/320 | 20 ÷ 250 | 50 (dwubieg.) | 36 (dwubieg.) | 25 (trzybiegun) | - | |
| T4H250/320 | 20 ÷ 250 | 70 (dwubieg.) | 50 (dwubieg.) | 36 (trzybiegun) | - | |
| T4L250/320 | 20 ÷ 250 | 100 (dwubieg.) | 70 (dwubieg.) | 50 (trzybiegun) | - | |
| T4V250/320 | 20 ÷ 250 | 150 (dwubieg.) | 100 (dwubieg.) | 70 (trzybiegun) | - | |
| T4V250 | 32 ÷ 250 | | | | 40 (czterobieg.) | |
| T5N400/630 | 320 ÷ 500 | 36 (dwubieg.) | 25 (dwubieg.) | 16 (trzybiegun) | - | |
| T5S400/630 | 320 ÷ 500 | 50 (dwubieg.) | 36 (dwubieg.) | 25 (trzybiegun) | - | |
| T5H400/630 | 320 ÷ 500 | 70 (dwubieg.) | 50 (dwubieg.) | 36 (trzybiegun) | - | |
| T5L400/630 | 320 ÷ 500 | 100 (dwubieg.) | 70 (dwubieg.) | 50 (trzybiegun) | - | |
| T5V400/630 | 320 ÷ 500 | 150 (dwubieg.) | 100 (dwubieg.) | 70 (trzybiegun) | - | |
| T5V400/630 | 400 ÷ 500 | | | | 40 (czterobieg.) | |
| T6N630/800 | 630 ÷ 800 | 36 (dwubieg.) | 20 (dwubieg.) | 16 (trzybiegun) | - | |
| T6S630/800 | 630 ÷ 800 | 50 (dwubieg.) | 35 (dwubieg.) | 20 (trzybiegun) | - | |
| T6H630/800 | 630 ÷ 800 | 70 (dwubieg.) | 50 (dwubieg.) | 36 (trzybiegun) | - | |
| T6L630/800 | 630 ÷ 800 | 100 (dwubieg.) | 70 (dwubieg.) | 50 (trzybiegun) | 40 (czterobieg.) | |

⁽¹⁾ Wyłączniki 1000 V DC z pełnowymiarowym biegunem neutralnym.

⁽²⁾ Wyłączniki z pełnowymiarowym biegunem neutralnym.

4 Zastosowania specjalne

Table 2: Współczynnik k_m

| | Schemat A | Schemat B-C | Schemat D-E-F |
|-----------|-----------|-------------|---------------|
| T1 | 1 | 1 | - |
| T2 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| T3 | 0,9 | 0,9 | - |
| T4 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| T5 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |
| T6 | 0,9 | 0,9 | 0,9 |

Tabela 3: Możliwe połączenia, w zależności od napięcia, układu dystrybucji i rodzaju uszkodzenia

| | Nieuziemiony biegun neutralny | Uziemiony biegun neutralny* | |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------|
| | | Zwarcie L-N | Zwarcie L-E |
| 250 V 2 bieg. połącz. szer. | A1 | A2 | B2 |
| 250 V 3 bieg. połącz. szer.** | B1 | B2, C | B3 |
| 500 V 2 bieg. połącz. szer. | A1 | A2, B2 | B2, C |
| 500 V 3 bieg. połącz. szer.** | B1 | B2, C | C |
| 750 V 3 bieg. połącz. szer. | B1 | B2, C | C |
| 750 V 4 bieg. połącz. szer.*** | E-F | E1, D | E1 |
| 1000 V 4 bieg. połącz. szer. | E-F | E1, C3 | E1 |

* Jeśli jedynymi możliwymi uszkodzeniami są zwarcia L-N lub L-E (E=ziemia) z pomijalną impedancją, należy wtedy wykorzystać podane schematy. Jeśli możliwe są obydwaj uszkodzenia, należy wykorzystać schemat dla zwarcia L-E.

** Tylko wyłączniki T1, T2 i T3,

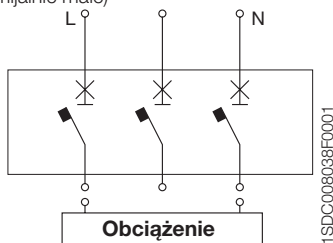
*** Tylko wyłączniki T2

Schematy połączeń

Schemat A1

Konfiguracja z dwoma biegunami poł. szeregowo (bez uziemionego bieguna neutralnego)

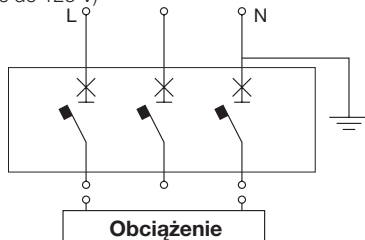
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 2 bieguny połączone szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: nie jest rozważane (metoda montażu musi być taka, aby prawdopodobieństwo drugiego zwarcia doziemnego było pomijalnie małe)



Schemat A2

Konfiguracja z dwoma biegunami poł. szeregowo (z uziemionym biegunem neutralnym)

- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 2 bieguny połączone szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z ziemią: pojedynczy biegun (taka sama obciążalność, jak w przypadku dwóch biegunów połączonych szeregowo, ale napięcie ograniczone do 125 V)

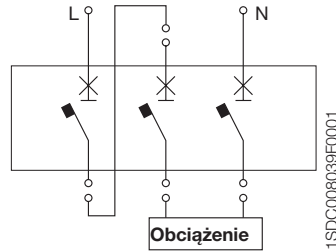


4 Zastosowania specjalne

Schemat B1

Konfiguracja z trzema biegunami poł. szeregowo (bez uziemionego bieguna neutralnego)

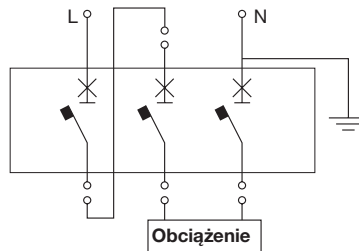
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 3 bieguny połączone szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z ziemią: nie jest rozważane (metoda montażu musi być taka, aby prawdopodobieństwo drugiego zwarcia doziemnego było pomijalnie małe)



Schemat B2

Konfiguracja z trzema biegunami połączonymi szeregowo (z uziemionym biegunem neutralnym i rozłączanym)

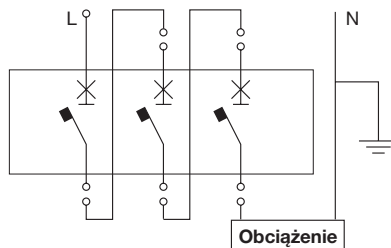
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 3 bieguny poł. szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z ziemią: 2 bieguny połączone szeregowo



Schemat C

Konfiguracja z trzema biegunami połączonymi szeregowo (z uziemionym biegunem neutralnym, ale nierozłączanym)

- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 3 bieguny połączone szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z ziemią: 3 bieguny połączone szeregowo

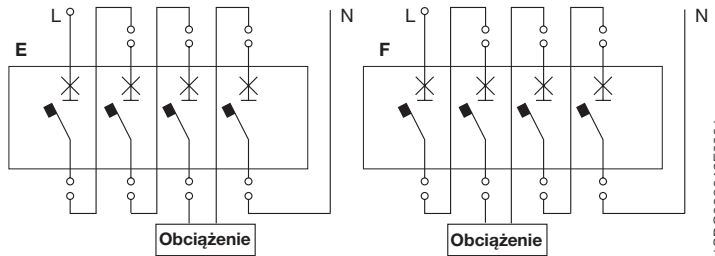


4 Zastosowania specjalne

Schemat E-F

Konfiguracja z czterema biegunami połączonymi szeregowo (z uziemionym biegunem neutralnym)

- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 4 bieguny poł. szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z ziemią: nie jest rozważane (metoda montażu musi być taka, aby prawdopodobieństwo drugiego zwarcia doziemnego było pomijalnie małe)

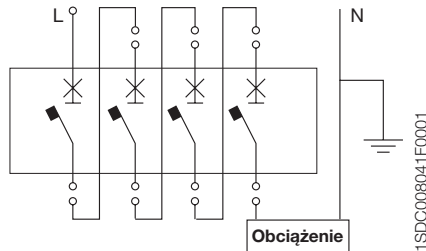


1SDCC08042F0001

Schemat D

Konfiguracja z czterema biegunami połączonymi szeregowo, dla jednego przewodu biegunowego (z uziemionym biegunem neutralnym, ale nierozłączanym)

- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 4 bieguny połączone szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z ziemią: 4 bieguny połączone szeregowo

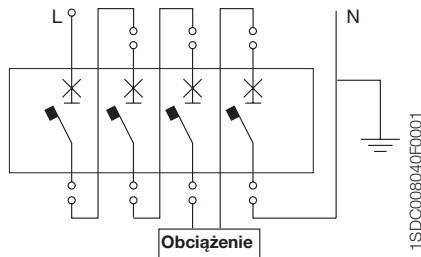


1SDCC08041F0001

Schemat E1

Rozłączenie z czterema biegunami połączonymi szeregowo (z uziemionym biegunem neutralnym i rozłączanym)

- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z biegunem neutralnym: 4 bieguny połączone szeregowo
- Rozłączenie w przypadku zwarcia fazy z ziemią: 3 bieguny połączone szeregowo



1SDCC08040F0001

4 Zastosowania specjalne

Przykład:

Dane sieci:

Napięcie znamionowe 250 V

Częstotliwość znamionowa 16 2/3 Hz

Prąd obciążenia 120 A

Prąd zwarcia faza-przewód neutralny 45 kA

Uziemiony przewód neutralny

Zakładając, że prawdopodobieństwo zwarcia doziemnego fazy jest pomijalnie małe, w tabeli 3 podano, że można skorzystać z połączeń A2, B2 lub B3.

Można więc wybrać wyłącznik typu Tmax T2S160 In125, który, podłączony zgodnie ze schematem A2 (dwa bieguny połączone szeregowo) charakteryzuje się wartością prądu wyłączalnego, wynoszącą 50 kA, a w przypadku wykorzystania schematów B2 lub B3 (trzy bieguny połączone szeregowo) wartością 55 kA (tabela 1). W celu określenia prądu wyzwolenia magnetycznego należy uwzględnić współczynnik km podany w tabeli 2. Wartość prądu wyzwolenia magnetycznego będzie wynosiła:

$$I_3 = 1250 \cdot 0,9 = 1125 \text{ A}$$

niezależnie od wybranego schematu.

Jeśli możliwe jest wystąpienie zwarcia doziemnego z pomijalnie małą impedancją, należy wtedy brać pod uwagę wyłącznie schematy B2 lub B3 (tabela 3). W szczególności, na schemacie B2 można zobaczyć, że tylko dwa bieguny pracują szeregowo, wobec czego wartość prądu wyłączalnego wyniesie 50 kA (tabela 1), podczas gdy na schemacie B3 szeregowo pracują 3 bieguny, a więc wartość prądu wyłączalnego wyniesie 55 kA.

4.3 Sieci 1000 V DC i 1000 V AC

Wyłączniki typu Tmax i Emax /E 1000 V i 1150 V nadają się szczególnie do zastosowania w instalacjach w kopalniach, zakładach petrochemicznych i systemach powiązanych z trakcją elektryczną (oświetlenie tuneli).

4.3.1 Sieci 1000 V DC

Wyłączniki kompaktowe 1000 V DC

Opis ogólny

Rodzina wyłączników kompaktowych Tmax, przeznaczonych do zastosowania w instalacjach o napięciu znamionowym do 1000 V DC, spełnia wymagania normy IEC 60947-2. Wyżej wymienione wyłączniki są wyposażone w regulowane wyzwalacze termomagnetyczne i spełniają szeroki zakres wymagań instalacyjnych, oferując zakres nastaw od 32 A do 800 A. Wyłączniki w wersji czterobiegunowej umożliwiają pracę z dużymi natężeniami prądów, dzięki możliwości szeregowego łączenia biegunów. Wyłączniki rodziny Tmax 1000 V charakteryzują się takimi samymi wymiarami i rozstawem punktów mocujących, co standardowe wyłączniki. Mogą być wyposażane w różnego rodzaju standardowe akcesoria, za wyjątkiem wyzwalaczy różnicowoprądowych, przeznaczonych dla wyłączników Tmax. W szczególności, możliwe jest zastosowanie zestawów konwersji dla demontowanych i wysuwanych elementów ruchomych oraz użycie różnych zestawów zacisków.

4 Zastosowania specjalne

| Wyłączniki kompaktowe 1000 V DC | | T4 | T5 | T6 |
|--|------------------------------|-----------|-------------------|------------------------|
| Prąd znamionowy ciągły, Iu | [A] | 250 | 400/630 | 630/800 |
| Bieguny | Liczba | 4 | 4 | 4 |
| Napięcie znamionowe łączeniowe, Ue | [V -] | 1000 | 1000 | 1000 |
| Napięcie znamion. udarowe wytrzymywane, Uimp | [kV] | 8 | 8 | 8 |
| Napięcie znamionowe izolacji, Ui | [V] | 1000 | 1000 | 1000 |
| Napięcie probiercze dla częst. przemysł. dla 1 min. | [V] | 3500 | 3500 | 3500 |
| Prąd znamion. wyłączalny zwarciovy graniczny, Icu | | V | V | L |
| (4 bieguny połączone szeregowo) | [kA] | 40 | 40 | 40 |
| Prąd znamion. wyłącz. zwarciovy eksploatacyjny, Ics | | | | |
| (4 bieguny połączone szeregowo) | [kA] | 20 | 20 | |
| Prąd znam. krótkotrwały wytrzymywany Icw (1 s) | [kA] | - | 5 (400A) | 7.6 (630A) - 10 (800A) |
| Kategoria użytkowania (IEC 60947-2) | | A | B (400A)-A (630A) | B |
| Zachowanie/uzyskanie izolacji | | ■ | ■ | ■ |
| IEC 60947-2, EN 60947-2 | | ■ | ■ | ■ |
| Wyzwalacze termomagnetyczne | TMD | ■ | - | - |
| Wyzwalacze termomagnetyczne | TMA | ■ | up to 500 A | ■ |
| Wersje | | F | F | F |
| Zaciski | Wersja stacjonarna | FC Cu | FC Cu | F - FC CuAl - R |
| Trwałość mechaniczna | [L. operacji/ L. operacji/h] | 20000/240 | 20000/120 | 20000/120 |
| Podstawowe wymiary, wersja stacjonarna | L [mm] | 140 | 184 | 280 |
| | D [mm] | 103.5 | 103.5 | 103.5 |
| | H [mm] | 205 | 205 | 268 |

OPIS ZACISKÓW

F = Zaciski przednie
 EF = Zaciski przednie przedłużone
 ES = Zaciski przednie przedłużone rozszerzone

FC Cu = Zaciski przednie wieloprzewodowe dla przewodów miedzianych

FC CuAl = Zaciski przednie wieloprzewodowe dla przewodów miedzianych i aluminiowych

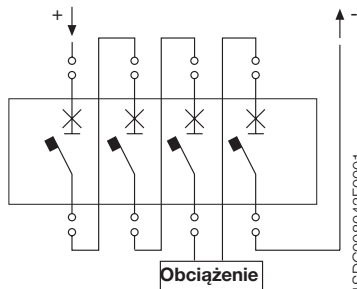
R= Zaciski tylne nastawne
 HR = Zaciski tylne poziome płaskie
 VR = Zaciski tylne pionowe płaskie
 MC = Zaciski wieloprzewodowe

Schematy połączeń

Poniżej przedstawiono możliwe schematy połączeń, z odniesieniem do typu instalacji, w których mogą być stosowane.

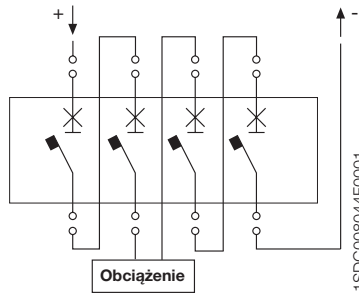
Sieci nieziemiona

Można wykorzystać następujące schematy połączeń (możliwość zamiany polaryzacji).



A) 3+1 bieguny połączone szeregowo (1000 V DC)

4 Zastosowania specjalne



B) 2+2 bieguny połączone szeregowo (1000 V DC)

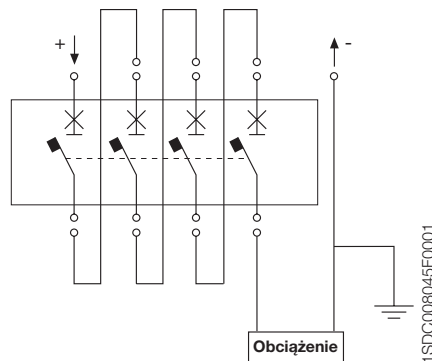
Założono, że prawdopodobieństwo podwójnego zwarcia doziemnego, w sytuacji, w której pierwsze zwarcie miałyby miejsce po stronie obciążenia wyłącznika, na jednym przewodzie biegunowym, a drugie zwarcie miałyby miejsce po stronie zasilania wyłącznika, na drugim przewodzie biegunowym, jest zerowe.

W takiej sytuacji, prąd zwarciovowy, który może osiągnąć duże wartości, wpływa tylko na niektóre z 4 biegunów, niezbędnych do osiągnięcia odpowiedniej wartości prądu wyłączalnego.

Istnieje możliwość zapobiegnięcia podwójnemu zwarceniu doziemnemu poprzez zamontowanie układu sygnalizującego utratę izolacji i identyfikującego położenie pierwszego zwarcia doziemnego, umożliwiając jego szybkie wyeliminowanie.

Siec z jednym przewodem biegunowym uziemionym

Ponieważ przewód biegunowy zwarty do ziemi nie musi zostać rozłączony (w przykładzie założono, że zwarty do ziemi został przewód ujemny, choć dotyczy to również sytuacji z odwróconą polaryzacją), można wykorzystać schemat, na którym przedstawiono szeregowe połączenie 4 biegunów dla przewodu biegunowego, które nie został zwarty do ziemi.

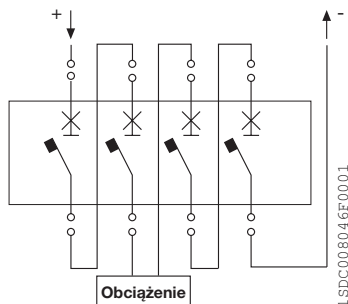


C) 4 4 bieguny połączone szeregowo (1000 V DC)

4 Zastosowania specjalne

Sieć z uziemionym punktem środkowym zasilania

W przypadku zwarcia doziemnego przewodu ujemnego lub dodatniego, bieguny, których dotyczy zwarcie, pracują z napięciem $U/2$ (500 V); należy wtedy zastosować następujący schemat:



D) 2+2 bieguny połączone szeregowo (1000 V DC)

Współczynniki korekcyjne dla progów wyzwolenia

W kwestii zabezpieczeń przeciążeniowych nie ma potrzeby stosowania żadnych współczynników korygujących.

Dla wartości progów wyzwolenia magnetycznego stosowanych dla napięcia 1000 V DC, wraz z wcześniej opisanymi schematami aplikacyjnymi, należy oprzeć się na odpowiednikach dla prądu przemiennego, mnożąc je przez współczynniki korekcyjne, które zostały podane w poniższej tabeli:

| Wyłącznik | k_m |
|-----------|-------|
| T4V | 1 |
| T5V | 0,9 |
| T6L | 0,9 |

Wyłączniki z wyzwalaczami termomagnetycznymi dla instalacji prądu stałego

| In [A] | 32 ⁽¹⁾ | 50 ⁽¹⁾ | 80 ⁽²⁾ | 100 ⁽²⁾ | 125 ⁽²⁾ | 160 ⁽²⁾ | 200 ⁽²⁾ | 250 ⁽²⁾ | 320 ⁽²⁾ | 400 ⁽²⁾ | 500 ⁽²⁾ | 630 ⁽²⁾ | 800 ⁽²⁾ |
|---------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| T4V 250 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - |
| T5V 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | - | - | - |
| T5V 630 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | - | - |
| T6L 630 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | - |
| T6L 800 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ |
| $I_3 = (10 \times I_n)$ [A] | 320 | 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| $I_3 = (5 - 10 \times I_n)$ [A] | - | - | 400÷800 | 500÷1000 | 625÷1250 | 800÷1600 | 1000÷2000 | 1250÷2500 | 1600÷3200 | 2000÷4000 | 2500÷5000 | 3150÷6300 | 4000÷8000 |

⁽¹⁾ Możliwość ustawienia wartości progu termicznego w zakresie od 0,7 do $1 \times I_n$; stała wartość progu magnetycznego.

⁽²⁾ Możliwość ustawienia wartości progu termicznego w zakresie od 0,7 do $1 \times I_n$; możliwość ustawienia wartości progu magnetycznego w zakresie od 5 do $10 \times I_n$.

4 Zastosowania specjalne

Przykład

W celu zapewnienia ochrony użytkownika, w sytuacji zasilania z sieci o następujących parametrach:

| | |
|---------------------|---------------------------|
| Napięcie znamionowe | $U_r = 1000 \text{ V DC}$ |
| Prąd zwarcioowy | $I_k = 18 \text{ kA}$ |
| Prąd obciążenia | $I_b = 420 \text{ A}$ |

Siec z dwoma przewodami biegunowymi nieziemionymi

Na podstawie tabeli dostępnych nastaw należy wybrać następujący wyłącznik: T5V 630 $I_n = 500$, czterobiegunowy, $I_{cu} (1000 \text{ V DC}) = 40 \text{ kA}$

Wartość prądu wyzwolenia termicznego ustawiana w zakresie $(0,7-1) \times I_n$, co odpowiada przedziałowi 350 - 500 A, należy ustawić na 0,84.

Wartość prądu wyzwolenia magnetycznego ustawiana w zakresie $(5-10) \times I_n$, przy współczynniku korekcji $k_m = 0,9$, prowadzi do zakresu nastaw 2250 - 4500 A. Próg wyzwolenia magnetycznego zostanie następnie ustawiony stosownie do przewodów, które mają być chronione.

Połączenie biegunów musi odpowiadać schematowi A lub B.

Należy zamontować układ, który zasygnalizuje pierwsze zwarcie doziemne.

Dla takich samych danych instalacji, jeśli sieć jest układem z jednym przewodem biegunowym uziemionym, wyłącznik musi zostać podłączony zgodnie ze schematem C.

4 Zastosowania specjalne

Rozłączniki izolacyjne powietrzne dla napięć 1000 V DC

Rozłączniki izolacyjne powietrzne, oparte na wyłącznikach powietrznych, są identyfikowane za pomocą standardowego oznaczenia uzupełnionego o "E MS". Spełniają one wymagania międzynarodowej normy IEC 60947-3 i nadają się szczególnie do wykorzystania jako rozłączniki sprzęgłowe lub rozłączniki główne w instalacjach prądu stałego, na przykład w instalacjach trakcji elektrycznej. Zewnętrzne wymiary i punkty mocowania rozłączników są identyczne, jak w przypadku standardowych wyłączników. Rozłączniki mogą zostać wyposażone w szereg różnych zestawów zacisków i wyposażenia dodatkowego, przeznaczonego dla wyłączników serii Emax; są dostępne w wersji wysuwanej i stacjonarnej, w wersji trzybiegunowej (do 750 V DC) i czterobiegunowej (do 1000 V DC).

W zastosowaniach z napięciami 750/1000 V DC, wyłączniki wysuwane są łączone ze specjalnymi wersjami kaset.

Zakres rozwiązań obejmuje instalacje do 1000 V DC / 6300 A lub do 750 V DC / 6300 A.

Wartość prądu wyłączalnego równa prądowi znamionowemu krótkotrwałemu wytrzymywanemu jest przypisywana tym wyłącznikom, które zostaną wyposażone w odpowiedni zewnętrzny przekaźnik.

W tabeli poniżej przedstawiono spis dostępnych wersji rozłączników oraz ich parametry elektryczne:

| | | E1B/EMS | | E2N/EMS | | E3H/EMS | | E4H/EMS | | E6H/EMS | | |
|--|---------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------|---------|------|-----|
| | | | | | | | | | | | | |
| Prąd znamionowy łączeniowy (400C) Iu | [A] | 800 | | 1250 | | 1250 | | 3200 | | 5000 | | |
| | [A] | 1250 | | 1600 | | 1600 | | 4000 | | 6300 | | |
| | [A] | 2000 | | | | 2000 | | | | | | |
| | [A] | | | | | 2500 | | | | | | |
| | [A] | | | | | 3200 | | | | | | |
| Bieguny | | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | |
| Robocze napięcie łączeniowe Ue | [V] | 750 | 1000 | 750 | 1000 | 750 | 1000 | 750 | 1000 | 750 | 1000 | |
| Napięcie znamionowe izolacji Ui | [V] | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | 1000 | |
| Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane Uimp | [kV] | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | |
| Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany Icw (1s) | [kA] | 20 | 20 ⁽¹⁾ | 25 | 25 ⁽¹⁾ | 40 | 40 ⁽¹⁾ | 65 | 65 | 65 | 65 | |
| Prąd znamionowy załączalny zwarciowy Icm | 750VDC | [kA] | 42 | 42 | 52,5 | 52,5 | 105 | 105 | 143 | 143 | 143 | 143 |
| | 1000VDC | | - | 4 2 | - | 52,5 | - | 105 | - | 143 | - | 143 |

Uwaga: W przypadku użycia wraz z zewnętrznym przekaźnikiem zabezpieczającym o zwłocę nieprzekraczającej 500 ms, wartość prądu znamionowego wyłączalnego zwarciowego granicznego Icu będzie równa wartości prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego Icw (1 s).

⁽¹⁾ Parametry dla napięcia 750 V wynoszą:
dla wyłącznika E1B/E MS Icw = 25 kA,
dla wyłącznika E2N/E MS Icw = 40 kA i

4 Zastosowania specjalne

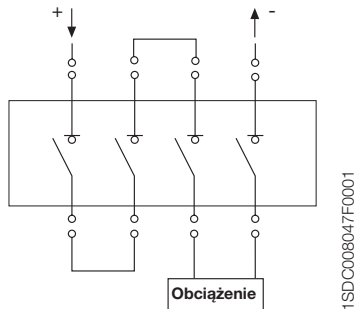
Schematy połączeń

Poniżej przedstawiono schematy połączeń, które należy stosować w zależności od typu instalacji.

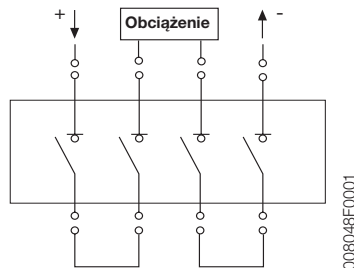
Założono, że prawdopodobieństwo podwójnego zwarcia doziemnego jest zerowe, to znaczy, że prąd zwarciowy będzie dotyczył tylko jednego bieguna wyłącznika.

Sieci niezziemiona

Można wykorzystać następujące schematy połączeń (możliwość zamiany polaryzacji).

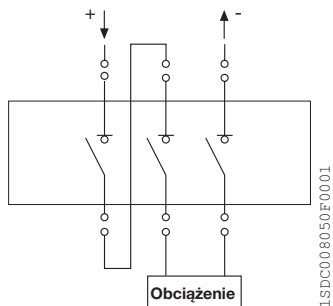


E) 3+1 bieguny połączone szeregowo (1000 V DC)



F) 2+2 bieguny połączone szeregowo (1000 V DC)

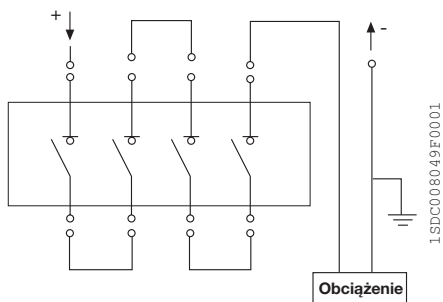
4 Zastosowania specjalne



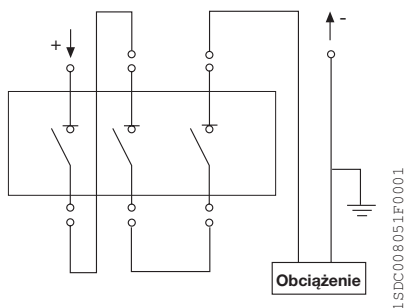
G) 2+1 bieguny połączone szeregowo (750 V DC)

Sieć z jednym przewodem biegunowym uziemionym

Uziemiony przewód biegunowy nie musi być rozłączany (w przykładach założono, że uziemiony został przewód ujemny).



H) 4 bieguny połączone szeregowo (1000 V DC)



I) 3 bieguny połączone szeregowo (750 V DC)

Sieć z uziemionym punktem środkowym zasilania

W przypadku konfiguracji przedstawionej na schemacie F wolno stosować tylko wyłączniki czterobiegunowe.

4 Zastosowania specjalne

5.3.2 Sieci 1000 V AC

Wyłączniki kompaktowe na napięcia do 1150 V AC

Opis ogólny

Wyłączniki rodziny Tmax na napięcia do 1150 V spełniają wymagania normy międzynarodowej IEC 60947-2.

Wyłączniki te mogą zostać wyposażone w wyzwalacze termomagnetyczne (w przypadku mniejszych wersji) lub też w wyzwalacze elektroniczne. Dzięki dostępnemu zakresowi nastaw od 32 A do 800 A oraz wartościom prądów wyłączalnych sięgającym 20 kA dla napięcia 1150 V AC, urządzenia te umożliwiają spełnienie każdych wymagań instalacyjnych.

Wyłączniki kompaktowe na napięcia do 1150 V AC

| | |
|---|------------------------------------|
| Prąd znamionowy ciągły, Iu | [A] |
| Bieguny | Liczba |
| Napięcie znamionowe łączeniowe Ue (AC) 50-60 Hz | [V] |
| Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane Uimp | [kV] |
| Napięcie znamionowe izolacji, Ui | [V] |
| Napięcie probiercze dla częstotliwości przemysłowej dla 1 min. | [V] |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy graniczny, Icu | |
| | (ac) 50-60 Hz 1000 V [kA] |
| | (ac) 50-60 Hz 1150 V [kA] |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciovy eksploatacyjny, Ics | |
| | (ac) 50-60 Hz 1000 V [kA] |
| | (ac) 50-60 Hz 1150 V [kA] |
| Prąd znamionowy załączalny zwarciovy, Icm | |
| | (ac) 50-60 Hz 1000 V [kA] |
| | (ac) 50-60 Hz 1150 V [kA] |
| Kategoria użytkowania (IEC 60947-2) | |
| Dostosowanie izolacji | |
| Norma odniesienia | |
| Wyzwalacze termomagnetyczne | TMD |
| | TMA |
| Wyzwalacze elektroniczne | PR221DS/LS |
| | PR221DS/I |
| | PR222DS/P-LSI |
| | PR222DS/P-LSIG |
| | PR222DS/PD-LSI |
| | PR222DS/PD-LSIG |
| | PR222MP |
| Zaciski | |
| Wersja | |
| Trwałość mechaniczna | [Liczba cykli przestawieniowych] |
| | [Liczba cykli przestawieniowych/h] |
| Podstawowe wymiary, wersja stacjonarna ⁽⁵⁾ | 3 bieguny Szer. [mm] |
| | 4 bieguny Szer. [mm] |
| | Gł. [mm] |
| | Wys. [mm] |
| Masa | Wer. stacjonarna 3/4 poles [kg] |
| | Wersja wtykowa 3/4 poles [kg] |
| | Wersja wtykowa 3/4 poles [kg] |

⁽¹⁾ Zasilanie tylko od góry

⁽²⁾ I_{cw}=5 kA

⁽³⁾ I_{cw}=7,6 kA (630 A) - 10 kA (800 A)

⁽⁴⁾ Wyłącznik Tmax T5630 jest dostępny tylko w wersji stacjonarnej

⁽⁵⁾ Wyłącznik bez osłon górnych zacisków

4 Zastosowania specjalne

Wyłączniki na napięcia do 1150 V charakteryzują się takimi samymi wymiarami, co standardowe wersje wyłączników.

Tego typu wyłączniki mogą zostać wyposażone w różnego rodzaju standardowe akcesoria, za wyjątkiem wyzwalaczy różnicowoprądowych.

W tabelach poniżej zamieszczono parametry elektryczne tych urządzeń:

| T4 | | | T5 | | | T6 | | |
|-------------|--|-----------|-------------------------------------|--|------------------------|------------------------|--|------------------------|
| 250 | | | 400/630 | | | 630/800 | | |
| 3, 4 | | | 3, 4 | | | 3, 4 | | |
| 1000 | | 1150 | 1000 | | 1150 | 1000 | | 1150 |
| 8 | | | 8 | | | 8 | | |
| 1000 | | 1150 | 1000 | | 1150 | 1000 | | 1150 |
| 3500 | | | 3500 | | | 3500 | | |
| L | | V | L | | V⁽¹⁾ | L⁽¹⁾ | | V⁽¹⁾ |
| 12 | | 20 | 12 | | 20 | 12 | | 20 |
| | | 12 | | | 12 | | | 12 |
| 12 | | 12 | 10 | | 10 | | | 6 |
| | | 6 | | | 6 | | | |
| 24 | | 40 | 24 | | 40 | | | 24 |
| | | 24 | | | 24 | | | |
| A | | | B (400 A) ⁽²⁾ /A (630 A) | | | B ⁽³⁾ | | |
| ■ | | | ■ | | | ■ | | |
| IEC 60947-2 | | | IEC 60947-2 | | | IEC 60947-2 | | |
| - | | ■ | - | | - | - | | - |
| - | | ■ | - | | ■ | - | | ■ |
| ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ |
| ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ |
| ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ |
| ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ |
| ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ |
| ■ | | ■ | ■ | | ■ | ■ | | ■ |
| ■ | | - | ■ | | - | ■ | | - |
| FC Cu | | | FC Cu | | | F-FC CuAl-R | | |
| F, P, W | | F | F, P, W ⁽⁴⁾ | | F | | | F |
| 20000 | | | 20000 | | | 20000 | | |
| 240 | | | 120 | | | 120 | | |
| 105 | | | 140 | | | 210 | | |
| 140 | | | 184 | | | 280 | | |
| 103.5 | | | 103.5 | | | 103.5 | | |
| 205 | | | 205 | | | 268 | | |
| 2.35/3.05 | | 2.35/3.05 | 3.25/4.15 | | 3.25/4.15 | | | 9.5/12 |
| 3.6/4.65 | | | 5.15/6.65 | | | | | |
| 3.85/4.9 | | | 5.4/6.9 | | | | | |

OPIS ZACISKÓW

F = Zaciski przednie

FC CuAl = Zaciski przednie wieloprzewodowe dla przewodów miedzianych i aluminium

R = Zaciski tylne nastawne

FC Cu = Zaciski przednie wieloprzewodowe dla przewodów miedzianych

4 Zastosowania specjalne

W tabelach poniżej podano dostępne typy wyzwalaczy.

Wyłączniki z wyzwalaczami elektronicznymi dla instalacji prądu przemiennego

| | In100 | In250 | In320 | In400 | In630 | In800 |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| T4 250 | ■ | ■ | - | - | - | - |
| T5 400 | - | - | ■ | ■ | - | - |
| T5 630 | - | - | - | - | ■ | - |
| T6L 630 | - | - | - | - | ■ | - |
| T6L 800 | - | - | - | - | - | ■ |
| I_3 (1÷10x In) [A] ⁽¹⁾ | 100÷1000 | 250÷2500 | 320÷3200 | 400÷4000 | 630÷6300 | 800÷8000 |
| I_3 (1,5÷12 x In) [A] ⁽²⁾ | 150÷1200 | 375÷3000 | 480÷3840 | 600÷4800 | 945÷7560 | 1200÷9600 |

⁽¹⁾ PR221

⁽²⁾ PR222

Wyłączniki z wyzwalaczami termomagnetycznymi dla instalacji prądu przemiennego

| In [A] | 32 ⁽¹⁾ | 50 ⁽¹⁾ | 80 ⁽²⁾ | 100 ⁽²⁾ | 125 ⁽²⁾ | 160 ⁽²⁾ | 200 ⁽²⁾ | 250 ⁽²⁾ | 320 ⁽²⁾ | 400 ⁽²⁾ | 500 ⁽²⁾ | 630 ⁽²⁾ | 800 ⁽²⁾ |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| T4V 250 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | - | - | - | - | - |
| T5V 400 | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | ■ | - | - | - |
| T5V 630 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | - | - |
| T6L 630 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ | - |
| T6L 800 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ■ |
| $I_3 = (10xI_n)$ [A] | 320 | 500 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| $I_3 = (5 - 10xI_n)$ [A] | - | - | 400÷800 | 500÷1000 | 625÷1250 | 800÷1600 | 1000÷2000 | 1250÷2500 | 1600÷3200 | 2000÷4000 | 2500÷5000 | 31500÷6300 | 4000÷8000 |

⁽¹⁾ Możliwość ustawienia wartości progu termicznego w zakresie od 0,7 do 1 x In; stała wartość progu magnetycznego

⁽²⁾ Możliwość ustawienia wartości progu termicznego w zakresie od 0,7 do 1 x In; możliwość ustawienia wartości progu magnetycznego w zakresie od 5 do 10 x In.

Wyłączniki powietrzne i rozłączniki izolacyjne na napięcia do 1150 V AC

Dla zastosowań z napięciami 1150 V AC dostępne są następujące urządzenia:

- **Wyłączniki** zgodne z normą IEC 60947-2

Specjalna wersja wyłączników na napięcia do 1150 V AC jest identyfikowana za pomocą standardowego oznaczenia, uzupełnionego o kod „/E”. Są to wyłączniki oparte na odpowiadających im konstrukcjach wyłączników Emax, zachowując takie same wersje, wyposażenie dodatkowe i wymiary zewnętrzne. Wyłączniki rodziny Emax są dostępne w wersji stacjonarnej i wysuwanej, trzybiegunowej i czterobiegunowej. Mogą być rozbudowywane, wybierając spośród pełnego zakresu dostępnych wyzwalaczy elektronicznych i mikroprocesorowych (PR332/P-PR333/P-PR121-PR122-PR123).

- **Rozłączniki izolacyjne** zgodne z normą IEC 60947-3

Tego typu rozłączniki są identyfikowane za pomocą oznaczenia standardowego wyłącznika oraz kodu „/E MS”. Wersje trzybiegunowe i czterobiegunowe są dostępne w postaci stacjonarnej i wysuwanej, i charakteryzują się takimi samymi wymiarami, wyposażeniem dodatkowym i montażem, co standardowe rozłączniki izolacyjne.

4 Zastosowania specjalne

W tabelach poniżej zamieszczono parametry elektryczne urządzeń:

Wyłączniki powietrzne (na napięcia do 1150 V AC)

| | XIB/E 630/800 1000/1250 1600 | E2B/E | | E2N/E | | | E3H/E | | | | | E4H/E | | E6H/E | | |
|--|---------------------------------------|-------|-----------|----------------|------|------|---|------|------|------|-----------|-------|------|----------------|------|------|
| | | 1600 | 2000 | 1250 | 1600 | 2000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 3200 | 4000 | 4000 | 5000 | 6300 |
| Prąd znamionowy ciągły (dla 40°C) I _u [A] | | 1000 | 1150 1150 | 1150 1150 1150 | | | 1150 1150 1150 1150 1150 | | | | 1150 1150 | | | 1150 1150 1150 | | |
| Napięcie znam. łączeniowe U _e [V-] | | 1000 | 1250 1250 | 1250 1250 1250 | | | 1250 1250 1250 1250 1250 | | | | 1250 1250 | | | 1250 1250 1250 | | |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy graniczny I _{cu} | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 V [kA] | 20 | 20 20 | 30 30 30 | | | | 50 50 50 50 50 | | | | 65 65 | | | 65 65 65 | | |
| 1150 V [kA] | | 20 20 | 30 30 30 | | | | 30 30 30 30 30 | | | | 65 65 | | | 65 65 65 | | |
| Prąd znamionowy wyłączalny zwarciowy eksploatacyjny I _{cs} | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 V [kA] | 20 | 20 20 | 30 30 30 | | | | 50 50 50 50 50 | | | | 65 65 | | | 65 65 65 | | |
| 1150 V [kA] | | 20 20 | 30 30 30 | | | | 30 30 30 30 30 | | | | 65 65 | | | 65 65 65 | | |
| Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany I _{cw} (1 s) [kA] | 20 | 20 20 | 30 30 30 | | | | 50 ⁽¹⁾ 50 ⁽¹⁾ 50 ⁽¹⁾ 50 ⁽¹⁾ 50 ⁽¹⁾ | | | | 65 65 | | | 65 65 65 | | |
| Prąd znamionowy załączalny zwarciowy (wartość szczytowa) I _{cm} | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1000 V [kA] | 40 | 40 40 | 63 63 63 | | | | 105 105 105 105 105 | | | | 143 143 | | | 143 143 143 | | |
| 1150 V [kA] | | 40 40 | 63 63 63 | | | | 63 63 63 63 63 | | | | 143 143 | | | 143 143 143 | | |

⁽¹⁾ 30 kA @ 1150 V

Rozłączniki izolacyjne powietrzne (na napięcia do 1150 V AC)

| | XIB/E MS | E2B/E MS | E2N/E MS | E3H/E MS | E4H/E MS | E6H/E MS |
|---|----------|----------|----------|----------|-------------------|----------|
| Prąd znamionowy ciągły (dla 40°C) I _u [A] | 1000 | 1600 | 1250 | 1250 | 3200 | 4000 |
| | 1250 | 2000 | 1600 | 1600 | 4000 | 5000 |
| | 1600 | | 2000 | 2000 | | 6300 |
| | | | | 2500 | | |
| | | | | 3200 | | |
| Bieguny | | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 | 3/4 |
| Napięcie znamionowe łączeniowe U _e [V] | | 1000 | 1150 | 1150 | 1150 | 1150 |
| Napięcie znamionowe izolacji U _i [V] | | 1000 | 1250 | 1250 | 1250 | 1250 |
| Napięcie znamionowe udarowe wytrzymywane U _{imp} [kV] | | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymywany I _{cw} (1 s) [kA] | | 20 | 20 | 30 | 30 ⁽¹⁾ | 63 |
| Prąd znamionowy załączalny zwarciowy (wartość szczytowa) I _{cm} [kA] | | 40 | 40 | 63 | 63 ⁽²⁾ | 143 |

Uwaga: W przypadku użycia wraz z zewnętrznym przełącznikiem zabezpieczającym o zwłocę nieprzekraczającej 500 ms, wartość prądu znamionowego wyłączalnego zwarciowego granicznego I_{cu} będzie równa wartości prądu znamionowego krótkotrwałego wytrzymywanego I_{cw} (1 s).

⁽¹⁾ Parametr dla 1000 V wynosi 50 kA

⁽²⁾ Parametr dla 1000 V wynosi 105 kA

4 Zastosowania specjalne

4.4 Układy automatycznego przełączania źródeł zasilania (ATS)

W instalacjach elektrycznych, w których wymagana jest duża niezawodność zasilania, ze względu na brak możliwości przerywania cyklu pracy lub w sytuacji, w której ryzyko przerwy w zasilaniu jest niedopuszczalne, niezbędny jest układ zasilania awaryjnego, w celu uniknięcia utraty danych, szkód procesów roboczych, zatrzymania instalacji, itp.

Z wyżej wymienionych powodów, układy automatycznego przełączania źródeł zasilania są wykorzystywane głównie w:

- instalacjach zasilania hoteli i lotnisk;
- salach operacyjnych i ambulatoriach w szpitalach;
- systemach zasilania UPS;
- bankach danych, systemach telekomunikacyjnych i serwerowniach;
- instalacjach zasilania ciągłych procesów przemysłowych.

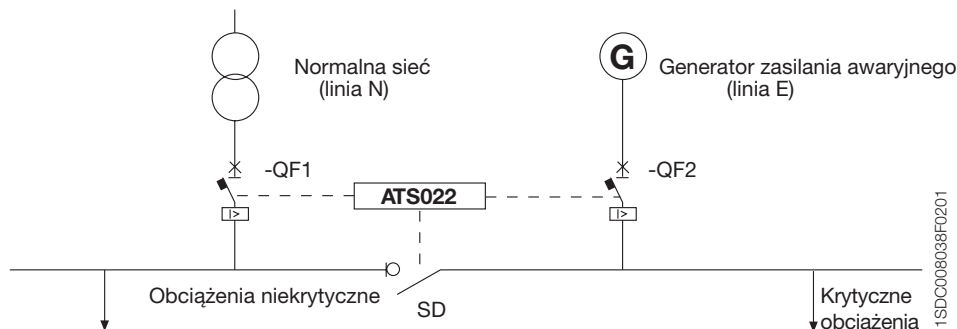
ATS020 (w wersji 021 i 022) jest rozwiązaniem oferowanym przez firmę ABB: jest to mikroprocesorowy układ automatycznego przełączania źródeł zasilania, który umożliwi przełączenie z linii normalnego zasilania (N) na linię zasilania awaryjnego (E) w przypadku wystąpienia anomalii w głównej sieci zasilającej:

- przepięć lub zapadów napięcia;
- braku jednej z faz;
- asymetrii wirowania faz;
- częstotliwości zasilania poza zakresem.

Po przywróceniu standardowych parametrów sieci zasilającej, system przełącza z powrotem zasilanie na normalną linię zasilania (N).

Układ ATS020 jest wykorzystywany w instalacjach mających dwie oddzielne linie zasilania, podłączone do tego samego szynoprzewodu i działające niezależnie („/”): pierwsza linia jest wykorzystywana jako normalne zasilanie, a druga jako zasilanie awaryjne, oparte na generatorze. Wykorzystując układ automatycznego przełączania źródeł zasilania ATS022 można wyposażyć instalację w urządzenie odłączające niepriorytetowe obciążenia, w czasie, kiedy instalacja jest zasilana z linii zasilania awaryjnego (E).

Na poniższym schemacie przedstawiono instalację wyposażoną w układ zasilania awaryjnego.



4 Zastosowania specjalne

Układ automatycznego przełączania źródeł zasilania typu ATS020 jest podłączany za pomocą odpowiednich zacisków:

- z wyłącznikami zabezpieczającym linie N oraz E, wyposażonymi w napęd silnikowy oraz w mechaniczną wzajemną blokadę, umożliwiającą wykrywanie ich statusu oraz przesyłanie poleceń otwarcia i zamknięcia, z uwzględnieniem ustawionych czasów zwłoki;
- z panelem sterującym generatorem, umożliwiającą nadzór jego statusu i przesyłanie poleceń rozruchu lub zatrzymania;
- z dowolnymi innymi sygnałami pochodzącymi z instalacji, umożliwiającymi zablokowanie działania funkcji przełączających;
- z linią N, w celu wykrywania wszelkich anomalii oraz z linią E, w celu sprawdzania obecności napięcia;
- z dodatkowym urządzeniem służącym do odłączania niepriorytetowych obciążeń;
- z zasilaniem pomocniczym 24 V DC \pm 20% (lub 48 V DC \pm 10%). Powyższe zasilanie pomocnicze musi być dostępne także w przypadku braku napięcia na obydwu liniach (linia N i linia E).

5 Rozdzielnice

5.1 Rozdzielnice elektryczne

Rozdzielnica elektryczna stanowi połączenie układów zabezpieczeń i łączników zamontowanych razem w jednej lub kilku przylegających do siebie obudowach (szafach).

W rozdzielnicy można wyróżnić następujące elementy: szafę, nazywaną przez normy obudową (pełni rolę podpory i zabezpieczenia mechanicznego znajdujących się w jej wnętrzu elementów), wyposażenie elektryczne, powiązane za pomocą wewnętrznych połączeń oraz zaciski wejściowe i wyjściowe, umożliwiające połączenie z instalacją. Wszystkie elementy instalacji elektrycznej, w tym również rozdzielnica, muszą spełniać wymagania odpowiednich norm.

W kwestii norm, zaszły pewne zmiany. Norma IEC 60439-1 została zastąpiona normami IEC 61439-1 i IEC 61439-2. Niedawna publikacja nowej normy IEC 61439 wymusiła zmiany i uszczegółowienie koncepcji aparatury rozdzielczej i sterowniczej, która nie była zmieniana od 1990 roku, kiedy to koncepcja "montowanych fabrycznie kart" została zastąpiona przez koncepcję zestawów sprawdzanych w pełnym zakresie badań typu TTA (Type-Tested Assemblies) oraz zestawów sprawdzanych w niepełnym zakresie badań typu PTTA (Partially-Type-Tested Assemblies).

Nowe normy wciąż traktują zestawy jako standardowy element instalacji, tak jak np. wyłączniki, wtyki i gniazda, ale zestawy składają się z wielu aparatów połączonych razem w jedną lub w szereg przylegających do siebie jednostek (szaf).

W rozdzielnicy można wyróżnić następujące elementy: szafę, nazywaną przez normy obudową (pełni rolę podpory i zabezpieczenia mechanicznego znajdujących się w jej wnętrzu elementów), wyposażenie elektryczne, powiązane za pomocą wewnętrznych połączeń oraz zaciski wejściowe i wyjściowe, umożliwiające połączenie z instalacją. Taki system musi zostać złożony, w celu spełnienia wymagań bezpieczeństwa oraz w celu spełnienia, w maksymalnym stopniu, wymagań funkcjonalnych, w oparciu o które był projektowany.

Wspomniane normy dotyczą rozdzielnic i sterownic niskiego napięcia, których napięcie znamionowe nie przekracza 1000 V AC lub 1500 V DC.

Norma IEC 61439-1 podaje ogólne zasady dla rozdzielnic NN, podczas gdy jej pozostałe części, będące w przygotowaniu, dotyczą określonych typów rozdzielnic. Części te należy czytać wraz z postanowieniami ogólnymi.

5 Rozdzielnice

Planowana jest publikacja następujących części normy:

- IEC 61439-2: „Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe”;
- IEC 61439-3: „Rozdzielnice tablicowe” (zastąpi normę IEC 60439-3);
- IEC 61439-4: „Zestawy przeznaczone do instalowania na terenach budów” (zastąpi normę IEC 60439-4);
- IEC 61439-5: „Zestawy przeznaczone do rozdziału energii” (zastąpi normę IEC 60439-5);
- IEC 61439-6: „Systemy przewodów szynowych” (zastąpi normę IEC 60439-2);

Dostępne są wciąż dwa inne dokumenty opublikowane przez IEC, dotyczące rozdzielnic i sterownic:

- Norma IEC 60890 opisująca metodę szacowania przyrostu temperatury, opartą na obliczeniach lub też na stosowaniu zasad projektowych;
- Norma IEC/TR 1117 opisująca metodę szacowania wytrzymałości zwarciowej, opartą na obliczeniach lub też na stosowaniu zasad projektowych;

Norma IEC 61439-1

Jak stwierdzono to już wcześniej, nowy pakiet norm, oznaczonych przez IEC numerem 61439, składa się z postanowień ogólnych 61439-1 oraz z norm szczegółowych, odnoszących się do określonych typów rozdzielnic. Pierwsza z wyżej wymienionych norm dotyczy charakterystyk, właściwości i parametrów wspólnych dla wszystkich rozdzielnic rozważanych w częściach szczegółowych normy.

Aktualna struktura nowej normy IEC 61439 wygląda następująco:

- 1) IEC 61439-1: Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 1: „Postanowienia ogólne”
- 2) IEC 61439-2: „Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe”
- 3) IEC 61439-3: „Rozdzielnice tablicowe”
- 4) IEC 61439-4: „Zestawy przeznaczone do instalowania na terenach budów”
- 5) IEC 61439-5: „Zestawy przeznaczone do rozdziału energii”
- 6) IEC 61439-6: „Systemy przewodów szynowych”

W kwestii deklaracji zgodności, każdy rodzaj rozdzielnic musi otrzymać deklarację zgodności z odpowiednią normą produktu (rozdzielnice energetyczne i sterownice muszą zostać zadeklarowane jako zgodne z normą IEC 61439-2, a rozdzielnice tablicowe jako zgodne z normą IEC 61439-3).

5 Rozdzielnice

Przejście ze starej normy IEC 60439 do aktualnej normy IEC 61439 musi zostać zrealizowane w następujący sposób. "Stara" norma 60439-1 musi zostać stopniowo zastąpiona przez nowe, już dostępne normy 61439-1 i 2. Stara norma będzie jednak wciąż obowiązywać do 31 października 2014 r. dla rozdzielnic energetycznych i sterownic (nazywanych również zestawami PSC). Po tej dacie, nowe zestawy PSC będą musiały spełniać wyłącznie wymagania nowych norm. Okres ważności normy 60439-1 i pozostałych norm 60439-X obejmuje 2014 r. dla konstrukcji innych, specjalnych zestawów (rozdzielnice przeznaczone do montażu na terenach budów, systemy przewodów szynowych, systemy rozdziału energii, itd...), ponieważ na chwilę obecną nowe normy dla tego zakresu produktów znajdują się na etapie planowania: zostały przewidziane do publikacji, ale nie są jeszcze dostępne.

Norma podstawowa ustanawia wymagania dla konstrukcji, bezpieczeństwa i konserwacji rozdzielnic i sterownic elektrycznych, identyfikując odpowiednie charakterystyki, warunki środowiska pracy, wymagania mechaniczne i elektryczne oraz zalecenia związane z parametrami.

Dawna norma z 1990 roku dzieliła rozdzielnice na dwa typy, w zależności od zakresu laboratoryjnych badań typu: zestawy sprawdzane w pełnym zakresie badań typu TTA (Type-Tested Assemblies) oraz zestawy sprawdzane w niepełnym zakresie badań typu PT TA (Partially-Type-Tested Assemblies).

Nowa norma eliminuje ten dualizm, zastępując go pojęciem zestawu "zgodnego", to znaczy zestawu spełniającego wymagania projektowe normy.

W tym celu norma wprowadza trzy różne, ale równoważne metody kontroli spełnienia wymagań zgodności rozdzielnic. Są to:

- 1) kontrola w oparciu o próby laboratoryjne (nazywane przedtem próbami roboczymi, a obecnie kontrolą w oparciu o próby);
- 2) kontrola w oparciu o obliczenia (wykorzystując stare i nowe algorytmy);
- 3) kontrola spełnienia wymagań projektowych (analizy i rozważania niezależne od prób; kontrola w oparciu o kryteria fizyczne/analityczne lub analizy projektowe).

Wykorzystując jedną z powyższych metod można zagwarantować różne charakterystyki (przyrost temperatury, izolacja, korozja, itp...). Wybór konkretnego sposobu zagwarantowania zgodności rozdzielnic nie ma znaczenia.

Ponieważ nie zawsze można wybierać spośród jednej z trzech metod, w tabeli D.1 załącznika D normy (patrz tabela na kolejnej stronie) zamieszczono listę kontrolowanych charakterystyk, wraz z informacją, którą z metod kontroli można wykorzystać w poszczególnych przypadkach.

5 Rozdzielnice

| Nr | Parametr do sprawdzenia | Punkt lub podpunkt | Dostępne sposoby kontroli | | |
|-------------|---|--------------------|----------------------------|---------------------------------|--|
| | | | Kontrola w oparciu o próbę | Kontrola w oparciu o obliczenia | Kontrola w oparciu o spełnienie zasad projektowych |
| 1 | Wytrzymałość materiałów i części rozdzielnic: | 10.2 | | | |
| | Odporność na korozję | 10.2.2 | TAK | NIE | NIE |
| | Właściwości materiałów izolacyjnych: | 10.2.3 | | | |
| | Stabilność termiczna | 10.2.3.1 | TAK | NIE | NIE |
| | Odporność materiału izolacyjnego na normalne nagrzewanie się | 10.2.3.2 | TAK | NIE | NIE |
| | Odporność materiałów izolacyjnych na nieprawidłowe nagrzewanie się i pożary spowodowane przez wewnętrzne zjawiska elektryczne | 10.2.3.3 | TAK | NIE | NIE |
| | Odporność na promieniowanie ultrafioletowe (UV) | 10.2.4 | TAK | NIE | NIE |
| | Uderzenia mechaniczne | 10.2.4 | TAK | NIE | NIE |
| Oznakowanie | 10.2.6 | TAK | NIE | NIE | |
| | 10.2.7 | TAK | NIE | NIE | |
| 2 | Stopień ochrony zapewniany przez obudowy | 10.3 | TAK | NIE | TAK |
| 3 | Odstępy i drogi upływu | 10.4 | TAK | TAK | TAK |
| 4 | Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym i integralność układów zabezpieczeń: | 10.5 | | | |
| | Skuteczna ciągłość pomiędzy dostępnymi częściami przewodzącymi rozdzielnic i układami zabezpieczeń | 10.5.2 | TAK | NIE | NIE |
| | Podatność rozdzielnic na zewnętrzne niesprawności | 10.5.3 | TAK | TAK | TAK |
| 5 | Montaż łączników i komponentów | 10.6 | NIE | NIE | TAK |
| 6 | Wewnętrzne obwody elektryczne i połączenia | 10.7 | NIE | NIE | TAK |
| 7 | Zaciski zewnętrznych przewodów | 10.8 | NIE | NIE | TAK |
| 8 | Właściwości dielektryczne: | 10.9 | | | |
| | Napięcie wytrzymałowe dla mocy i częstotliwości nominalnej | 10.9.2 | TAK | NIE | NIE |
| | Napięcie udarowe wytrzymałowe | 10.9.3 | TAK | NIE | TAK |
| 9 | Granice przyrostu temperatury | 10.10 | TAK | TAK | TAK |
| 10 | Wytrzymałość zwarciova | 10.11 | TAK | TAK | TAK |
| 11 | Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) | 10.12 | TAK | NIE | TAK |
| 12 | Działanie mechaniczne | 10.13 | TAK | NIE | NIE |

5 Rozdzielnice

Jak można to zauważyć, niektóre parametry, takie jak odporność na korozję lub na uderzenia mechaniczne, mogą być kontrolowane wyłącznie w oparciu o próby. W przypadku innych parametrów, takich jak przyrost temperatury i wytrzymałość zwarciowa, można zastosować trzy różne metody kontroli: próby, obliczenia lub zasady projektowe.

Kolejną ważną zmianą w nowej normie jest precyzyjniejsza specyfikacja producenta. Rozróżniono dwa rodzaje producentów: producenta "pierwotnego" oraz producenta "rozdzielniczy".

Pierwszy z nich jest podmiotem, który opracował pierwotny projekt serii, do której należy rozdzielnica do ukończenia i przeprowadził w tym celu weryfikację projektu (dawnie badania typu), obliczeń lub zasad projektowych, w celu uwzględnienia wszystkich możliwych sposobów kontroli zestawu.

Jest oczywiste, że im lepsze i efektywniejsze będą rozwiązania zaproponowane i "standaryzowane" przez pierwotnego producenta, tym większe będzie prawdopodobieństwo budowy tych rozdzielnic i, w rezultacie, prawdopodobieństwo uzyskania korzyści finansowych. Drugi z producentów, identyfikowany jako producent "rozdzielniczy", jest podmiotem, który faktycznie buduje rozdzielnicę, czyli pozyskuje różne części i komponenty, i w odpowiedni sposób składa je razem, realizując kompletny montaż, instalację i podłączenie, wykorzystując jedną z wcześniej wspomnianych możliwości projektowych, gotową do użycia, oferowaną przez "pierwotnego" producenta.

Norma akceptuje wciąż fakt, że niektóre etapy montażu rozdzielnic są realizowane również w laboratoriach lub warsztatach producentów (na miejscu lub w?). Muszą jednak zostać spełnione zalecenia normy.

Z operacyjnego punktu widzenia producenci i montujący (producenci końcowi) mogliby, jak zwykle, montować w odpowiedniej konfiguracji produkty sprzedawane w postaci zestawów i oferowane w katalogach "pierwotnych" producentów.

Podsumowując, "pierwotny" producent musi:

- zaprojektować (obliczać, projektować i wykonywać) rodzinę rozdzielnic;
- przetestować pewną liczbę prototypów, należących do rodziny rozdzielnic;
- zakończyć te testy pomyślnie, w celu wykazania obowiązkowej zgodności z postanowieniami normy;
- opracować na podstawie wyników testów inne konfiguracje, opierając się na obliczeniach, innych analizach lub pomiarach;
- dodać inne konfiguracje uzyskane bez testów, w oparciu o odpowiednie "zasady projektowe";
- zbierać wszystkie wyżej wymienione informacje i udostępniać je klientom końcowym za pomocą katalogów, narzędzi i oprogramowania, tak aby mogli oni budować nowe rozdzielnice i zarządzać nimi w optymalny sposób, odpowiednio je kontrolując i konserwując.

5 Rozdzielnice

Lista zalecanych przez normę kontroli projektu, za które jest odpowiedzialny „pierwotny” producent, który zgodnie z tabelą na stronie 217 musi podjąć decyzję dotyczącą tego, w jaki sposób przeprowadzić weryfikację, obejmując następujące działania:

Kontrola odpowiednich parametrów konstrukcyjnych:

- Wytrzymałość materiałów i części rozdzielnic;
- Stopień ochrony IP rozdzielnic;
- Odstępny izolacyjny;
- Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym i integralność układów zabezpieczeń;
- Montaż łączników i komponentów;
- Wewnętrzne obwody elektryczne i połączenia;
- Zaciski zewnętrznych przewodów.

Kontrola charakterystyk konstrukcyjnych związanych z parametrami;

- Właściwości dielektryczne (napięcie wytrzymałowe dla mocy i częstotliwości 50 Hz oraz napięcie udarowe wytrzymałowe);
- Kontrola granic przyrostów temperatury;
- Wytrzymałość zwarciowa;
- Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC);
- Działanie mechaniczne.

Producent „rozdzielnic” jest, ze swojej strony, odpowiedzialny za:

- dobór i montaż komponentów, w pełnej zgodności z podanymi zaleceniami;
- przeprowadzenie rutynowej kontroli każdej wyprodukowanej rozdzielnic;
- certyfikację rozdzielnic.

Lista rutynowych kontroli zalecanych przez normę, za które jest odpowiedzialny producent „rozdzielnic”, obejmuje następujące elementy:

Kontrola odpowiednich parametrów konstrukcyjnych:

- Stopień ochrony IP zapewniany przez obudowę;
- Odstępy izolacyjne;
- Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym i integralność układów zabezpieczeń;
- Montaż łączników i komponentów;
- Wewnętrzne obwody elektryczne i połączenia;
- Zaciski zewnętrznych przewodów;

Charakterystyki dotyczące parametrów:

- Właściwości dielektryczne (napięcie wytrzymałowe dla mocy i częstotliwości 50 Hz oraz napięcie udarowe wytrzymałowe);
- Prawdliwość połączeń elektrycznych.

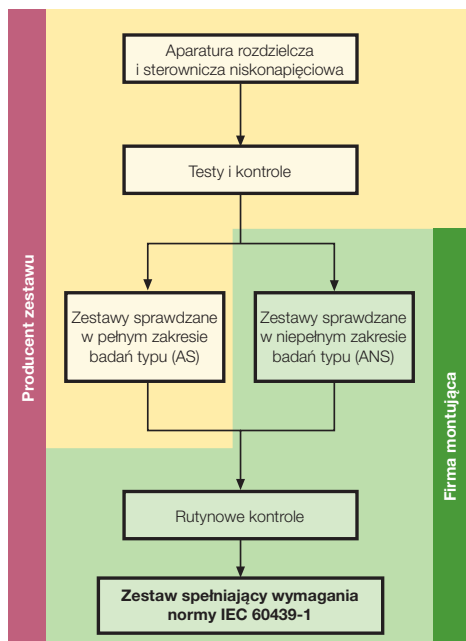
Powyższe kontrole mogą zostać wykonane w dowolnej kolejności.

Fakt, że rutynowe kontrole są przeprowadzane przez producenta „rozdzielnic” nie zwalnia wykonującego pulpity z konieczności ich skontrolowania po transporcie i zamontowaniu.

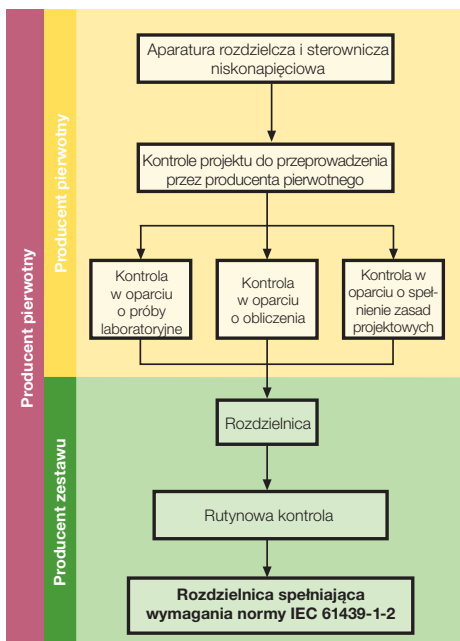
Najważniejsze zmiany i nowości wprowadzone przez normę IEC 61439, w porównaniu do dawnej normy IEC 60439, podsumowano na schemacie przedstawionym na następnej stronie.

5 Rozdzielnice

Norma IEC 60439-1



Norma IEC 61439-1-2



5 Rozdzielnice

Stopień ochrony

Stopień ochrony IP informuje o zapewnionym przez rozdzielnicę poziomie ochrony, zabezpieczającym przed dostępem lub dotykiem elementów pod napięciem oraz przed przedostawaniem się ciał obcych lub płynów. Kod IP jest systemem wykorzystywanym do identyfikacji stopnia ochrony, zgodnie z wymaganiami normy IEC 60529. Jeśli nie zostanie to określone inaczej przez producenta, stopień ochrony dotyczy kompletnej rozdzielniczy, złożonej i ustawionej w położeniu normalnej pracy (z zamkniętymi drzwiami).

Producent musi również określić stopień ochrony poszczególnych konfiguracji, które mogą powstać w trakcie eksploatacji, na przykład stopień ochrony rozdzielniczy z otwartymi drzwiami lub też z wysuniętymi lub zdemontowanymi urządzeniami.

Elementy kodów IP i ich znaczenie

| Element | Cyfry lub litery | Znaczenie dla ochrony urządzeń | Znaczenie dla ochrony osób | Punkt |
|-----------------------------------|----------------------------------|---|---|---------|
| Pierwsza litera charakterystyczna | IP | Ochrona przed dostępem obcych ciał stałych | Ochrona przed dostępem do niebezpiecznych elementów | Punkt 5 |
| | 0 | (bez ochrony) | (bez ochrony) | |
| | 1 | ≥ 50 mm średnicy | wierzchem dłoni | |
| | 2 | ≥ 12,5 mm średnicy | palcem | |
| | 3 | ≥ 2,5 mm średnicy | narzędziem | |
| | 4 | ≥ 1,0 mm średnicy | przewodem | |
| | 5 | dust-protected | przewodem | |
| | 6 | dust-tight | przewodem | |
| Druga litera charakterystyczna | | Ochrona przed wnikaniem wody prowadzącym do szkód | | Punkt 6 |
| | 0 | (bez ochrony) | | |
| | 1 | o. przed kroplami padającymi pionowo | | |
| | 2 | o. przed kroplami padającymi pod kątem 15° | | |
| | 3 | ochrona przed rozpyloną wodą | | |
| | 4 | ochrona przed rozpryskami | | |
| | 5 | ochrona przed strumieniem | | |
| | 6 | ochrona przed silnym strumieniem | | |
| | 7 | ochrona przed czasowym zanurzeniem | | |
| 8 | ochrona przed długim zanurzeniem | | | |
| Dodatkowa litera (opcjonalna) | | | Ochrona przed dostępem do niebezpiecznych elementów | Punkt 7 |
| | A | | wierzchem dłoni | |
| | B | | palcem | |
| | C | | narzędziem | |
| | D | | przewodem | |
| Dodatkowa litera (opcjonalna) | | Dodatkowa informacja dotycząca: | | Punkt 8 |
| | H | Aparaty wys. napięcia | | |
| | M | Ruch w trakcie próby wodnej | | |
| | S | Bez ruchu w trakcie pr. wodnej | | |
| | W | Warunki pogodowe | | |

5 Rozdzielnice

Rozwiązania przegródzeń i klasyfikacja rozdzielnic

Rozwiązania wewnętrznych wygradzeń

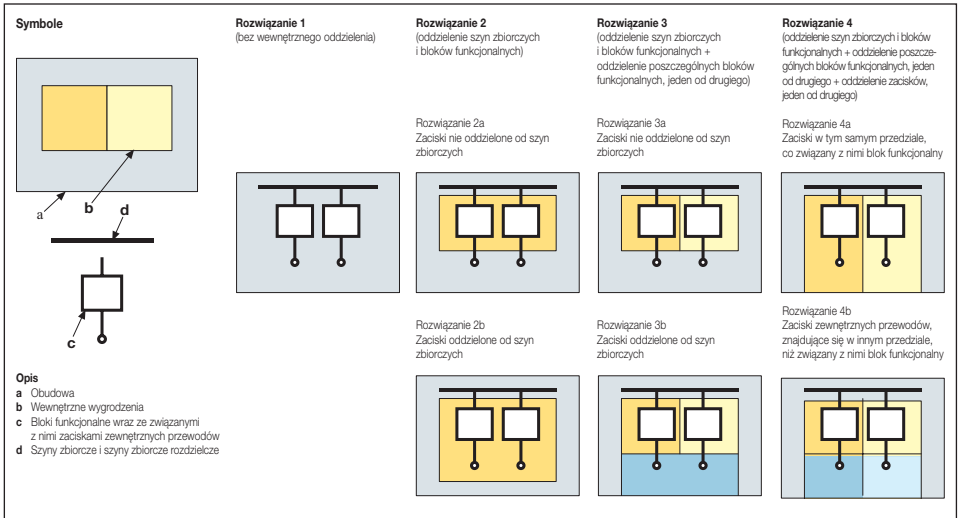
Wygradzenia stanowią rodzaj wewnętrznego podziału rozdzielnicy. Wygradzenia realizowane za pomocą barier lub przegród (metalowych lub wykonanych z materiałów izolacyjnych) mogą spełniać następujące funkcje:

- zapewniać zabezpieczenie przed dotykiem bezpośrednim (przynajmniej IPXXB) w przypadku dostępu do części rozdzielnicy, która nie znajduje się pod napięciem, chroniąc przed dostępem do pozostałej części rozdzielnicy, która pozostaje pod napięciem;
- zmniejszać ryzyko wystąpienia lub propagacji wewnętrznego łuku elektrycznego;
- uniemożliwić przedostawanie się ciał stałych pomiędzy różnymi częściami rozdzielnicy (stopień ochrony przynajmniej IP2X).

Przegroda jest to element separujący dwie części, podczas gdy bariera chroni operatora przed dotykiem bezpośrednim i skutkami wylądowań łukowych, pochodzących ze wszelkich normalnie dostępnych układów wyłączających. W tabeli poniżej, zaczerpniętej z normy IEC 61439-1-2, przedstawiono typowe rodzaje przegródzeń, które można uzyskać stosując bariery lub przegrody:

| Kryterium główne | Kryterium drugiego rzędu | Rozwiązanie 1 |
|---|--|----------------|
| No separation | | Rozwiązanie 1 |
| Oddzielenie szyn zbiorczych i bloków funkcjonalnych | Zaciski zewnętrznych przewodów nie oddzielone od szyn zbiorczych | Rozwiązanie 2a |
| | Zaciski zewnętrznych przewodów oddzielone od szyn zbiorczych | Rozwiązanie 2b |
| Oddzielenie szyn zbiorczych i bloków funkcjonalnych oraz oddzielenie poszczególnych bloków funkcjonalnych, jeden od drugiego | Zaciski zewnętrznych przewodów nie oddzielone od szyn zbiorczych | Rozwiązanie 3a |
| Oddzielenie zacisków zewnętrznych przewodów i bloków funkcjonalnych, bez separacji poszczególnych bloków funkcjonalnych | Zaciski zewnętrznych przewodów oddzielone od szyn zbiorczych | Rozwiązanie 3b |
| Oddzielenie szyn zbiorczych i bloków funkcjonalnych oraz oddzielenie poszczególnych bloków funkcjonalnych, jeden od drugiego, w tym również zacisków zewnętrznych przewodów, stanowiących integralny element bloku funkcjonalnego | Zaciski zewnętrznych przewodów, znajdujące się w tym samym przedziale, co związane z nimi blok funkcjonalny | Rozwiązanie 4a |
| | Zaciski zewnętrznych przewodów, znajdujące się nie w tym samym przedziale, co związane z nimi blok funkcjonalny, ale w niezależnych, oddzielonych, zamkniętych przestrzeniach lub przedziałach | Rozwiązanie 4b |

5 Rozdzielnice



1SDC008039F0201

Klasyfikacja

Istnieją różne klasyfikacje rozdzielnic elektrycznych, opierające się na różnych czynnikach.

Opierając się na konstrukcji systemu, norma IEC 61439-1 rozróżnia najpierw rozdzielnice otwarte i osłonięte.

Rozdzielnica jest osłonięta, jeśli zawiera ze wszystkich stron panele ochronne, zapewniające przynajmniej stopień ochrony IPXXB przed dotykiem bezpośrednim. Rozdzielnice stosowane w normalnych środowiskach muszą być osłonięte.

Otwarte rozdzielnice, z osłonami lub bez osłon, charakteryzują się dostępnością elementów znajdujących się pod napięciem. Mogą być stosowane wyłącznie w elektrowniach.

Z punktu widzenia zewnętrznej konstrukcji, rozdzielnice dzieli się na następujące kategorie:

– Rozdzielnice szafowe

Wykorzystywane dla dużych aparatów sterowniczych i rozdzielczych; rozdzielnice wieloszafowe uzyskuje się zestawiając szereg szaf razem, obok siebie.

– Rozdzielnice pulpitemowe

Wykorzystywane do sterowania maszynami lub złożonymi systemami w przemyśle mechanicznym, stalowym lub chemicznym.

– Rozdzielnice skrzynkowe

Charakteryzujące się montażem ściennym (na ścianie lub montaż wpuszczany). Tego typu rozdzielnice są zazwyczaj wykorzystywane w instalacjach rozdzielczych działów lub pięter, w środowiskach przemysłowych oraz w sektorze usługowym.

5 Rozdzielnice

– Rozdzielnice wieloskrzynkowe

Każda skrzynka, zazwyczaj chroniona i wyposażona w?, zawiera blok funkcjonalny, którym może być wyłącznik automatyczny, rozrusznik, kompletne gniazdo z łącznikiem wyposażonym w układ blokujący lub kompletne gniazdo z wyłącznikiem.

Z punktu widzenia funkcji, rozdzielnice można podzielić na następujące typy:

– Rozdzielnice główne

Rozdzielnice główne są zazwyczaj montowane zaraz za transformatorami SN/NN lub generatorami. Są również nazywane centrum zasilania. Rozdzielnice główne składają się z jednego lub kilku modułów wejściowych, złącz szyn zbiorczych i relatywnie mniejszej liczby modułów wyjściowych.

– Rozdzielnice rozdziału wtórnego

Rozdzielnice rozdziału wtórnego obejmują szeroki zakres rozdzielnic przeznaczonych do dystrybucji zasilania. Są one wyposażone w pojedynczy moduł wejściowy i szereg modułów wyjściowych.

– Pulpity sterowania silników

Pulpity sterowania silników są przeznaczone do sterowania i scentralizowanego zabezpieczenia silników. Zawierają skoordynowane układy sterowania i zabezpieczenia, pomocnicze układy sterowania oraz układy sygnalizacji.

– Pulpity pomiarowo-kontrolne i zabezpieczenia

Pulpity pomiarowo-kontrolne i zabezpieczenia są to zazwyczaj pulpity zawierające głównie urządzenia sterowania, monitorowania i pomiarowe, przeznaczone dla procesów i systemów przemysłowych.

– Pulpity sterowania maszyn

Pulpity sterowania maszyn są funkcjonalnie podobne do powyższych. Ich zadaniem jest zapewnienie interfejsu pomiędzy maszyną, zasilaniem i operatorem.

– Rozdzielnice dla terenów budów (ASC)

Rozdzielnice dla terenów budów mogą charakteryzować się różnymi rozmiarami, od prostych zestawów składających się z gniazda i modułu wtykowego, aż po prawdziwe rozdzielnice dystrybucyjne, zamknięte w obudowach wykonanych z metalu lub materiałów izolacyjnych. Są zazwyczaj mobilne lub, w każdym razie, przystosowane do transportu.

Kontrola granic przyrostów temperatury wewnątrz rozdzielnic

Wprowadzenie

Kontrola granic przyrostów temperatury, narzucona przez normę IEC 61439-1, może zostać przeprowadzona w oparciu o jedną z poniższych metod:

- próby kontrolne, wykorzystując przepływ prądu (w laboratorium);
- analiza na podstawie zasad projektowych;
- obliczenia algebraiczne.

5 Rozdzielnice

Norma IEC 61439-1 zaleca zgodność z takimi samymi granicami przyrostu temperatury, co poprzednia wersja normy. Są to granice, których nie wolno przekroczyć w trakcie próby przyrostu temperatury. Powyższe granice przyrostu temperatury są stosowane, uwzględniając temperaturę otoczenia, która nie może przekraczać +40°C, a jej średnia dobowa wartość nie może przekroczyć +35°C.

Określone przez normę granice przyrostu temperatury, dla różnych elementów rozdzielnic, zostały podane w tabeli poniżej.

| Elementy rozdzielnic | Przyrost temperatury [K] |
|--|--|
| Elementy wbudowane ^{a)} | (*) Zgodnie z odpowiednimi wymaganiami norm produktów dla poszczególnych elementów lub też zgodnie z instrukcjami producenta f), uwzględniając temperaturę panującą wewnątrz rozdzielnic |
| Zaciski zewnętrznych przewodów izolowanych | 70 ^{b)} |
| Szyny zbiorcze i przewody | Ograniczona przez: - wytrzymałość mechaniczną materiałów przewodzących ^{g)} ; - możliwy wpływ na znajdujące się w pobliżu urządzenia; - dopuszczalny przyrost temperatury materiałów izolacyjnych stykających się z elementami przewodzącymi; - wpływ temperatury elementów przewodzących na podłączone do nich aparaty; - dla elementów stykowych wtyków, przez rodzaj i wykończenie powierzchni materiału styku. |
| Elementy ręcznego sterowania: | |
| - wykonane z metalu | 15 ^{c)} |
| - wykonane z materiałów izolacyjnych | 25 ^{c)} |
| Dostępne zewnętrzne obudowy i osłony: | |
| - metalowe powierzchnie | 30 ^{d)} |
| - powierzchnie izolujące | 40 ^{d)} |
| Dyskretne zespoły połączeń wtyk – gniazdo | Wynikają z granic dla tych elementów urządzeń, których część stanowią ^{e)} |

^{a)} Termin „elementy wbudowane” oznacza:

- standardową aparaturę rozdzielczą i sterowniczą;
- elektroniczne podzespoły (np. mostki prostownicze, obwody drukowane);
- elementy urządzeń (np. regulatory, zasilacze stabilizowane, wzmacniacze operacyjne).

^{b)} Wynosząca 70 K granica przyrostu temperatury opiera się na standardowe próbie (punkt 10.10). Rozdzielnica używana lub kontrolowana w warunkach montażowych może posiadać połączenia, których typ, rodzaj i rozmieszczenie może być inne, niż w trakcie próby laboratoryjnej, co może prowadzić do innego przyrostu temperatury zacisków i może wymagać akceptacji. Tam, gdzie zaciski elementów wbudowanych są również zaciskami zewnętrznymi przewodów, należy stosować się do niższej spośród podanych przez normę granic przyrostu temperatury.

^{c)} W przypadku będących częścią rozdzielnic elementów ręcznego sterowania, które są dostępne dopiero po jej otwarciu (przykładowo dźwignie wysuwające), i które są rzadko wykorzystywane, dopuszcza się podniesienie o 25 K określonego przez normę, dopuszczalnego przyrostu temperatury.

^{d)} Jeśli nie zostanie to określone inaczej, w przypadku osłon i obudów, które są dostępne, ale nie ma potrzeby ich dotykania w trakcie normalnej pracy, dopuszcza się podniesienie o 10 K określonego przez normę, dopuszczalnego przyrostu temperatury. Zewnętrzne powierzchnie i elementy znajdujące się ponad 2 m od podstawy rozdzielnic są traktowane jako niedostępne.

^{e)} Zapewnia to pewną elastyczność z punktu widzenia urządzeń (np. układów elektronicznych), które podlegają innym ograniczeniom przyrostu temperatury, od podanych dla aparatury rozdzielczej i sterowniczej.

^{f)} Dla prób przyrostu temperatury, zgodnych z punktem 10.10 normy, granice przyrostu temperatury muszą zostać określone przez pierwotnego producenta, uwzględniając dodatkowe punkty pomiaru i ograniczenia narzucone przez producentów komponentów.

^{g)} Zakładając, że wszystkie pozostałe kryteria są spełnione, dla gołych miedzianych szyn zbiorczych i przewodów nie należy przekraczać maksymalnej granicy przyrostu temperatury, wynoszącej 105 K.

Uwaga: Wartość 105 K wynika z temperatury, powyżej której może prawdopodobnie dojść do przepalania miedzianych elementów. Inne materiały mogą charakteryzować się inną wartością maksymalnego, dopuszczalnego przyrostu temperatury.

5 Rozdzielnice

Kontrola termiczna rozdzielnic

W kwestii granic przyrostów temperatury, z punktu widzenia certyfikacji aparatury rozdzielczej istnieje możliwość postępowania zgodnie z jedną z trzech nowych, dostępnych procedur:

- 1) Badania kontrolne (dawne badania typu), w trakcie których osiągnięty i utrzymywany w warunkach roboczych przyrost temperatury jest mierzony w określonych punktach wewnątrz prototypowej rozdzielnic, kontrolowanej laboratoryjnie, w warunkach przepływu prądu. Otrzymane wyniki są następnie porównywane z dopuszczalnymi wartościami (przedstawionymi na poprzedniej stronie). Jeśli zmierzone wartości są mniejsze lub równe dopuszczalnym, wynik badania zostaje uznany za pozytywny dla danych wartości prądu oraz w określonych warunkach otoczenia (temperatura otoczenia, wilgotność, itp...).
- 2) Obliczenia dla podobnych wersji (na podstawie poddanej badaniom, podłączonej rozdzielnic). Taka procedura, która może być stosowana tylko wtedy, jeśli dostępne są dane uzyskane w trakcie badań, jest wykorzystywana do weryfikacji zgodności wersji pochodnych rozdzielnic, które nie zostały poddane badaniom. Procedura ta podlega precyzyjnym zasadom porównań z badanymi laboratoryjnie konfiguracjami rozdzielnic.

Rozdzielnice pochodne są uznawane za zgodne, jeśli, w porównaniu do zestawu poddanego badaniom:

- są wyposażone w tego samego typu bloki funkcjonalne (np. takie same schematy elektryczne, tej samej wielkości aparaty, taki sam układ i mocowanie, taka sama konstrukcja, takie same przewody i okablowanie), co bloki funkcjonalne wykorzystane w trakcie badań;
- mają taką samą konstrukcję, co rozdzielnica wykorzystana w trakcie badań;
- charakteryzują się takimi samymi lub większymi wymiarami zewnętrznymi, co rozdzielnica wykorzystana w trakcie badań;
- charakteryzują się takimi samymi lub lepszymi warunkami chłodzenia, co w trakcie badań (konwekcja wymuszona lub naturalna, takie same lub większe otwory wentylacyjne);
- charakteryzują się takimi samymi lub zredukowanymi wewnętrznymi rozdzielnicami izolacyjnymi (jeśli takie były), co rozdzielnica wykorzystana w trakcie badań;
- charakteryzują się takimi samymi lub zredukowanymi stratami mocy, w tym samym segmencie, co zestaw wykorzystany do badań;
- charakteryzują się taką samą lub mniejszą liczbą obwodów wyjściowych, co zestaw wykorzystany do badań;

5 Rozdzielnice

3) Sprawdzenie przyrostu temperatury, w oparciu o obliczenia. W tym przypadku badania laboratoryjne nie są brane pod uwagę, natomiast wykorzystywane są matematyczne algorytmy termodynamiczne, które są stosowane od lat przez projektantów rozdzielnic. Istnieją dwie metody obliczeniowe, stanowiące alternatywę dla badań. Są to metody czysto obliczeniowe, odrębne i niezależne. Są to:

a) Tak zwana "metoda mocy", oparta na nieprzekraczalnej górnej granicy strat mocy cieplnej w określonej obudowie.

W celu określenia wartości tych strat, w watach, symulowany jest przyrost temperatury w pustej rozdzielnicy, poprzez umieszczenie w środku regulowanych rezystorów grzejnych, których zadaniem jest doprowadzenie obudowy do termicznego stanu ustalonego.

Po jego osiągnięciu i po sprawdzeniu, czy przyrost temperatury zawiera się w określonych granicach, dla każdej z obudów uzyskuje się wartość maksymalnych strat mocy termicznej.

Metoda ta ma pewne ograniczenia i jest stosowana szczególnie do rozdzielnic:

1) z pojedynczym przedziałem i prądami do 630 A;

2) z jednorodnym rozkładem wewnętrznych strat;

3) w których elementy mechaniczne i zamontowane urządzenia są rozmieszczone w taki sposób, że przepływ powietrza jest tylko nieznacznie ograniczony;

4) w których przewody przewodzą prądy przekraczające 200 A, a elementy konstrukcyjne są rozmieszczone w taki sposób, że straty związane z prądami wirowymi są pomijalnie małe;

5) które zawierają urządzenia wykorzystujące 80% wartości charakterystycznej prądu termicznego umownego dla otwartej przestrzeni.

b) Algorytm obliczeniowy z normy IEC 60890, mający zastosowanie dla rozdzielnic o wielu przedziałach, z prądami znamionowymi sięgającymi 1600 A (wcześniej było to 3150 A). W tym przypadku wykorzystywane są procedury obliczeń algebraicznych, bez danych eksperymentalnych. Jest to procedura obliczeniowa prowadząca do wykreślenia, od dołu do góry, mapy termicznej rozdzielnicy w warunkach ustalonych, z przyrastającymi liniowo wartościami temperatury, aż do osiągnięcia maksymalnej wartości na górze obudowy.

Wykorzystując wielkość całkowitych strat mocy można oszacować przyrost temperatury wewnątrz rozdzielnicy, na różnych wysokościach, od dołu do góry.

5 Rozdzielnice

Normy IEC 60890 i IEC 61439-1 stwierdzają, że taka metoda obliczeń może być stosowana tylko wtedy, kiedy spełnione są następujące warunki:

- prąd znamionowy obwodów rozdzielnic nie może przekraczać 80% wartości prądu znamionowego (dla otwartej przestrzeni) zabezpieczeń i elementów elektrycznych zamontowanych w obwodach;
- istnieje w przybliżeniu równomierny rozkład strat mocy wewnątrz obudowy i nie ma przeszkód uniemożliwiających jej rozpraszanie na zewnątrz rozdzielnic;
- zamontowana rozdzielnica jest skonfigurowana w taki sposób, że przepływ powietrza jest ograniczony tylko w niewielkim stopniu;
- zamontowana rozdzielnica została zaprojektowana dla prądu stałego i prądu przemiennego o częstotliwości do 60 Hz włącznie, z sumarycznym natężeniem prądów zasilania nieprzekraczającym 1600 A;
- przewody przewodzące prądy o natężeniu przekraczającym 200 A i elementy konstrukcyjne są rozmieszczone w taki sposób, że wpływ prądów wirowych jest pomijalnie mały;
- w przypadku obudów z otworami wentylacyjnymi, przekrój wylotów powietrza jest przynajmniej 1,1 razy większy od przekroju wlotów powietrza;
- w każdym segmencie rozdzielnic znajdują się nie więcej, niż trzy przegrody;
- jeśli obudowa z zewnętrznymi otworami wentylacyjnymi będzie dzielona na przedziały, powierzchnia otworów wentylacyjnych, w każdej wewnętrznej przegrodzie, musi być równa przynajmniej 50% poziomej powierzchni segmentu przedziału.

W celu obliczenia przyrostu temperatury powietrza wewnątrz obudowy, po spełnieniu wymagań normy, należy rozważyć następujące dane:

- Wymiary obudowy
- Sposób montażu:
 - obudowa z dostępem powietrza ze wszystkich stron;
 - obudowa montowana na ścianie;
 - obudowa przewidziana do montażu na końcu szeregu;
 - obudowa przewidziana do montażu w środku rozdzielnic wieloszafowej;
- Wszystkie otwory wentylacyjne i ich wymiary
- Liczba wewnętrznych, poziomych przegród
- Straty mocy spowodowane przez prąd płynący przez poszczególne urządzenia i przewody zamontowane wewnątrz rozdzielnic lub przedziału.

Norma dopuszcza obliczanie przyrostu temperatury w powietrzu, w połowie wysokości oraz w najwyższym punkcie rozdzielnic.

Po wykreśleniu mapy termicznej wewnątrz rozdzielnic, od dołu do góry, rozdzielnica jest kontrolowana, czy obliczona temperatura powietrza na wysokości montażu jakiegokolwiek urządzenia nie przekroczy dopuszczalnej temperatury otoczenia, zgodnie z danymi producentów urządzeń.

Oznacza to dla łączników lub elementów elektrycznych obwodów głównych, że długotrwale obciążenie nie przekracza dopuszczalnej wartości, dla obliczonej, lokalnej temperatury powietrza, dla natężenia prądu nieprzekraczającego 80% wartości znamionowej.

W załączniku B zamieszczono opis metody obliczeniowej, podawanej przez normę. Firma ABB oferuje klientom oprogramowanie obliczeniowe, które umożliwi szybkie obliczanie przyrostów temperatury wewnątrz rozdzielnic.

5 Rozdzielnice

5.2 Rozdzielnice MNS

Systemy MNS są przeznaczone do stosowania w obszarach związanych z wytwarzaniem, rozdziałem i wykorzystaniem energii elektrycznej. Przykładowo, mogą one być wykorzystywane jako:

- rozdzielnice główne lub rozdzielnice rozdziału wtórnego;
- elementy zasilania centrum sterowania pracą silników MCC (Motor Control Centre);
- rozdzielnice systemów automatyki.

System MNS stanowi ramę konstrukcyjną, wyposażoną w niewymagające konserwacji połączenia śrubowe. Rama ta może zostać wyposażona – stosownie do potrzeb – w standaryzowane elementy i dostosowana do każdej aplikacji. Konsekwentne stosowanie zasad modułowości, tak w obszarze projektu mechanicznego, jak i elektrycznego, umożliwia dobór konstrukcji, wewnętrznego rozmieszczenia elementów i stopnia ochrony, który odpowiada warunkom pracy i warunkom środowiskowym.

Projekt i materiały użyte do budowy systemu MNS zapobiegają w dużym stopniu powstawaniu luków elektrycznych lub też zapewniają ich szybkie zgaszenie. System MNS spełnia wymagania normy VDE0660, część 500 oraz normy IEC 61641 i został poddany zakrojonym na szeroką skalę badaniom odporności na przypadkowe łuki elektryczne. Badania te zostały przeprowadzone przez niezależny instytut.

System MNS oferuje użytkownikom wiele rozwiązań i zalet w porównaniu do konwencjonalnych instalacji:

- niewielkich rozmiarów konstrukcja, pozwalająca zaoszczędzić miejsce;
- możliwość zestawiania rozdzielnic tyłami do siebie;
- optymalizowany rozkład energii w szafach;
- każdy projekt i jego szczegóły wykonywane w oparciu o standaryzowane elementy;
- szeroki zakres standaryzowanych modułów;
- różne poziomy projektowania, w zależności od warunków pracy i warunków otoczenia;
- łatwość łączenia różnych systemów urządzeń w pojedynczej szafie, takich jak moduły stacjonarne i wysuwane;
- możliwość uzyskania konstrukcji odpornej na łuk elektryczny (standardowa konstrukcja wykorzystująca stacjonarne moduły);
- możliwość uzyskania konstrukcji odpornej na trzęsienia ziemi, drgania i uderzenia;
- łatwość montażu, bez specjalnych narzędzi;
- łatwa konwersja lub doposażenie;
- rozwiązanie w dużym stopniu bezobsługowe;
- duża niezawodność pracy;
- wysokie bezpieczeństwo zapewnione ludziom.

Główne elementy ramy są wykonane z ceowników z otworami co 25 mm, zgodnie z normą DIN 43660. Wszystkie elementy ramy są skręcane za pomocą bezobsługowych wkrętów samogwintujących i wkrętów ESLOK. W oparciu o standardowy raster 25 mm możliwe jest konstruowanie różnych typów szaf, bez konieczności stosowania specjalnych narzędzi. Istnieje możliwość budowania rozdzielnic jedno lub wieloszaflowych, przeznaczonych do obsługi z przodu lub z przodu i z tyłu.

Dostępne są różne konstrukcje, w zależności od wymaganego typu obudowy:

- pojedyncze drzwi przedziału aparatuowego;
- podwójne drzwi przedziału aparatuowego;
- drzwi przedziału aparatuowego i kablowego;
- drzwi modułów i/lub osłony modułów wysuwanych oraz drzwi przedziału kablowego.

Dolna powierzchnia szafy może zostać wyposażona w płytę podłogową. Stosując płyty kotłierzowe można budować kanały kablowe dopasowane do każdego wymagania. Oferowane są drzwi i osłony, wyposażone w jeden lub więcej otworów wentylacyjnych. Górne płyty mogą zostać wyposażone w metalową siatkę (IP 30 - IP40) lub też w kanał wentylacyjny (IP 40, 41, 42).

5 Rozdzielnice

W zależności od wymagań, szkielet rozdzielnicy może zostać podzielony na następujące przedziały (obszary funkcjonalne):

- przedział aparatuowy;
- przedział szynowy;
- przedział kablowy;

Przedział aparatuowy zawiera moduły aparatuowe, przedział szynowy zawiera szyny zbiorcze i szyny zbiorcze rozdzielcze, przedział kablowy zawiera przewody wejściowe i przewody wyjściowe (opcjonalnie, doprowadzane z góry i z dołu) wraz z okablowaniem niezbędnym do połączenia modułów i układów pomocniczych (szyny kablowe, łączniki kablowe, połączenia równoległe, kanały kablowe, itd...). Przedziały funkcjonalne szaf i same szafy mogą zostać oddzielone za pomocą przegród. Można stosować również poziome przegrody, z lub bez otworów wentylacyjnych, umieszczone pomiędzy przedziałami.

Wszystkie szafy z wejściowymi/wyjściowymi liniami zasilającymi i sprzęgaczami szyn zawierają jeden łącznik. Łączniki mogą być stacjonarnymi rozłącznikami izolacyjnymi, bądź też wyłącznikami stacjonarnymi, wysuwanymi lub kompaktowymi. Taki typ szafy jest dzielony na przedział szynowy i przedział aparatuowy; ich wymiary wynoszą (wysokość x szerokość) 2200 mm x 400 mm / 1200 mm x 600 mm, a głębokość zależy od zastosowanej aparatury rozdzielczej. Szafy z wyłącznikami powietrznymi o natężeniu znamionowym do 2000 A mogą zostać oparte o rozwiązanie o zmniejszonych wymiarach (szerokość = 400 mm). Istnieje możliwość łączenia szaf, w celu budowy optymalnych rozwiązań o maksymalnej szerokości 3000 mm.

5.3 Rozdzielnice dystrybucyjne ArTu (nie dostępne na polskim rynku)

Rodzina rozdzielnic dystrybucyjnych ArTu firmy ABB SACE stanowi kompletną i zintegrowaną ofertę rozdzielnic i zestawów przeznaczonych do budowy rozdzielnic głównych i rozdzielnic rozdziału wtórnego w instalacjach rozdzielczych NN. Wykorzystując pojedynczą rodzinę wyposażenia dodatkowego i rozpoczynając od prostych zestawów montażowych, systemy typu ArTu umożliwiają budowę szerokiego zakresu konfiguracji, aż do rodzaju 4, wykorzystując wyłączniki modułowe, kompaktowe i powietrzne oraz wewnętrzne rozdzielania izolacyjne.

Firma ABB SACE oferuje serie standardowych zestawów składających się z nawierconych fabrycznie płyt i paneli umożliwiających montaż całej rodziny wyłączników typu System pro M, Tmax T, SACE Tmax XT lub Emax X1, E1, E2, E3, E4, bez konieczności wiercenia dodatkowych otworów lub dostosowywania elementów.

Szczególny nacisk położono na wymagania dotyczące okablowania, zapewniając specjalne gniazda umożliwiające poziome i pionowe mocowanie plastikowych kanałów kablowych. Standaryzacja elementów objęła również wewnętrzne przedziały izolacyjne rozdzielnic. W rozdzielnicach typu ArTu przedziały izolacyjne wykonuje się łatwo, bez konieczności budowy rozdzielnic „na miarę” lub też bez dodatkowego wycinania, gięcia lub wiercenia blach.

Wszystkie rozdzielnice typu ArTu charakteryzują się następującymi cechami:

- zintegrowana rodzina modułowych, metalowych elementów konstrukcyjnych dla prądów do 4000 A, ze wspólnymi akcesoriami;
- możliwość spełniania wymagań każdej aplikacji pod względem montażu (montaż naścienny, podłogowy, zestawy monoblokowe i szafy) oraz stopnia ochrony (IP31, IP41, IP43, IP65);
- konstrukcja wykonana z arkuszy blachy galwanizowanej na gorąco;

5 Rozdzielnice

- maksymalna integracja dzięki zastosowaniu modułowych urządzeń, wyłączników kompaktowych i wyłączników powietrznych firmy ABB SACE;
- skrócone do minimum czasy montażu rozdzielnic, dzięki prostocie zestawów, standaryzacji małych elementów rozdzielnic, stosowaniu elementów samonośnych oraz obecności jasno wskazanych punktów odniesienia, wykorzystywanych do montażu płyt i paneli;
- zestawy rozdzielni izolacyjnych aż do rodzaju 4

Rodzina rozdzielnic typu ArTu obejmuje cztery wersje, które mogą być wyposażane w takie same akcesoria.

Seria ArTu L

Seria ArTu L składa się z rodziny zestawów rozdzielnic modułowych, o pojemności 24/36 modułów w rzędzie i stopniu ochrony IP31 (bez drzwi) lub IP43 (podstawowa wersja drzwi). Powyższe rozdzielnice mogą być montowane na ścianie lub ustawiane na podłodze:

- seria rozdzielnic ściennych typu ArTu L, o wysokości 600, 800, 1000 lub 1200 mm, głębokości 204 mm i szerokości 690 mm. W tego typu rozdzielnicach można montować urządzenia modułowe typu System pro M oraz wyłączniki kompaktowe typu SACE Tmax XT i Tmax T1-T2-T3;
- seria rozdzielnic podłogowych ArTu L o wysokości 1400, 1600, 1800 lub 2000 mm, głębokości 240 mm i szerokości 690/890 mm. W tego typu rozdzielnicach można montować urządzenia modułowe typu System pro M oraz wyłączniki kompaktowe typu SACE Tmax XT i Tmax T1-T2-T3-T4-T5-T6 (wersje stacjonarne z zaciskami przednimi);

Seria ArTu M

Seria ArTu M składa się z rodziny zestawów rozdzielnic modułowych, o pojemności 24/36 modułów w rzędzie i stopniu ochrony IP31 (bez drzwi) lub IP65. Powyższe rozdzielnice mogą być montowane na ścianie lub ustawiane na podłodze:

- seria rozdzielnic ściennych typu ArTu M, o wysokości 600, 800, 1000 lub 1200 mm, głębokości 150/200 mm i szerokości 600 mm. W tego typu rozdzielnicach można montować urządzenia modułowe typu System pro M oraz wyłączniki kompaktowe typu SACE Tmax XT1-XT2-XT3 i Tmax T1-T2-T3;
- seria rozdzielnic podłogowych ArTu M o wysokości 1400, 1600, 1800 lub 2000 mm, głębokości 250 mm i szerokości 600/800 mm. W tego typu rozdzielnicach można montować urządzenia modułowe typu System pro M oraz wyłączniki kompaktowe typu SACE Tmax XT i Tmax T1-T2-T3-T4-T5-T6 (wersje stacjonarne z zaciskami przednimi);

5 Rozdzielnice

Seria ArTu K

Seria rozdzielnic typu ArTu K składa się z rodziny zestawów rozdzielnic modułowych, przeznaczonych do montażu podłogowego, o czterech różnych głębokościach (150, 225, 300, 500, 700 i 800 mm) i stopniu ochrony IP31 (bez przednich drzwi), IP41 (z przednimi drzwiami i bocznymi panelami wentylacyjnymi) lub IP65 (z przednimi drzwiami i ślepyimi bocznymi panelami). W tego typu rozdzielnicach można montować urządzenia modułowe typu System pro M, całą rodzinę wyłączników kompaktowych typu Tmax XT, Tmax T i wyłączniki typu Emax X1, E1, E2, E3 lub E4.

Rozdzielnice typu ArTu są dostępne w trzech różnych szerokościach funkcjonalnych:

ArTu switchboards have three functional widths:

- 400 mm, przewidzianych do montażu wyłączników kompaktowych o prądzie znamionowym do 630 A (T5);
- 600 mm - jest to standardowa wersja do montażu wszelkiego typu aparatów;
- 800 mm, przewidziane do budowy bocznych przedziałów kablowych wewnątrz konstrukcji rozdzielnic podłogowych lub umożliwiające stosowanie paneli o takiej samej szerokości.

Dostępna przestrzeń wewnętrzna różni się wysokością, od 600 mm (rozdzielnice naścienne serii L) do 2000 mm (rozdzielnice podłogowe serii M i K), oferując rozwiązania odpowiadające wymaganiom wielu różnych aplikacji.

Seria ArTu PB (tablice rozdzielcze i zestawy tablic rozdzielczych)

Seria rozdzielnic typu ArTu została rozbudowana o nową rodzinę tablic rozdzielczych typu ArTu PB. Tablice rozdzielcze typu ArTu PB są przeznaczone dla instalacji rozdzielczych z liniami wejściowymi do 800 A i liniami wyjściowymi do 250 A.

Tablice rozdzielcze typu ArTu PB charakteryzują się niezwykle solidną budową, dzięki zastosowaniu nowej konstrukcji ramy nośnej. Są dostępne w wersji przeznaczonej do montażu naściennego oraz do montażu podłogowego.

Tablice rozdzielcze typu ArTu PB charakteryzują się elastyczną konstrukcją, umożliwiającą ich dostosowanie do potrzeb, dzięki zastosowaniu inteligentnych rozwiązań opartych na konfiguracji 6, 12 lub 18 linii wyjściowych oraz dzięki zastosowaniu nowego systemu wtykowego firmy ABB, który umożliwia łatwe i szybkie podłączanie wyłączników typu Tmax XT1-XT2-XT3 i Tmax T1-T2-T3. Na żądanie dostępne są szafki rozszerzenia, które mogą być montowane z każdej strony konstrukcji tablicy i mogą być wykorzystywane również do montażu urządzeń pomiarowych.

Pionowy system listew instalacyjnych, biegnący za warstwą wyłączników kompaktowych, zapewnia łatwy dostęp do okablowania wszystkich akcesoriów (przełączników zwarciovych, wyzwalaczy podnapięciowych, styków pomocniczych). Tablice rozdzielcze typu ArTu PB są standardowo dostarczane z pełnymi drzwiami, ale są również dostępne w wersji z drzwiami przeszkłonymi.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarć w rozdzielnicach niskiego napięcia

Norma IEC 61439-1 stwierdza, że ROZDZIELNICE muszą być budowane w taki sposób, aby były w stanie wytrzymać obciążenia termiczne i dynamiczne, spowodowane przez prądy zwarciove o natężeniach sięgających wartości znamionowych.

Rozdzielnice muszą być również zabezpieczane przed prądami zwarcioowymi za pomocą wyłączników, bezpieczników lub też wyłączników i bezpieczników, które mogą zostać zabudowane w rozdzielnicy lub też zamontowane w instalacji przed rozdzielnicą. Zamawiając rozdzielnicę użytkownik musi określić warunki zwarciove w miejscu montażu.

W niniejszym rozdziale uwzględniono następujące aspekty problemu:

- potrzeba lub brak potrzeby sprawdzenia wytrzymałości zwarciovej wewnątrz rozdzielnicy;
- dobór aparatury rozdzielczej dla danej instalacji, w oparciu o wartość prądu zwarciowego spodziewanego instalacji oraz w oparciu o parametry zwarciove aparatury;
- dobór układu szyn zbiorczych z punktu widzenia prądów zwarcioowych oraz układów zabezpieczających;
- kontrola wytrzymałości zwarciovej rozdzielnicy, zgodnie z zasadami określonymi w normie IEC 61439-1.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarć w rozdzielnicach niskiego napięcia

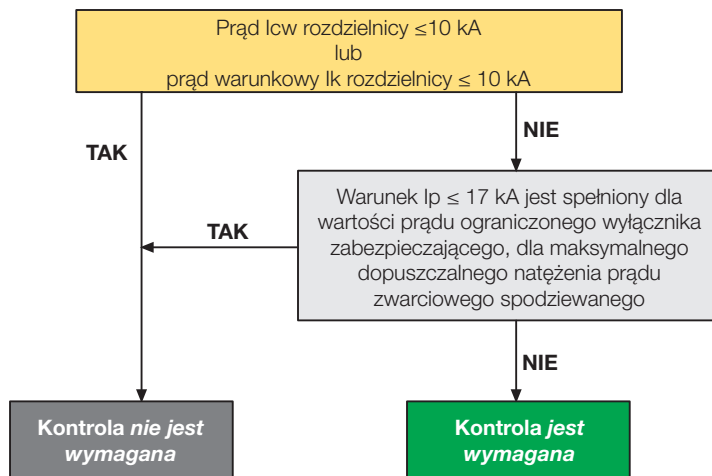
Kontrola wytrzymałości zwarciowej

Kontrola wytrzymałości zwarciowej jest oparta na normie IEC 61439-1, w której określono, między innymi, przypadki wymagające kontroli oraz różne metody kontroli.

Próba wytrzymałości zwarciowej nie jest wymagana w następujących przypadkach:

- Dla rozdzielnic o prądzie zwarciowym znamionowym krótkotrwałym (I_{cw}) lub prądzie znamionowym warunkowym (I_k) nieprzekraczającym 10 kA.
- Dla rozdzielnic chronionych przez układy ograniczające natężenie prądu, o wartości prądu ograniczonego, która nie przekracza 17 kA dla maksymalnej dopuszczalnej wartości prądu zwarciowego spodziewanego na zaciskach obwodu wejściowego rozdzielnic.
- W przypadku obwodów pomocniczych rozdzielnic przeznaczonych do połączenia z transformatorami, których moc znamionowa nie przekracza 10 kVA dla napięcia znamionowego obwodu wtórnego nie mniejszego niż 110 V, lub 1,6 kVA dla napięcia znamionowego obwodu wtórnego mniejszego niż 110 V oraz, których impedancja zwarciowa jest nie mniejsza, niż 4%.

W takim przypadku, z konstrukcyjnego punktu widzenia, potrzeba kontroli wytrzymałości zwarciowej może być postrzegana w następujący sposób:



Szczegółowy opis realizacji kontroli jest dostępny bezpośrednio w normie IEC 61439-1.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarc w rozdzielnicach niskiego napięcia

Prąd zwarcowy i dobór rozdzielnic dla instalacji

Kontrola wytrzymałości zwarcowej jest oparta na dwóch wartościach podawanych alternatywnie przez producenta:

- prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymawany I_{cw}
- prąd znamionowy zwarcowy warunkowy I_k

W oparciu o jedną z tych dwóch wartości istnieje możliwość określenia, czy rozdzielnica nadaje się do zamontowania w określonym miejscu instalacji.

Należy koniecznie sprawdzić, czy prądy wyłączalne aparatów zamontowanych wewnątrz rozdzielnic są odpowiednie względem wartości prądów zwarcowych w instalacji.

Prąd znamionowy krótkotrwały wytrzymawany I_{cw} jest wartością skuteczną prądu próby zwarcowej trwającej 1 s, bez otwarcia zabezpieczeń, deklarowaną przez producenta rozdzielnic. Jest to prąd, który może być przewodzony przez rozdzielnicę, bez uszkodzeń, w określonych warunkach, definiowanych przez zależności czasowo-prądowe. Do rozdzielnic można przypisać różne wartości prądu I_{cw} , dla różnych czasów (np. 0,2 s; 3 s). Rozdzielnica musi być w stanie wytrzymać obciążenia termiczne i elektrodynamiczne, bez uszkodzeń lub zniekształceń, które mogłyby zagrozić działaniu systemu. Na podstawie takiej próby (jeśli zostanie zakończona pomyślnie) istnieje możliwość określenia wartości energii (I^2t), która może przepływać przez rozdzielnicę:

$$I^2t = I_{cw}^2t$$

Próba musi zostać przeprowadzona dla wartości współczynnika mocy określonej w tabeli poniżej. Dane te pochodzą z normy IEC 61439-1. Współczynnik „n”, który odpowiada danej wartości $\cos\phi$, umożliwi określenie wartości szczytowej prądu zwarcowego wytrzymawanego przez rozdzielnicę, w oparciu o następujący wzór:

$$I_p = I_{cw} \cdot n$$

Tabela 4

| wartość skuteczną prądu zwarcowego | Współczynnik mocy | |
|------------------------------------|-------------------|-----|
| | $\cos\phi$ | n |
| $I \leq 5 \text{ kA}$ | 0,7 | 1,5 |
| $5 < I \leq 10 \text{ kA}$ | 0,5 | 1,7 |
| $10 < I \leq 20 \text{ kA}$ | 0,3 | 2 |
| $20 < I \leq 50 \text{ kA}$ | 0,25 | 2,1 |
| $50 < I$ | 0,2 | 2,2 |

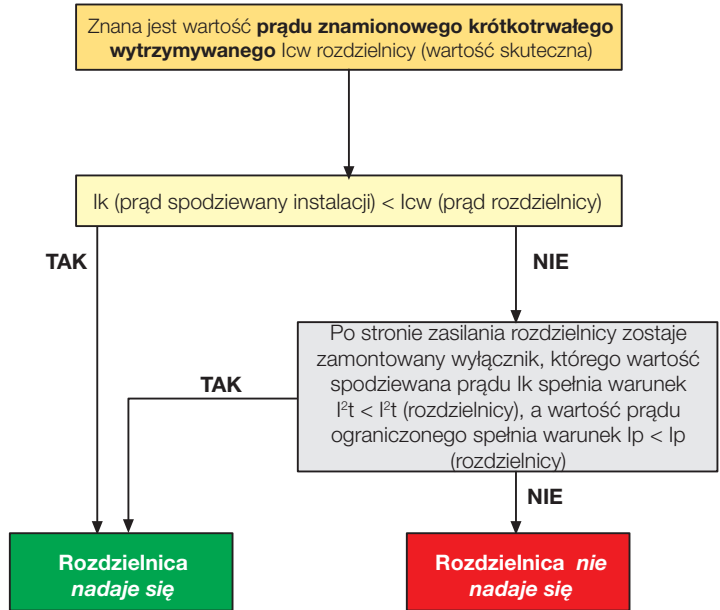
Wartości podane w tabeli odpowiadają większości możliwych zastosowań. W specjalnych miejscach, na przykład w pobliżu transformatorów lub generatorów, można spotkać się z mniejszymi wartościami współczynników mocy, a zamiast wartości skutecznej prądu zwarcowego, progiem ograniczającym może stać się maksymalna wartość szczytowa prądu spodziewanego.

Prąd zwarcowy warunkowy jest określoną wcześniej wartością skuteczną prądu probierczego, której to wartości odpowiada określona wartość szczytowa I_p , która może być wytrzymawana przez rozdzielnicę w trakcie zadziałania określonego zabezpieczenia. Takim zabezpieczeniem są zazwyczaj wyłączniki główne rozdzielnic.

Porównując obydwie wartości (I_{cw} i I_p) z prądem zwarcowym spodziewanym w instalacji, istnieje możliwość stwierdzenia, czy rozdzielnica nadaje się do zamontowania w określonym miejscu instalacji.

Na poniższych schematach przedstawiono metodę określania kompatybilności rozdzielnic z instalacją.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarć w rozdzielnicach niskiego napięcia



Należy sprawdzić, czy wartość prądu wyłączalnego aparatu zamontowanego wewnątrz rozdzielnicy odpowiada wartościom prądów zwarciovych instalacji.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarć w rozdzielnicach niskiego napięcia

Przykład

Dane instalacji: Napięcie znamionowe $U_r = 400 \text{ V}$
 Częstotliwość znamionowa $f_r = 50 \text{ Hz}$
 Prąd zwarciový $I_k = 35 \text{ kA}$

Założmy, że w istniejącej instalacji istnieje rozdzielnica o prądzie I_{cw} równym 35 kA , a w miejscu jej zamontowania wartość prądu zwarciovýgo spodziewanego jest równa 35 kA .

Założmy teraz, że podjęto decyzję o zwiększeniu mocy zasilania instalacji, a wartość prądu zwarciovýgo wzrosła do 60 kA .

Dane instalacji po zmianie: Napięcie znamionowe $U_r = 400 \text{ V}$
 Częstotliwość znamionowa $f_r = 50 \text{ Hz}$
 Prąd zwarciový $I_k = 60 \text{ kA}$

Ponieważ wartość prądu I_{cw} rozdzielnicy jest mniejsza od prądu zwarciovýgo instalacji, w celu sprawdzenia, czy dana rozdzielnica jest wciąż kompatybilna z instalacją, należy:

- określić wartości energii I^2t oraz prądu I_p przepływającego przez wyłącznik znajdujący się po stronie zasilania rozdzielnicy
- sprawdzić, czy zabezpieczenia zamontowane wewnątrz rozdzielnicy charakteryzują się dostatecznie dużą wartością prądu wyłączalnego (niezależnie lub też jako zabezpieczenie)

$I_{cw} = 35 \text{ kA}$, na podstawie czego:

$$I^2t_{\text{rozdzielnicy}} = 35^2 \times 1 = 1225 \text{ MA}^2\text{s}$$

$$I_{p_{\text{rozdzielnicy}}} = 73,5 \text{ kA (zgodnie z tabelą 4)}$$

Zakładając, że po stronie zasilania rozdzielnicy zamontowano wyłącznik typu Tmax T5H (**$I_{cu}=70\text{kA}@415\text{V}$**)

$$I^2t_{\text{WYŁ.}} < 4\text{MA}^2\text{s}$$

$$I_{p_{\text{WYŁ.}}} < 40\text{kA}$$

ponieważ

$$I^2t_{\text{rozdzielnicy}} > I^2t_{\text{WYŁ.}}$$

$$I_{p_{\text{rozdzielnicy}}} > I_{p_{\text{WYŁ.}}}$$

oznacza to, że rozdzielnica (konstrukcja i układ szyn zbiorczych) jest odpowiednia.

Założmy, że wyłączniki zamontowane wewnątrz rozdzielnicy są wyłącznikami typu XT1, XT2 i XT3, wersji N, **$I_{cu}=36 \text{ kA}, 415 \text{ V}$** . Na podstawie tabeli zabezpieczeń (patrz punkt 3.3) wynika, że wyłączniki wewnątrz rozdzielnicy są odpowiednie dla instalacji, ponieważ wartość ich prądu wyłączalnego zwarciovýgo wzrasta do 65 kA dzięki wyłącznikowi typu T5H zamontowanemu po stronie zasilania.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarcia w rozdzielnicach niskiego napięcia

Wybór instalacji rozdzielczej pod kątem wytrzymałości zwarciorowej

Dobór wielkości instalacji rozdzielczej rozdzielnic jest dokonywany, opierając się na wartościach znamionowych prądu przepływającego przez rozdzielnicę oraz na wartości prądów zwarciorowych spodziewanych instalacji. Producent podaje zazwyczaj tabele, które umożliwiają dokonanie wyboru przekroju szyn zbiorczych w funkcji prądu znamionowego i podaje odległości montażowe współników szyn zbiorczych, w celu zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości zwarciorowej.

W celu dokonania wyboru systemu rozdzielczego, który odpowiada parametrom zwarciorowym instalacji, należy stosować się do następujących procedur:

- **Jeśli znane jest zabezpieczenie po stronie zasilania instalacji rozdzielczej**

Na podstawie wartości prądu I_{cw} systemu dystrybucji:

$I_{k_{syst}} = I_{cw} \cdot n$ gdzie n jest współczynnikiem otrzymanym z tabeli 4

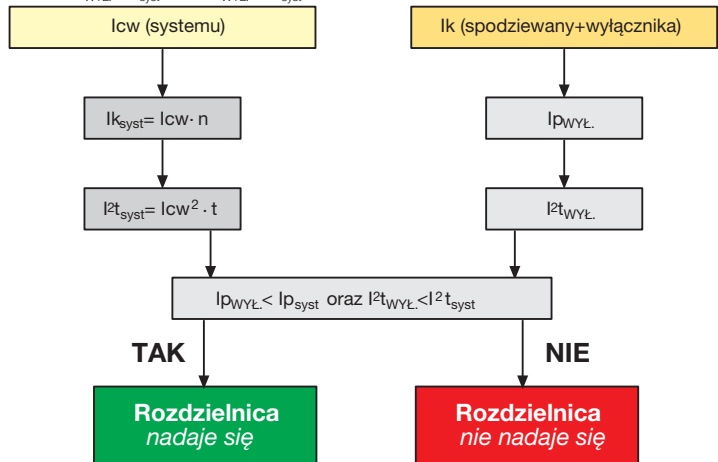
$I^2 t_{syst} = I_{cw}^2 \cdot t$ gdzie $t = 1$ s

W powiązaniu z wartością prądu zwarciorowego spodziewanego instalacji można określić następujące wartości:

prąd ograniczony wyłącznika

wartość energii przepływającej przez wyłącznik

Jeśli $I_{p_{WYL}} < I_{p_{syst}}$ oraz $I^2 t_{WYL} < I^2 t_{syst}$, to wtedy system dystrybucyjny jest odpowiedni.



- **Jeśli nie jest znane zabezpieczenie po stronie zasilania instalacji rozdzielczej**

Muszą zostać spełnione następujące warunki:

$$I_k (\text{spodziewany}) < I_{cw} (\text{systemu})$$

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarć w rozdzielnicach niskiego napięcia

Przykład

Dane instalacji:

Napięcie znamionowe $U_r = 400 \text{ V}$
 Częstotliwość znamionowa $f_r = 50 \text{ Hz}$
 Prąd zwarciaowy $I_k = 65 \text{ kA}$

Uwzględniając potrzebę zastosowania systemu kształtowanych szyn zbiorczych 400 A, w katalogu firmy ABB SACE "Rozdzielnice dystrybucyjne typu ArTu" można dokonać następującego wyboru:
 BA0400 $I_n=400 \text{ A}$ (IP65) $I_{cw}=35 \text{ kA}$.

Zakładając, że po stronie zasilania układu szynowego zamontowano wyłącznik kompaktowy typu ABB SACE Tmax T5400 I_n400

Na podstawie wartości prądu I_{cw} układu szynowego:

$$I_{p_{\text{syst}}} = I_{cw} \cdot n = 35 \cdot 2.1 = 73,5 \text{ [kA]}$$

$$I^2 t_{\text{syst}} = I_{cw}^2 \cdot t = 35^2 \cdot 1 = 1225 \text{ [(kA)}^2 \text{ s]}$$

Na podstawie charakterystyk:

- $I_k 65 \text{ kA}$ odpowiada w przybliżeniu wartości $I_{p_{\text{WYL.}}}=35 \text{ kA}$
- $I_k 65 \text{ kA}$ odpowiada w przybliżeniu wartości $I^2 t_{\text{WYL.}}=4 \text{ [(kA)}^2 \text{ s}]= 4 \text{ [MA}^2 \text{ sec]}$

Wobec tego:

$$I_{p_{\text{WYL.}}} < I_{p_{\text{syst}}}$$

i

$$I^2 t_{\text{WYL.}} < I^2 t_{\text{syst}}$$

co oznacza, że układ przewodów szynowych jest kompatybilny z rozdzielnicą.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarc w rozdzielnicach niskiego napięcia

Dobór przewodów strony zasilania układów zabezpieczających

Norma IEC 61439-1 zaleca, aby przewody czynne w rozdzielnicy (w tym szyny zbiorcze), umieszczone pomiędzy szynami zbiorczymi głównymi i stroną zasilania poszczególnych bloków funkcjonalnych, jak również elementy konstrukcyjne tych bloków mogły być wymiarowane stosowanie do obniżonej wartości obciążeń zwarciovych, które występują po stronie obciążenia układu zabezpieczającego bloki.

Będzie to możliwe, jeśli w całej rozdzielnicy przewody zostały zamontowane w taki sposób, że w normalnych warunkach pracy, wewnętrzne zwarcie międzyfazowe i/lub zwarcie pomiędzy fazą i ziemią jest bardzo mało prawdopodobne. Zaleca się, aby takie przewody miały konstrukcję litą i sztywną.

Przykładowo, norma podaje rodzaje przewodów i wymagań montażowych, które pozwalają uznać zwarcie międzyfazowe lub zwarcie pomiędzy fazą i ziemią za mało prawdopodobne.

| Typ przewodu | Wymagania |
|--|--|
| Gołe przewody lub przewody jednożyłowe z podstawową izolacją, na przykład przewody zgodne z normą IEC 60227-3. | Należy unikać wzajemnego stykania się lub też dotykania elementów przewodzących, stosując na przykład elementy dystansowe. |
| Przewody jednożyłowe z podstawową izolacją, o maksymalnej dopuszczalnej temperaturze pracy powyżej 90°C, na przykład przewody zgodne z normą IEC 60245-3, lub odporne na działanie temperatury przewody z izolacją z PCV, zgodne z normą IEC 60227-3. | Wzajemne stykanie się lub dotykanie elementów przewodzących jest dopuszczalne, jeśli nie ma zewnętrznego nacisku na przewody. Należy unikać kontaktu z ostrymi krawędziami. Nie może występować niebezpieczeństwo uszkodzeń mechanicznych. Takie przewody mogą być obciążone w trakcie pracy tylko w taki sposób, aby ich temperatura nie przekroczyła 70°C. |
| Przewody z podstawową izolacją, na przykład przewody zgodne z normą IEC 60227-3, wyposażone w izolację dodatkową, na przykład przewody indywidualnie pokryte koszulką termokurczliwą lub przewody prowadzone indywidualnie w rurkach plastikowych. | Brak dodatkowych wymagań, jeśli nie ma niebezpieczeństwa uszkodzeń mechanicznych. |
| Przewody izolowane materiałem o bardzo dużej wytrzymałości mechanicznej, na przykład ETFE lub przewody z podwójną izolacją, ze wzmocnionym zewnętrznym pancerzem, przeznaczone do stosowania w instalacjach o napięciach do 3 kV, na przykład przewody zgodne z normą IEC 60502. | |
| Jedno lub wielożyłowe przewody w pancerzu, na przykład przewody zgodne z normą IEC 60245-4 lub 60227-4. | |

W przypadku spełnienia tych warunków, lub jeśli prawdopodobieństwo wewnętrznego zwarcia jest bardzo małe, opisana powyżej procedura musi zostać wykorzystana do sprawdzenia, czy instalacja dystrybucyjna jest odpowiednia dla warunków zwarciovych, kiedy zostaną one określone jako funkcja charakterystyk wyłączników zamontowanych po stronie obciążenia szyn zbiorczych.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarc w rozdzielnicach niskiego napięcia

Przykład

Dane instalacji:

Napięcie znamionowe $U_r = 400 \text{ V}$

Częstotliwość znamionowa $f_r = 50 \text{ Hz}$

Prąd zwarciový $I_k = 45 \text{ kA}$

W rozdzielnicę przedstawioną na rysunku, pionowe szyny zbiorcze dystrybucyjne odchodzą od szyn zbiorczych głównych.

Są to szyny zbiorcze 800 A o kształtowanym przekroju i następujących parametrach:

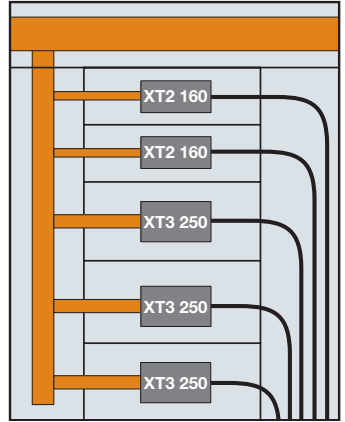
$I_n (\text{IP65}) = 800 \text{ A}$,

$I_{cw \text{ max}} = 35 \text{ kA}$

Ponieważ jest to "szytwny" układ wykorzystujący elementy dystansowe, zgodnie z normą IEC 61439-1 zwarcie pomiędzy szynami zbiorczymi jest mało prawdopodobne.

Niezbędne jest sprawdzenie, czy obciążenia zredukowane przez wyłącznik zamontowane po stronie obciążenia instalacji są odpowiednie dla instalacji.

Zakładając, że w szafach zamontowane następujące wyłączniki:



$T_{\text{max}} \text{ XT3S250}$

$T_{\text{max}} \text{ XT2S160}$

należy wtedy sprawdzić, czy w przypadku zwarcia na którymkolwiek z przewodów wyjściowych, ograniczenia wprowadzone przez wyłącznik są odpowiednie dla układu szyn zbiorczych. Aby spełnić to wymaganie, przy maksymalnym dopuszczalnym prądzie zwarciovým spodziewanym, wyłącznik o większej wartości prądu ograniczonego i energii przepływającej przez wyłącznik musi charakteryzować się odpowiednią zdolnością ograniczenia wartości prądu układu szyn zbiorczych.

W tym przypadku wyłącznik jest wyłącznikiem typu SACE Tmax XT3S250 In250. Weryfikację należy przeprowadzić w taki sam sposób, co w poprzednim punkcie:

Na podstawie wartości prądu I_{cw} układu przewodów szynowych

$$I_{p_{\text{syst}}} = I_{cw} \cdot n = 35 \cdot 2.1 = 73.5 \quad [\text{kA}]$$

$$I^2 t_{\text{syst}} = I_{cw}^2 \cdot t = 35^2 \cdot 1 = 1225 \quad [(\text{kA})^2 \text{s}]$$

Na podstawie charakterystyk ograniczeń i całki Joule'a

- $I_k = 45 \text{ kA}$ odpowiada w przybliżeniu wartości $I_{p_{\text{CB}}} = 30 \text{ kA}$

- $I_k = 45 \text{ kA}$ odpowiada w przybliżeniu wartości $I^2 t_{\text{CB}} = 3 [(\text{kA})^2 \text{s}]$

Wobec tego:

$$I_{p_{\text{CB}}} < I_{p_{\text{syst}}}$$

$$\text{and}$$

$$I^2 t_{\text{CB}} < I^2 t_{\text{syst}}$$

co oznacza, że układ przewodów szynowych jest kompatybilny z rozdzielnicą.

Załącznik A: Zabezpieczenia przed skutkami zwarć w rozdzielnicach niskiego napięcia

Kontrola zwarcziowa w oparciu o zasady projektowe

Zgodnie z nową normą IEC 61439-1, zgodność rozdzielnicy w warunkach zwarcia można wykazać - oprócz badań laboratoryjnych (lcw) - stosując również odpowiednie zasady projektowe, które zostały podane w poniższej tabeli (tabela 13 normy IEC 61439-1).

| Punkt | Uwzględniane wymagania | TAK | NIE |
|-------|--|-----|-----|
| 1 | Czy wytrzymałość zwarcziowa każdego z obwodów ROZDZIELNICY poddawanej analizie jest mniejsza, równa, od wytrzymałości projektu wzorcowego? | | |
| 2 | Czy przekroje szyn zbiorczych i połączeń każdego z obwodów ROZDZIELNICY poddawanej analizie są, równe, lub też większe od przekrojów projektu wzorcowego? | | |
| 3 | Czy odstęp szyn zbiorczych i połączeń każdego z obwodów ROZDZIELNICY poddawanej analizie są, równe, lub też większe od odstępów projektu wzorcowego? | | |
| 4 | Czy wsporniki szyn zbiorczych każdego z obwodów ROZDZIELNICY poddawanej analizie są tego samego typu, kształtu, są wykonane z tego samego materiału, charakteryzują się taki samym rozstawem na długości szyn zbiorczych, co w projekcie wzorcowym? | | |
| 5 | Czy materiały i właściwości materiałów przewodów każdego z obwodów ROZDZIELNICY poddawanej analizie są takie same, co w projekcie wzorcowym? | | |
| 6 | Czy zabezpieczenia zwarcziowe każdego z obwodów ROZDZIELNICY poddawanej analizie są równoważne, to znaczy, czy są tego samego producenta i serii ^{a)} , o takich samych lub lepszych charakterystykach ograniczeń (I^2t , I), opierając się na danych producenta zabezpieczeń oraz, czy są rozmieszczone w taki sam sposób, co w projekcie wzorcowym? | | |
| 7 | Czy długość niezabezpieczonych przewodów pod napięciem, zgodnie z punktem 8.6.4, każdego z niezabezpieczonych obwodów ROZDZIELNICY poddawanej analizie jest mniejsza, lub równa, od długości projektu wzorcowego? | | |
| 8 | Jeśli poddawana analizie ROZDZIELNICA zawiera obudowę, to czy projekt wzorcowy również zawierał obudowę, która została poddana badaniom? | | |
| 9 | Czy obudowa poddawanej analizie ROZDZIELNICY ma taką samą konstrukcję, jest tego samego typu i ma co najmniej takie same wymiary, co obudowa projektu wzorcowego? | | |

Odpowiedź "TAK" na wszystkie wymagania oznacza, że nie jest potrzebna dalsza analiza.

Odpowiedź "NIE" na którekolwiek z wymagań oznacza, że potrzebne będą dalsze analizy – patrz punkty 10.11.4 i 10.11.5 normy.

^{a)} Zabezpieczenia zwarcziowe tego samego producenta, ale innej serii mogą zostać uznane za równoważne tam, gdzie ich producent deklaruje, że ich parametry są takie same lub lepsze we wszystkich istotnych aspektach, w porównaniu do serii wykorzystanej do weryfikacji, np. w zakresie prądu wyłączalnego, charakterystyk ograniczeń (I^2t , I_{pk}) i krytycznych odległości.

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Metoda obliczeniowa sugerowana przez normę IEC 60890 umożliwia szacowanie przyrostu temperatury wewnątrz rozdzielnic. Normy IEC 60890 i IEC 61439-1 stwierdzają, że powyższa metoda obliczeniowa może być stosowana tylko wtedy, jeśli spełnione są poniższe warunki:

- prąd znamionowy obwodów rozdzielnic nie może przekraczać 80% wartości prądu znamionowego (dla otwartej przestrzeni) zabezpieczeń i elementów elektrycznych zamontowanych w obwodach;
- istnieje w przybliżeniu równomierny rozkład strat mocy wewnątrz obudowy i nie ma przeszkód uniemożliwiających jej rozpraszanie na zewnątrz rozdzielnic;
- zamontowana rozdzielnica jest skonfigurowana w taki sposób, że przepływ powietrza jest ograniczony tylko w niewielkim stopniu;
- zamontowana rozdzielnica została zaprojektowana dla prądu stałego i prądu przemiennego o częstotliwości do 60 Hz włącznie, z sumarycznym natężeniem prądów zasilania nieprzekraczającym 1600 A;
- przewody przewodzące prądy o natężeniu przekraczającym 200 A i elementy konstrukcyjne są rozmieszczone w taki sposób, że wpływ prądów wirowych jest pomijalnie mały;
- w przypadku obudów z otworami wentylacyjnymi, przekrój wylotów powietrza jest przynajmniej 1,1 razy większy od przekroju wlotów powietrza;
- w każdym segmencie rozdzielnic znajdują się nie więcej niż trzy przegrody;
- jeśli obudowa z zewnętrznymi otworami wentylacyjnymi będzie dzielona na przedziały, powierzchnia otworów wentylacyjnych w każdej wewnętrznej przegrodzie musi być równa przynajmniej 50% poziomej powierzchni segmentu przedziału.

Dane potrzebne do obliczeń:

- wymiary obudowy: wysokość, szerokość, głębokość;
- sposób montażu obudowy (patrz tabela 8);
- obecność otworów wentylacyjnych;
- liczba wewnętrznych, poziomych przegrodzeń;
- straty mocy urządzeń zamontowanych w obudowie (patrz tabele 13 i 14);
- straty mocy przewodów wewnątrz obudowy, równe sumie strat mocy każdego przewodu, zgodnie z tabelami 1, 2 i 3.

W przypadku nie w pełni obciążonych urządzeń i przewodów, straty mocy można oszacować w następujący sposób:

$$P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \quad (1)$$

gdzie:

P jest rzeczywistą wartością strat mocy;


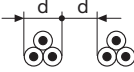
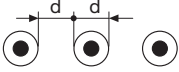
P_n jest wartością znamionową strat mocy (dla I_r);

I_b jest rzeczywistym natężeniem prądu;

I_n jest wartością znamionową prądu.

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 1: Prąd roboczy i straty mocy izolowanych przewodów

| Przekrój (Cu) | Maksymalna dopuszczalna temperatura przewodu 70°C | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|----------------|--------------|----------------|---|----------------|--------------|----------------|---|----------------|--------------|----------------|
| |  | | | |  | | | |  | | | |
| | Temperatura powietrza wewnątrz obudowy, w pobliżu przewodów | | | | | | | | | | | |
| | 35 °C | | 55 °C | | 35 °C | | 55 °C | | 35 °C | | 55 °C | |
| | prąd roboczy | straty mocy 2) | prąd roboczy | straty mocy 2) | prąd roboczy | straty mocy 2) | prąd roboczy | straty mocy 2) | prąd roboczy | straty mocy 2) | prąd roboczy | straty mocy 2) |
| mm ² | A | W/m | A | W/m | A | W/m | A | W/m | A | W/m | A | W/m |
| 1,5 | 12 | 2,1 | 8 | 0,9 | 12 | 2,1 | 8 | 0,9 | 12 | 2,1 | 8 | 0,9 |
| 2,5 | 17 | 2,5 | 11 | 1,1 | 20 | 3,5 | 12 | 1,3 | 20 | 3,5 | 12 | 1,3 |
| 4 | 22 | 2,6 | 14 | 1,1 | 25 | 3,4 | 18 | 1,8 | 25 | 3,4 | 20 | 2,2 |
| 6 | 28 | 2,8 | 18 | 1,2 | 32 | 3,7 | 23 | 1,9 | 32 | 3,7 | 25 | 2,3 |
| 10 | 38 | 3,0 | 25 | 1,3 | 48 | 4,8 | 31 | 2,0 | 50 | 5,2 | 32 | 2,1 |
| 16 | 52 | 3,7 | 34 | 1,6 | 64 | 5,6 | 42 | 2,4 | 65 | 5,8 | 50 | 3,4 |
| 25 | | | | | 85 | 6,3 | 55 | 2,6 | 85 | 6,3 | 65 | 3,7 |
| 35 | | | | | 104 | 7,5 | 67 | 3,1 | 115 | 7,9 | 85 | 5,0 |
| 50 | | | | | 130 | 7,9 | 85 | 3,4 | 150 | 10,5 | 115 | 6,2 |
| 70 | | | | | 161 | 8,4 | 105 | 3,6 | 175 | 9,9 | 149 | 7,2 |
| 95 | | | | | 192 | 8,7 | 125 | 3,7 | 225 | 11,9 | 175 | 7,2 |
| 120 | | | | | 226 | 9,6 | 147 | 4,1 | 250 | 11,7 | 210 | 8,3 |
| 150 | | | | | 275 | 11,7 | 167 | 4,3 | 275 | 11,7 | 239 | 8,8 |
| 185 | | | | | 295 | 10,9 | 191 | 4,6 | 350 | 15,4 | 273 | 9,4 |
| 240 | | | | | 347 | 12,0 | 225 | 5,0 | 400 | 15,9 | 322 | 10,3 |
| 300 | | | | | 400 | 13,2 | 260 | 5,6 | 460 | 17,5 | 371 | 11,4 |
| Przewody obwodów pomocniczych | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | Sred. | | | | | | |
| 0,12 | 2,6 | 1,2 | 1,7 | 0,5 | 0,4 | | | | | | | |
| 0,14 | 2,9 | 1,3 | 1,9 | 0,6 | - | | | | | | | |
| 0,20 | 3,2 | 1,1 | 2,1 | 0,5 | - | | | | | | | |
| 0,22 | 3,6 | 1,3 | 2,3 | 0,5 | 0,5 | | | | | | | |
| 0,30 | 4,4 | 1,4 | 2,9 | 0,6 | 0,6 | | | | | | | |
| 0,34 | 4,7 | 1,4 | 3,1 | 0,6 | 0,6 | | | | | | | |
| 0,50 | 6,4 | 1,8 | 4,2 | 0,8 | 0,8 | | | | | | | |
| 0,56 | | 1,6 | | 0,7 | - | | | | | | | |
| 0,75 | 8,2 | 1,9 | 5,4 | 0,8 | 1,0 | | | | | | | |
| 1,00 | 9,3 | 1,8 | 6,1 | 0,8 | - | | | | | | | |

1) Dowolne żądane rozmieszczenie, z podanymi wartościami odnoszącymi się do sześciu żył w wielożyłowej wiązce i równoczesnym obciążeniem 100%.

2) Dla długości jednostkowej.

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 2: Prąd roboczy i straty mocy gołych przewodów, w układach pionowych, bez bezpośrednich połączeń z aparatami

| Szerokość x grubość | Przekrój (Cu) | Maksymalna dopuszczalna temperatura przewodu 85°C | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|---|----------------|--------------|----------------|------------------------|----------------|--------------|----------------|---|----------------|--------------|----------------|------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | Temperatura powietrza wewnątrz obudowy, w pobliżu przewodów: 35°C | | | | | | | | Temperatura powietrza wewnątrz obudowy, w pobliżu przewodów: 55°C | | | | | | | |
| | | 50 Hz to 60 Hz ac | | | | dc and ac to 16 2/3 Hz | | | | 50 Hz to 60 Hz ac | | | | dc and ac to 16 2/3 Hz | | | |
| | | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) |
| mm x mm | mm ² | A* | W/m | A** | W/m | A* | W/m | A** | W/m | A* | W/m | A** | W/m | A* | W/m | A** | W/m |
| 12 x 2 | 23,5 | 144 | 19,5 | 242 | 27,5 | 144 | 19,5 | 242 | 27,5 | 105 | 10,4 | 177 | 14,7 | 105 | 10,4 | 177 | 14,7 |
| 15 x 2 | 29,5 | 170 | 21,7 | 282 | 29,9 | 170 | 21,7 | 282 | 29,9 | 124 | 11,6 | 206 | 16,0 | 124 | 11,6 | 206 | 16,0 |
| 15 x 3 | 44,5 | 215 | 23,1 | 375 | 35,2 | 215 | 23,1 | 375 | 35,2 | 157 | 12,3 | 274 | 18,8 | 157 | 12,3 | 274 | 18,8 |
| 20 x 2 | 39,5 | 215 | 26,1 | 351 | 34,8 | 215 | 26,1 | 354 | 35,4 | 157 | 13,9 | 256 | 18,5 | 157 | 12,3 | 258 | 18,8 |
| 20 x 3 | 59,5 | 271 | 27,6 | 463 | 40,2 | 271 | 27,6 | 463 | 40,2 | 198 | 14,7 | 338 | 21,4 | 198 | 14,7 | 338 | 21,4 |
| 20 x 5 | 99,1 | 364 | 29,9 | 665 | 49,8 | 364 | 29,9 | 668 | 50,3 | 266 | 16,0 | 485 | 26,5 | 266 | 16,0 | 487 | 26,7 |
| 20 x 10 | 199 | 568 | 36,9 | 1097 | 69,2 | 569 | 36,7 | 1107 | 69,6 | 414 | 19,6 | 800 | 36,8 | 415 | 19,5 | 807 | 37,0 |
| 25 x 5 | 124 | 435 | 34,1 | 779 | 55,4 | 435 | 34,1 | 78 | 55,6 | 317 | 18,1 | 568 | 29,5 | 317 | 18,1 | 572 | 29,5 |
| 30 x 5 | 149 | 504 | 38,4 | 894 | 60,6 | 505 | 38,2 | 899 | 60,7 | 368 | 20,5 | 652 | 32,3 | 369 | 20,4 | 656 | 32,3 |
| 30 x 10 | 299 | 762 | 44,4 | 1410 | 77,9 | 770 | 44,8 | 1436 | 77,8 | 556 | 27,7 | 1028 | 41,4 | 562 | 23,9 | 1048 | 41,5 |
| 40 x 5 | 199 | 641 | 47,0 | 1112 | 72,5 | 644 | 47,0 | 1128 | 72,3 | 468 | 25,0 | 811 | 38,5 | 469 | 24,9 | 586 | 38,5 |
| 40 x 10 | 399 | 951 | 52,7 | 1716 | 88,9 | 968 | 52,6 | 1796 | 90,5 | 694 | 28,1 | 1251 | 47,3 | 706 | 28,0 | 1310 | 48,1 |
| 50 x 5 | 249 | 775 | 55,7 | 1322 | 82,9 | 782 | 55,4 | 1357 | 83,4 | 566 | 29,7 | 964 | 44,1 | 570 | 29,4 | 989 | 44,3 |
| 50 x 10 | 499 | 1133 | 60,9 | 2008 | 102,9 | 1164 | 61,4 | 2141 | 103,8 | 826 | 32,3 | 1465 | 54,8 | 849 | 32,7 | 1562 | 55,3 |
| 60 x 5 | 299 | 915 | 64,1 | 1530 | 94,2 | 926 | 64,7 | 1583 | 94,6 | 667 | 34,1 | 1116 | 50,1 | 675 | 34,4 | 1154 | 50,3 |
| 60 x 10 | 599 | 1310 | 68,5 | 2288 | 116,2 | 1357 | 69,5 | 2487 | 117,8 | 955 | 36,4 | 1668 | 62,0 | 989 | 36,9 | 1814 | 62,7 |
| 80 x 5 | 399 | 1170 | 80,7 | 1929 | 116,4 | 1200 | 80,8 | 2035 | 116,1 | 858 | 42,9 | 1407 | 61,9 | 875 | 42,9 | 1484 | 61,8 |
| 80 x 10 | 799 | 1649 | 85,0 | 2806 | 138,7 | 1742 | 85,1 | 3165 | 140,4 | 1203 | 45,3 | 2047 | 73,8 | 1271 | 45,3 | 1756 | 74,8 |
| 100 x 5 | 499 | 1436 | 100,1 | 2301 | 137,0 | 1476 | 98,7 | 2407 | 121,2 | 1048 | 53,3 | 1678 | 72,9 | 1077 | 52,5 | 1756 | 69,8 |
| 100 x 10 | 999 | 1982 | 101,7 | 3298 | 164,2 | 2128 | 102,6 | 3844 | 169,9 | 1445 | 54,0 | 2406 | 84,4 | 1552 | 54,6 | 2803 | 90,4 |
| 120 x 10 | 1200 | 2314 | 115,5 | 3804 | 187,3 | 2514 | 115,9 | 4509 | 189,9 | 1688 | 61,5 | 2774 | 99,6 | 1833 | 61,6 | 3288 | 101,0 |

*) jeden przewód na fazę **) dwa przewody na fazę 1) dla długości jednostkowej

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 3: Prąd roboczy i straty mocy gołych przewodów wykorzystywanych jako połączenie pomiędzy aparatami i szynami zbiorczymi

| Szerokość x grubość | Przekrój (Cu) | Maksymalna dopuszczalna temperatura przewodu 65°C | | | | | | | |
|---------------------------|------------------|--|----------------|--------------|----------------|--|----------------|--------------|----------------|
| | | Temperatura powietrza wewnątrz obudowy, w pobliżu przewodów: 35°C | | | | Temperatura powietrza wewnątrz obudowy, w pobliżu przewodów: 55°C | | | |
| | | 50 Hz to 60 Hz ac i dc | | | | | | | |
| | | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) | prąd roboczy | straty mocy 1) |
| mm x mm | mm ² | A* | W/m | A** | W/m | A* | W/m | A** | W/m |
| 12 x 2 | 23,5 | 82 | 5,9 | 130 | 7,4 | 69 | 4,2 | 105 | 4,9 |
| 15 x 2 | 29,5 | 96 | 6,4 | 150 | 7,8 | 88 | 5,4 | 124 | 5,4 |
| 15 x 3 | 44,5 | 124 | 7,1 | 202 | 9,5 | 102 | 4,8 | 162 | 6,1 |
| 20 x 2 | 39,5 | 115 | 6,9 | 184 | 8,9 | 93 | 4,5 | 172 | 7,7 |
| 20 x 3 | 59,5 | 152 | 8,0 | 249 | 10,8 | 125 | 5,4 | 198 | 6,8 |
| 20 x 5 | 99,1 | 218 | 9,9 | 348 | 12,7 | 174 | 6,3 | 284 | 8,4 |
| 20 x 10 | 199 | 348 | 12,8 | 648 | 22,3 | 284 | 8,6 | 532 | 15,0 |
| 25 x 5 | 124 | 253 | 10,7 | 413 | 14,2 | 204 | 7,0 | 338 | 9,5 |
| 30 x 5 | 149 | 288 | 11,6 | 492 | 16,9 | 233 | 7,6 | 402 | 11,3 |
| 30 x 10 | 299 | 482 | 17,2 | 960 | 32,7 | 402 | 11,5 | 780 | 21,6 |
| 40 x 5 | 199 | 348 | 12,8 | 648 | 22,3 | 284 | 8,6 | 532 | 15,0 |
| 40 x 10 | 399 | 648 | 22,7 | 1245 | 41,9 | 532 | 15,3 | 1032 | 28,8 |
| 50 x 5 | 249 | 413 | 14,7 | 805 | 27,9 | 338 | 9,8 | 655 | 18,5 |
| 50 x 10 | 499 | 805 | 28,5 | 1560 | 53,5 | 660 | 19,2 | 1280 | 36,0 |
| 60 x 5 | 299 | 492 | 17,2 | 960 | 32,7 | 402 | 11,5 | 780 | 21,6 |
| 60 x 10 | 599 | 960 | 34,1 | 1848 | 63,2 | 780 | 22,5 | 1524 | 43,0 |
| 80 x 5 | 399 | 648 | 22,7 | 1256 | 42,6 | 532 | 15,3 | 1032 | 28,8 |
| 80 x 10 | 799 | 1256 | 45,8 | 2432 | 85,8 | 1032 | 30,9 | 1920 | 53,5 |
| 100 x 5 | 499 | 805 | 29,2 | 1560 | 54,8 | 660 | 19,6 | 1280 | 36,9 |
| 100 x 10 | 999 | 1560 | 58,4 | 2680 | 86,2 | 1280 | 39,3 | 2180 | 57,0 |
| 120 x 10 | 1200 | 1848 | 68,3 | 2928 | 85,7 | 1524 | 46,5 | 2400 | 57,6 |

*) jeden przewód na fazę

**) dwa przewody na fazę

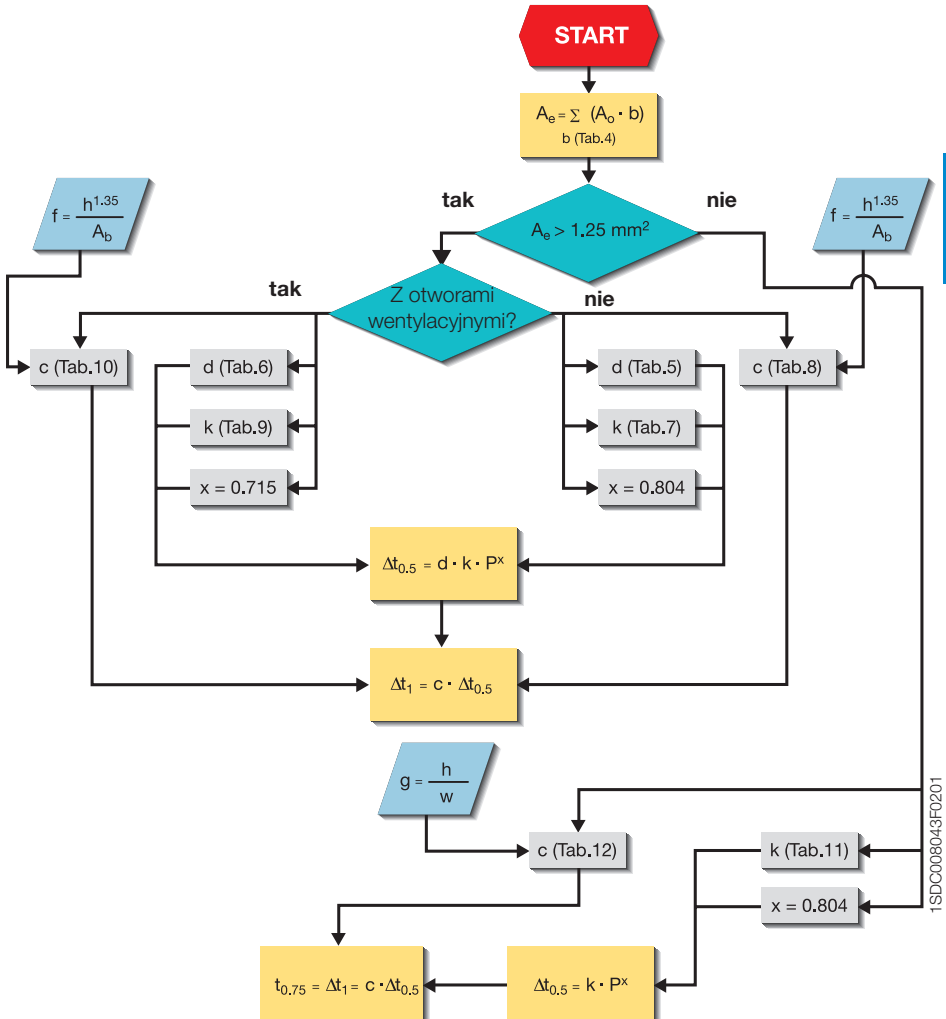
1) dla długości jednostkowej

TSDC008042FD201

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tam, gdzie obudowy bez pionowych przegród lub wydzielonych segmentów charakteryzują się skuteczną powierzchnią chłodzenia przekraczającą około 11,5 m lub też szerokością przekraczającą około 1,5 m, na potrzeby obliczeń muszą zostać podzielone na fikcyjne segmenty, których wymiary są zbliżone do powyższych wartości.

Na poniższym schemacie przedstawiono procedurę szacowania przyrostu temperatury.



Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 4: Współczynnik powierzchni b , zależący do sposobu montażu

| Sposób montażu | Współczynnik powierzchni b |
|---|------------------------------|
| Odkryta górna powierzchnia | 1,4 |
| Zasłonięta górna powierzchnia, np. we wbudowanych obudowach | 0,7 |
| Odkryte boczne powierzchnie, np. przednia, tylna i boczne ścianki | 0,9 |
| Zasłonięte boczne pow., np. tył obudowy zamontowanej na ścianie | 0,5 |
| Boczne ścianki środkowej obudowy | 0,5 |
| Powierzchnia podłogi | Nie jest uwzględniana |

Nie są brane pod uwagę fikcyjne boczne ścianki segmentów, które zostały dodane tylko na potrzeby obliczeń.

Tabela 5: Współczynnik d dla obudów bez otworów wentylacyjnych, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_e > 1,25 \text{ m}^2$

| Liczba poziomych przegrodzeń n | Współczynnik d |
|----------------------------------|------------------|
| 0 | 1 |
| 1 | 1,05 |
| 2 | 1,15 |
| 3 | 1,3 |

Tabela 6: Współczynnik d dla obudów z otworami wentylacyjnymi, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_e > 1,25 \text{ m}^2$

| Liczba poziomych przegrodzeń n | Współczynnik d |
|----------------------------------|------------------|
| 0 | 1 |
| 1 | 1,05 |
| 2 | 1,1 |
| 3 | 1,15 |

Tabela 7: Stała k obudowy, dla obudów bez otworów wentylacyjnych, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_e > 1,25 \text{ m}^2$







| A_e [m^2] | k | A_e [m^2] | k |
|------------------------|-------|------------------------|-------|
| 1,25 | 0,524 | 6,5 | 0,135 |
| 1,5 | 0,45 | 7 | 0,13 |
| 2 | 0,35 | 7,5 | 0,125 |
| 2,5 | 0,275 | 8 | 0,12 |
| 3 | 0,225 | 8,5 | 0,115 |
| 3,5 | 0,2 | 9 | 0,11 |
| 4 | 0,185 | 9,5 | 0,105 |
| 4,5 | 0,17 | 10 | 0,1 |
| 5 | 0,16 | 10,5 | 0,095 |
| 5,5 | 0,15 | 11 | 0,09 |
| 6 | 0,14 | 11,5 | 0,085 |

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 8: Współczynnik rozkładu temperatury c dla obudów bez otworów wentylacyjnych, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_b > 1,25 \text{ m}^2$

| $f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$ | Sposób montażu | | | | |
|----------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 0,6 | 1,225 | 1,21 | 1,19 | 1,17 | 1,113 |
| 1 | 1,24 | 1,225 | 1,21 | 1,185 | 1,14 |
| 1,5 | 1,265 | 1,245 | 1,23 | 1,21 | 1,17 |
| 2 | 1,285 | 1,27 | 1,25 | 1,23 | 1,19 |
| 2,5 | 1,31 | 1,29 | 1,275 | 1,25 | 1,21 |
| 3 | 1,325 | 1,31 | 1,295 | 1,27 | 1,23 |
| 3,5 | 1,35 | 1,33 | 1,315 | 1,29 | 1,255 |
| 4 | 1,37 | 1,355 | 1,34 | 1,32 | 1,275 |
| 4,5 | 1,395 | 1,375 | 1,36 | 1,34 | 1,295 |
| 5 | 1,415 | 1,395 | 1,38 | 1,36 | 1,32 |
| 5,5 | 1,435 | 1,415 | 1,4 | 1,38 | 1,34 |
| 6 | 1,45 | 1,435 | 1,42 | 1,395 | 1,355 |
| 6,5 | 1,47 | 1,45 | 1,435 | 1,41 | 1,37 |
| 7 | 1,48 | 1,47 | 1,45 | 1,43 | 1,39 |
| 7,5 | 1,495 | 1,48 | 1,465 | 1,44 | 1,4 |
| 8 | 1,51 | 1,49 | 1,475 | 1,455 | 1,415 |
| 8,5 | 1,52 | 1,505 | 1,49 | 1,47 | 1,43 |
| 9 | 1,535 | 1,52 | 1,5 | 1,48 | 1,44 |
| 9,5 | 1,55 | 1,53 | 1,515 | 1,49 | 1,455 |
| 10 | 1,56 | 1,54 | 1,52 | 1,5 | 1,47 |
| 10,5 | 1,57 | 1,55 | 1,535 | 1,51 | 1,475 |
| 11 | 1,575 | 1,565 | 1,549 | 1,52 | 1,485 |
| 11,5 | 1,585 | 1,57 | 1,55 | 1,525 | 1,49 |
| 12 | 1,59 | 1,58 | 1,56 | 1,535 | 1,5 |
| 12,5 | 1,6 | 1,585 | 1,57 | 1,54 | 1,51 |

gdzie h oznacza wysokość obudowy, a A_b oznacza powierzchnię podstawy.
"Sposoby montażu":

| Nr sposobu montażu | |
|--------------------|---|
| 1 | Oddzielna obudowa, wolnostojąca, odsłonięta ze wszystkich stron  |
| 2 | Pierwsza lub ostatnia obudowa, wolnostojąca  |
| 3 | Oddzielna obudowa, do montażu ściennego  |
| | Środkowa obudowa, wolnostojąca  |
| 4 | Pierwsza lub ostatnia obudowa, do montażu ściennego  |
| | Obudowa środkowa, do montażu ściennego, z zasłoniętą górną powierzchnią  |
| 5 | Środkowa obudowa, do montażu ściennego  |

1SDCC008069F0001

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 9: Stała k obudowy, dla obudów z otworami wentylacyjnymi, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_e > 1,25 \text{ m}^2$

| Powierzchnia otworów wentylacyjnych w cm^2 | $A_e \text{ [m}^2\text{]}$ | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 14 | |
| 50 | 0,36 | 0,33 | 0,3 | 0,28 | 0,26 | 0,24 | 0,22 | 0,208 | 0,194 | 0,18 | 0,165 | 0,145 | 0,135 | |
| 100 | 0,293 | 0,27 | 0,25 | 0,233 | 0,22 | 0,203 | 0,187 | 0,175 | 0,165 | 0,153 | 0,14 | 0,128 | 0,119 | |
| 150 | 0,247 | 0,227 | 0,21 | 0,198 | 0,187 | 0,173 | 0,16 | 0,15 | 0,143 | 0,135 | 0,123 | 0,114 | 0,107 | |
| 200 | 0,213 | 0,196 | 0,184 | 0,174 | 0,164 | 0,152 | 0,143 | 0,135 | 0,127 | 0,12 | 0,11 | 0,103 | 0,097 | |
| 250 | 0,19 | 0,175 | 0,165 | 0,155 | 0,147 | 0,138 | 0,13 | 0,121 | 0,116 | 0,11 | 0,1 | 0,095 | 0,09 | |
| 300 | 0,17 | 0,157 | 0,148 | 0,14 | 0,133 | 0,125 | 0,118 | 0,115 | 0,106 | 0,1 | 0,093 | 0,088 | 0,084 | |
| 350 | 0,152 | 0,141 | 0,135 | 0,128 | 0,121 | 0,115 | 0,109 | 0,103 | 0,098 | 0,093 | 0,087 | 0,082 | 0,079 | |
| 400 | 0,138 | 0,129 | 0,121 | 0,117 | 0,11 | 0,106 | 0,1 | 0,096 | 0,091 | 0,088 | 0,081 | 0,078 | 0,075 | |
| 450 | 0,126 | 0,119 | 0,111 | 0,108 | 0,103 | 0,099 | 0,094 | 0,09 | 0,086 | 0,083 | 0,078 | 0,074 | 0,07 | |
| 500 | 0,116 | 0,11 | 0,104 | 0,1 | 0,096 | 0,092 | 0,088 | 0,085 | 0,082 | 0,078 | 0,073 | 0,07 | 0,067 | |
| 550 | 0,107 | 0,102 | 0,097 | 0,093 | 0,09 | 0,087 | 0,083 | 0,08 | 0,078 | 0,075 | 0,07 | 0,068 | 0,065 | |
| 600 | 0,1 | 0,095 | 0,09 | 0,088 | 0,085 | 0,082 | 0,079 | 0,076 | 0,073 | 0,07 | 0,067 | 0,065 | 0,063 | |
| 650 | 0,094 | 0,09 | 0,086 | 0,083 | 0,08 | 0,077 | 0,075 | 0,072 | 0,07 | 0,068 | 0,065 | 0,063 | 0,061 | |
| 700 | 0,089 | 0,085 | 0,08 | 0,078 | 0,076 | 0,074 | 0,072 | 0,07 | 0,068 | 0,066 | 0,064 | 0,062 | 0,06 | |

Tabela 10: Współczynnik rozkładu temperatury c dla obudów z otworami wentylacyjnymi, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_e > 1,25 \text{ m}^2$

| Powierzchnia otworów wentylacyjnych w cm^2 | $f = \frac{h^{1,35}}{A_b}$ | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1,5 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 50 | 1,3 | 1,35 | 1,43 | 1,5 | 1,57 | 1,63 | 1,68 | 1,74 | 1,78 | 1,83 |
| 100 | 1,41 | 1,46 | 1,55 | 1,62 | 1,68 | 1,74 | 1,79 | 1,84 | 1,88 | 1,92 |
| 150 | 1,5 | 1,55 | 1,63 | 1,69 | 1,75 | 1,8 | 1,85 | 1,9 | 1,94 | 1,97 |
| 200 | 1,56 | 1,61 | 1,67 | 1,75 | 1,8 | 1,85 | 1,9 | 1,94 | 1,97 | 2,01 |
| 250 | 1,61 | 1,65 | 1,73 | 1,78 | 1,84 | 1,88 | 1,93 | 1,97 | 2,01 | 2,04 |
| 300 | 1,65 | 1,69 | 1,75 | 1,82 | 1,86 | 1,92 | 1,96 | 2 | 2,03 | 2,06 |
| 350 | 1,68 | 1,72 | 1,78 | 1,85 | 1,9 | 1,94 | 1,97 | 2,02 | 2,05 | 2,08 |
| 400 | 1,71 | 1,75 | 1,81 | 1,87 | 1,92 | 1,96 | 2 | 2,04 | 2,07 | 2,1 |
| 450 | 1,74 | 1,77 | 1,83 | 1,88 | 1,94 | 1,97 | 2,02 | 2,05 | 2,08 | 2,12 |
| 500 | 1,76 | 1,79 | 1,85 | 1,9 | 1,95 | 1,99 | 2,04 | 2,06 | 2,1 | 2,13 |
| 550 | 1,77 | 1,82 | 1,88 | 1,93 | 1,97 | 2,01 | 2,05 | 2,08 | 2,11 | 2,14 |
| 600 | 1,8 | 1,83 | 1,88 | 1,94 | 1,98 | 2,02 | 2,06 | 2,09 | 2,12 | 2,15 |
| 650 | 1,81 | 1,85 | 1,9 | 1,95 | 1,99 | 2,04 | 2,07 | 2,1 | 2,14 | 2,17 |
| 700 | 1,83 | 1,87 | 1,92 | 1,96 | 2 | 2,05 | 2,08 | 2,12 | 2,15 | 2,18 |

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 11: Stała k obudowy, dla obudów bez otworów wentylacyjnych, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$

| $A_e \text{ [m}^2\text{]}$ | k | $A_e \text{ [m}^2\text{]}$ | k |
|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| 0,08 | 3,973 | 0,65 | 0,848 |
| 0,09 | 3,643 | 0,7 | 0,803 |
| 0,1 | 3,371 | 0,75 | 0,764 |
| 0,15 | 2,5 | 0,8 | 0,728 |
| 0,2 | 2,022 | 0,85 | 0,696 |
| 0,25 | 1,716 | 0,9 | 0,668 |
| 0,3 | 1,5 | 0,95 | 0,641 |
| 0,35 | 1,339 | 1 | 0,618 |
| 0,4 | 1,213 | 1,05 | 0,596 |
| 0,45 | 1,113 | 1,1 | 0,576 |
| 0,5 | 1,029 | 1,15 | 0,557 |
| 0,55 | 0,960 | 1,2 | 0,540 |
| 0,6 | 0,9 | 1,25 | 0,524 |

Tabela 12: Współczynnik rozkładu temperatury c dla obudów bez otworów wentylacyjnych, z powierzchnią skuteczną chłodzenia $A_e \leq 1,25 \text{ m}^2$

| g | c | g | c |
|-----|-------|-----|-------|
| 0 | 1 | 1,5 | 1,231 |
| 0,1 | 1,02 | 1,6 | 1,237 |
| 0,2 | 1,04 | 1,7 | 1,24 |
| 0,3 | 1,06 | 1,8 | 1,244 |
| 0,4 | 1,078 | 1,9 | 1,246 |
| 0,5 | 1,097 | 2 | 1,249 |
| 0,6 | 1,118 | 2,1 | 1,251 |
| 0,7 | 1,137 | 2,2 | 1,253 |
| 0,8 | 1,156 | 2,3 | 1,254 |
| 0,9 | 1,174 | 2,4 | 1,255 |
| 1 | 1,188 | 2,5 | 1,256 |
| 1,1 | 1,2 | 2,6 | 1,257 |
| 1,2 | 1,21 | 2,7 | 1,258 |
| 1,3 | 1,22 | 2,8 | 1,259 |
| 1,4 | 1,226 | | |

gdzie g jest stosunkiem wysokości do szerokości obudowy.

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Całkowite (3/4 bieguny)
straty mocy w W

Tabela 13: Straty mocy wyłączników kompaktowych

| Wyzwalacze | In[A] | XT1 | | XT2 | | XT3 | | XT4 | | T1P | | T1 | | T2 | | T3 | | T4 | | T5 | | T6 | | T7 S,H,L | | T7 V | | | |
|----------------------------|-------|------|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|----------|------|-------|-------|-----|----|
| | | F | P | F | P/W | F | P | F | P/W | F | F | F | P | F | P | F | P/W | F | P/W | F | W | F | W | F | W | F | W | | |
| TMF | 1 | | | | | | | | | | | | 4,5 | 5,1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1,6 | | | 6 | 7,14 | | | | | | | | 6,3 | 7,5 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 | | | 7,14 | 8,28 | | | | | | | | 7,5 | 8,7 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2,5 | | | 7,41 | 8,55 | | | | | | | | 7,8 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3 | | | 8,28 | 9,69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3,2 | | | | | | | | | | | | | 8,7 | 10,2 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4 | | | 7,41 | 8,55 | | | | | | | | | 7,8 | 9 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5 | | | | | | | | | | | | | 8,7 | 10,5 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6,3 | | | 9,99 | 11,7 | | | | | | | | | 10,5 | 12,3 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 | | | 7,71 | 0,12 | | | | | | | | | 8,1 | 9,6 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10 | | | 8,85 | 10,26 | | | | | | | | | 9,3 | 10,8 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12,5 | | | 3,15 | 3,72 | | | | | | | | | 3,3 | 3,9 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 16 | 4,5 | 4,5 | 3,99 | 4,56 | | | | | | 1,5 | 4,5 | 4,2 | 4,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 20 | 5,4 | 6 | 4,86 | 5,7 | | | | | | 1,8 | 5,4 | 5,1 | 6 | | | | 10,8 | 10,8 | | | | | | | | | | |
| | 25 | 6 | 8,4 | | | | | | | | 2 | 6 | 6,9 | 8,4 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | 6,3 | 9,6 | 7,71 | 9,12 | | | | 13,32 | 13,32 | 2,1 | 6,3 | 8,1 | 9,6 | | | | 11,1 | 11,1 | | | | | | | | | | |
| | 40 | 7,8 | 13,8 | 11,13 | 13,11 | | | | 13,47 | 14,16 | 2,6 | 7,8 | 11,7 | 13,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 50 | 11,1 | 15 | 12,27 | 14,25 | | | | 14,04 | 14,76 | 3,7 | 11,1 | 12,9 | 15 | | | | 11,7 | 12,3 | | | | | | | | | | |
| | 63 | 12,9 | 18 | 14,55 | 17,1 | 12,9 | 15,3 | 15,9 | 17,28 | 4,3 | 12,9 | 15,3 | 18 | 12,9 | 15,3 | | | | | | | | | | | | | | |
| | 80 | 14,4 | 21,6 | 17,4 | 20,52 | 14,4 | 17,4 | 16,56 | 18 | 4,8 | 14,4 | 18,3 | 21,6 | 14,4 | 17,4 | 13,8 | 15 | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | 21 | 30 | 24,24 | 28,5 | 16,8 | 20,4 | 18,72 | 20,88 | 7 | 21 | 25,5 | 30 | 16,8 | 20,4 | 15,6 | 17,4 | | | | | | | | | | | | |
| | 125 | 32,1 | 44,1 | 34,2 | 41,91 | 19,8 | 23,7 | 22,32 | 25,92 | 10,7 | 32,1 | 36 | 44,1 | 19,8 | 23,7 | 18,6 | 21,6 | | | | | | | | | | | | |
| | 160 | 45 | 60 | 48,45 | 57 | 23,7 | 28,5 | 26,64 | 32,4 | 15 | 45 | 51 | 60 | 23,7 | 28,5 | 22,2 | 27 | | | | | | | | | | | | |
| | 200 | | | | | 39,6 | 47,4 | 35,64 | 44,64 | | | | | | | 39,6 | 47,4 | 29,7 | 37,2 | | | | | | | | | | |
| 250 | | | | | 53,4 | 64,2 | 49,32 | 63,36 | | | | | | | 53,4 | 64,2 | 41,1 | 52,8 | | | | | | | | | | | |
| 320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 40,8 | 62,7 | | | | | | | | | |
| 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 58,5 | 93 | | | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 86,4 | 110,1 | | | | | | | | | |
| 630 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 91,8 | 90 | | | | | | | |
| 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 93 | 118,8 | | | | | | | |
| Ekip PR22... PR33... | 10 | | | | | | | | | | | | 1,5 | 1,8 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 25 | | | 2,5 | 2,52 | | | | | | | | 3 | 3,6 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 40 | | | | | | | 2,1 | 2,28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 63 | | | 4,1 | 5 | | | 5,2 | 5,67 | | | | 10,5 | 12 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 100 | | | 10,2 | 12,7 | | | 13,11 | 14,28 | | | | 24 | 27,6 | | | 5,1 | 6,9 | | | | | | | | | | | |
| | 160 | | | 26,2 | 32,6 | | | 33,55 | 36,56 | | | | 51 | 60 | | | 13,2 | 18 | | | | | | | | | | | |
| | 250 | | | | | | | 81,9 | 89,25 | | | | | | | 32,1 | 43,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 320 | | | | | | | | | | | | | | | | | 52,8 | 72 | | | 31,8 | 53,7 | | | | | | |
| | 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 49,5 | 84 | | | 15 | 27 | 24 | 36 |
| | 630 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 123 | 160,8 | 90 | 115 | 36 | 66 | 60 | 90 |
| | 800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 96 | 124,8 | 57,9 | 105,9 | 96 | 144 | |
| 1000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 150 | | 90 | 165 | 150 | 225 | | |
| 1250 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 141 | 258 | 234,9 | 351,9 | | |
| 1600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 231 | 423 | | | | |

Wartości podane w tabeli odnoszą się do zrównoważonych obciążeń, z prądem odpowiadającym wartości znamionowej In, i są słuszne dla wyłączników i rozłączników izolacyjnych, trzy i czterobiegunowych.

W przypadku tych ostatnich, prąd bieguna neutralnego jest, z definicji, zerowy.

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Tabela 14: Straty mocy wyłączników Emax

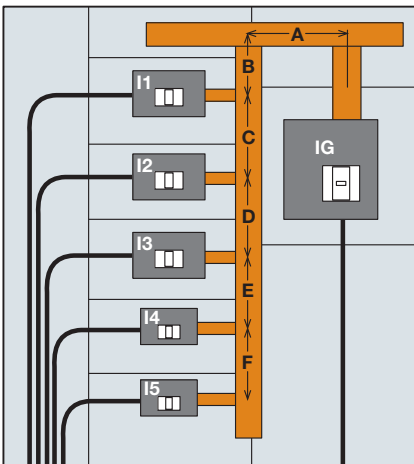
| Całkowite (3/4 bieg.) straty mocy w W | X1-BN | | X1-L | | E1B-N | | E2B-N-S | | E2L | | E3N-S-H-V | | E3L | | E4S-H-V | | E6H-V | | | | |
|--|-------|-----|------|-----|-------|-----|---------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|---------|-----|-------|-----|-----|-----|------|
| | F | W | F | W | F | W | F | W | F | W | F | W | F | W | F | W | F | W | | | |
| In=630 | 31 | 60 | 61 | 90 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| In=800 | 51 | 104 | 99 | 145 | 65 | 95 | 29 | 53 | | | 22 | 36 | | | | | | | | | |
| In=1000 | 79 | 162 | 155 | 227 | 96 | 147 | 45 | 83 | | | 38 | 58 | | | | | | | | | |
| In=1250 | 124 | 293 | 242 | 354 | 150 | 230 | 70 | 130 | 105 | 165 | 60 | 90 | | | | | | | | | |
| In=1600 | 209 | 415 | | | 253 | 378 | 115 | 215 | 170 | 265 | 85 | 150 | | | | | | | | | |
| In=2000 | | | | | | | 180 | 330 | | | 130 | 225 | 215 | 330 | | | | | | | |
| In=2500 | | | | | | | | | | | 205 | 350 | 335 | 515 | | | | | | | |
| In=3200 | | | | | | | | | | | 330 | 570 | | | 235 | 425 | 170 | 290 | | | |
| In=4000 | | | | | | | | | | | | | | | 360 | 660 | 265 | 445 | | | |
| In=5000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 415 | 700 | |
| In=6300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 650 | 1100 |

Przykład

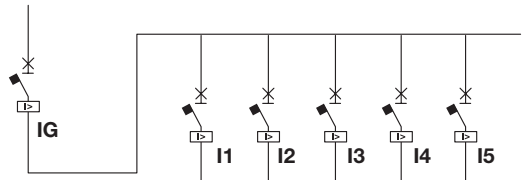
Poniżej przedstawiono przykład szacowania przyrostu temperatury dla rozdzielnic o następujących parametrach:

- obudowa bez otworów wentylacyjnych
- bez wewnętrznego rozdzielania izolacyjnego
- oddzielna obudowa, do montażu naściennego
- jeden wyłącznik główny
- 5 wyłączników zasilania obciążeń
- szyny zbiorcze i okablowanie

Obudowa

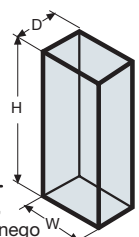


Schemat połączeń



Wymiary [mm]

| Wys. | Szer. | Gł. | Liczba poziomych przegrodzeń = 0 |
|------|-------|-----|---|
| 2000 | 1440 | 840 | Oddzielna obudowa, do montażu naściennego |



Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Poniżej przedstawiono procedurę szacowania strat mocy dla każdego z elementów opisanej powyżej rozdzielnicy.

W przypadku wyłączników, straty mocy są obliczane na podstawie wzoru,

$$P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2$$

gdzie wartości I_n i P_n zostały podane w tabelach 14 i 15. W tabeli poniżej podano wartości dla każdego z wyłączników rozważanej rozdzielnicy:

| Wyłączniki | | I_n wyłącznika [A] | I_b [A] | Straty mocy [W] |
|--|-------------|---|--------------------------------|---------------------------|
| IG | E2 2000 EL | 2000 | 1340 | 80,7 |
| I1 | T5 630 EL | 630 | 330 | 33,7 |
| I2 | T5 630 EL | 630 | 330 | 33,7 |
| I3 | T5 630 EL | 630 | 330 | 33,7 |
| I4 | XT3 250 TMD | 250 | 175 | 26,2 |
| I5 | XT3 250 TMD | 250 | 175 | 26,2 |
| Suma strat mocy wyłączników [W] | | | | 234 |

W przypadku szyn zbiorczych, straty mocy są obliczane na podstawie wzoru,

$$P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot (3 \cdot \text{długość})$$

gdzie wartości I_n i P_n zostały podane w tabeli 2.

W tabeli poniżej przedstawiono straty mocy szyn zbiorczych.

| Szyny zbiorcze | Przekrój nx[mm]x[mm] | Długość [m] | I_b [A] | Straty mocy [W] |
|--|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| A | 2x60x10 | 0,393 | 1340 | 47,2 |
| B | 80x10 | 0,332 | 1340 | 56 |
| C | 80x10 | 0,300 | 1010 | 28,7 |
| D | 80x10 | 0,300 | 680 | 13 |
| E | 80x10 | 0,300 | 350 | 3,5 |
| F | 80x10 | 0,300 | 175 | 0,9 |
| Suma strat mocy szyn zbiorczych [W] | | | | 149 |

W przypadku gołych przewodów łączących szyny zbiorcze z wyłącznikami, straty mocy są obliczane na podstawie wzoru,

$$P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot (3 \cdot \text{długość})$$

gdzie wartości I_n i P_n zostały podane w tabeli 2. Poniżej przedstawiono wartości dla każdej sekcji:

| Połączenie gołe przewody | Przekrój nx[mm]x[mm] | Długość [m] | I_b [A] | Straty mocy [W] |
|--|--------------------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|
| Ig | 2x60x10 | 0,450 | 1340 | 54 |
| I1 | 30x10 | 0,150 | 330 | 3,8 |
| I2 | 30x10 | 0,150 | 330 | 3,8 |
| I3 | 30x10 | 0,150 | 330 | 3,8 |
| I4 | 20x10 | 0,150 | 175 | 1,6 |
| I5 | 20x10 | 0,150 | 175 | 1,6 |
| Total power loss of bare conductors [W] | | | | 68 |

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

W przypadku przewodów łączących wyłączniki z zasilaniem i obciążeniami, straty mocy są obliczane na podstawie wzoru

$$P = P_n \left(\frac{I_b}{I_n} \right)^2 \cdot (3 \cdot \text{długość})$$

gdzie wartości I_n i P_n zostały podane w tabeli 4.

Poniżej przedstawiono wartości strat mocy dla każdego połączenia:

| Przewody | Przekrój [n]xmm ² | Długość [m] | I _b [A] | Straty mocy [W] |
|--------------------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|--------------------|
| IG | 4x240 | 1,0 | 1340 | 133,8 |
| I1 | 240 | 2,0 | 330 | 64,9 |
| I2 | 240 | 1,7 | 330 | 55,2 |
| I3 | 240 | 1,4 | 330 | 45,4 |
| I4 | 120 | 1,1 | 175 | 19 |
| I5 | 120 | 0,8 | 175 | 13,8 |
| Suma strat mocy przewodów [W] | | | | 332 |

Podsumowując, całkowite straty mocy wewnątrz obudowy wyniosą więc:

$$P = 784 \text{ [W]}$$

Na podstawie wymiarów geometrycznych rozdzielnicy, poniżej wyznaczono jej skuteczną powierzchnię chłodzenia A_e :

| | Wymiary [m]x[m] | A _n [m ²] | współczynnik b | A _n |
|--------------|-----------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------|
| Góra | 0,840x1,44 | 1,21 | 1,4 | 1,69 |
| Przód | 2x1,44 | 1,64 | 0,9 | 2,59 |
| Tył | 2x1,44 | 1,64 | 0,5 | 1,44 |
| Lewa strona | 2x0,840 | 1,68 | 0,9 | 1,51 |
| Prawa strona | 2x0,840 | 1,68 | 0,9 | 1,51 |
| | | | A _e =Σ(A _n ·b) | 8,75 |

Przyrost temperatury wewnątrz rozdzielnicy można oszacować, opierając się na procedurze opisanej na stronie 247.

Załącznik B: Określenie przyrostu temperatury zgodnie z normą IEC 60890

Na podstawie tabeli 7, wartość współczynnika k wynosi 0,112 (wartość interpolowana).

Ponieważ $x = 0,804$, przyrost temperatury w połowie wysokości rozdzielnic będzie wynosił:

$$\Delta t_{0,5} = d \cdot k \cdot P^x = 1 \cdot 0,112 \cdot 784^{0,804} = 23,8 \text{ K}$$

Na potrzeby oszacowania przyrostu temperatury na górze obudowy należy określić wartość współczynnika c , wykorzystując współczynnik f :

$$f = \frac{h^{1,35}}{A_b} = \frac{2^{1,35}}{1,44 \cdot 0,84} = 2,107 \quad (A_b \text{ jest to powierzchnia podstawy rozdzielnic})$$

Na podstawie kolumny 3 z tabeli 8 (oddzielna obudowa do montażu ściennego), wartość współczynnika c wynosi 1,255 (wartość interpolowana).

$$\Delta t_1 = c \cdot \Delta t_{0,5} = 1,255 \cdot 23,8 = 29,8 \text{ K}$$

Przyjmując temperaturę otoczenia równą 35°C, zgodnie z zaleceniami normy, wewnątrz obudowy zostaną osiągnięte następujące temperatury:

$$t_{0,5} = 35 + 23,8 \approx 59^\circ\text{C}$$

$$t_1 = 35 + 29,8 \approx 65^\circ\text{C}$$

Zakładając, że obniżenie wartości parametrów znamionowych wyłączników wewnątrz rozdzielnic może zostać porównane do obniżenia parametrów znamionowych dla temperatury różnej od 40°C, opierając się na tabelach z punktu 2.5 można sprawdzić, czy wybrane wyłączniki będą mogły przewodzić żądane prądy:

$$E2 \text{ 2000 dla } 65^\circ\text{C} \quad I_n=1765 \text{ [A]} > I_g = 1340 \text{ [A]}$$

$$T5 \text{ 630 dla } 65^\circ\text{C} \quad I_n=505 \text{ [A]} > I_1 = I_2 = I_3 = 330 \text{ [A]}$$

$$XT3 \text{ 250 dla } 60^\circ\text{C} \quad I_n=216 \text{ [A]} > I_4 = I_5 = 175 \text{ [A]}$$

Załącznik C: Przykłady zastosowań Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyzwalacze typu PR123/P i PR333/P

Podwójne ustawienia zabezpieczeń

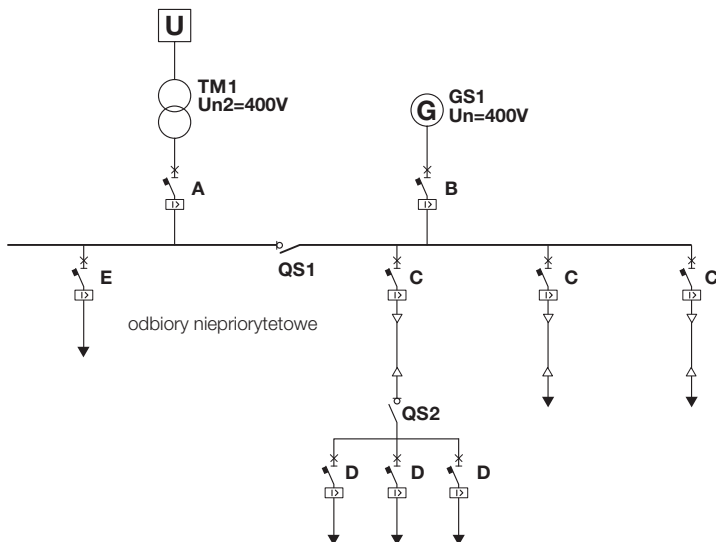
Dzięki nowym wyzwalaczom typu PR123 i PR333 możliwe jest zaprogramowanie dwóch różnych zestawów parametrów. Wykorzystując następnie zewnętrzne polecenia sterujące, można przełączać wyzwalacze z jednego zestawu parametrów na drugi.

Funkcja ta jest użyteczna, jeśli w instalacji występuje źródło zasilania awaryjnego (generator), zapewniające zasilanie tylko w przypadku utraty zasilania sieciowego.

Przykład:

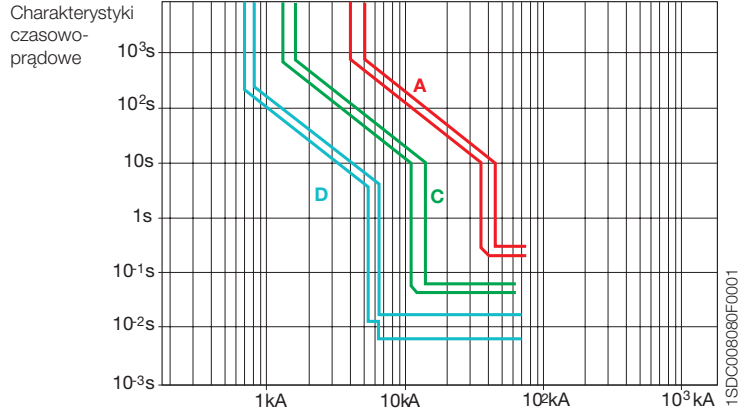
W opisaney poniżej instalacji, w przypadku utraty normalnego zasilania z sieci, wykorzystując układ automatycznego przełączania zasilania ATSO10 firmy ABB SACE można przełączyć zasilanie z sieciowego na awaryjne i odłączyć niepriorytetowe obciążenia, otwierając obwód rozłącznika izolacyjnego QS1. W normalnych warunkach pracy instalacji, wyłączniki C są ustawione w taki sposób, aby były selektywne względem obydwu wyłączników A znajdujących się po stronie zasilania oraz względem wyłączników D, znajdujących się po stronie obciążenia.

Przełączając instalację z zasilania z sieci na zasilanie awaryjne, wyłącznik B staje się wyłącznikiem odniesienia po stronie zasilania wyłączników C. Ten wyłącznik, stanowiący zabezpieczenie generatora, musi być ustawiony z krótszym czasem zwłoki wyzwolenia, niż wyłącznik A i, tym samym, nastawy wyłączników po stronie obciążenia mogą nie zagwarantować selektywność względem wyłącznika B. Wykorzystując funkcję "podwójnych ustawień zabezpieczeń" wyzwalaczy PR123 i PR333 można przełączać wyłączniki C z jednego zestawu parametrów, który gwarantuje selektywność z wyłącznikami A, na drugi zestaw parametrów, który zapewnia selektywność z wyłącznikiem B. Te nowe nastawy mogą jednak spowodować, że nie będzie zapewniona selektywność pomiędzy wyłącznikami C i wyłącznikami po stronie obciążenia.

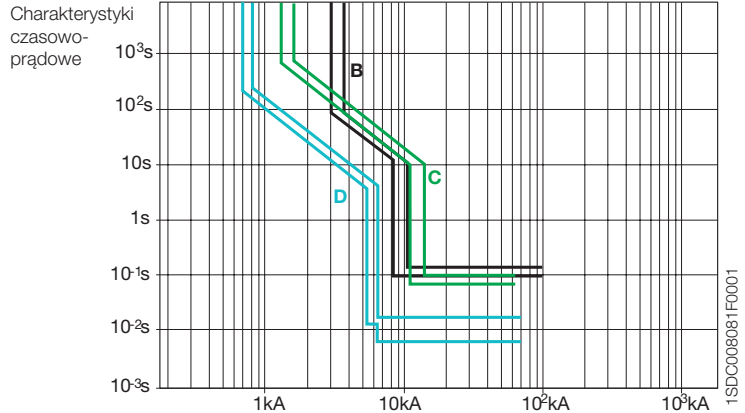


Załącznik C: Przykłady zastosowań Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyłączacze typu PR123/P i PR333/P

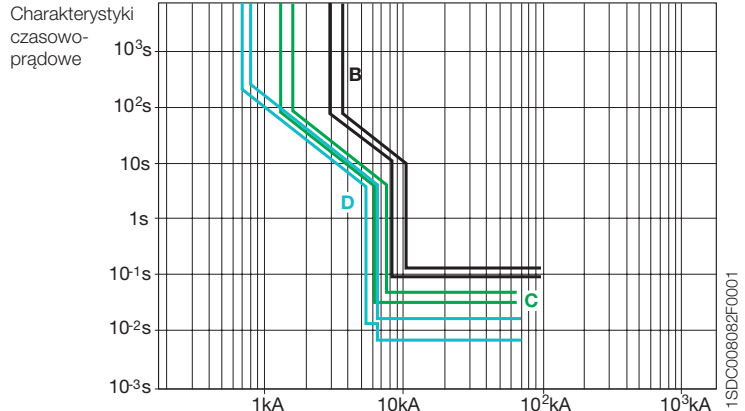
Na rysunku obok przedstawiono charakterystyki czasowo-prądowe instalacji w normalnych warunkach pracy. Ustawione wartości uniemożliwiają przecinanie się charakterystyk.



Na rysunku obok przedstawiono sytuację, w której po przełączeniu, zasilanie jest doprowadzane przez układ zasilający, poprzez wyłącznik B. Jeśli nastawy wyłączników C nie zostaną zmienione, nie zostanie wtedy zapewniona selektywność z wyłącznikiem głównym B.



Na ostatnim rysunku pokazano, w jaki sposób można przełączyć układ na zestaw parametrów, który zapewni selektywność pomiędzy wyłącznikami C i wyłącznikiem B, wykorzystując funkcję "podwójnych nastaw".



Załącznik C: Przykłady zastosowań Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyzwalacze typu PR123/P i PR333/P

Podwójne zabezpieczenie ziemnozwarciowe G

Wyłączniki typu Emax, wyposażone w wyzwalacze elektroniczne typu PR123 i PR333, umożliwiają zdefiniowanie dwóch niezależnych charakterystyk dla funkcji zabezpieczającej G:

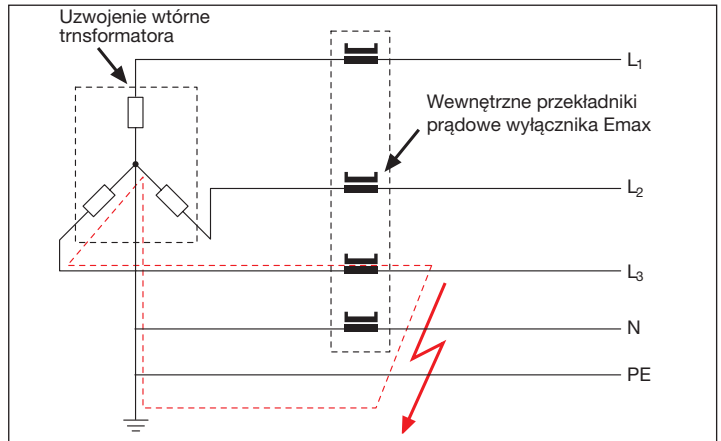
- jednej dla zabezpieczenia wewnętrznego (funkcja G bez zewnętrznego przekładnika toroidalnego);
- jednej dla zabezpieczenia zewnętrznego (funkcja G z zewnętrznym przekładnikiem toroidalnym);

Typowym zastosowaniem podwójnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego G jest równoczesne zabezpieczenie przed zwarcieniem doziemnym obwodu wtórnego transformatora i przewodów łączących go z zaciskami wyłącznika (ograniczone zabezpieczenie przed zwarcieniem doziemnym), jak również zabezpieczenie przed zwarciami doziemnymi po stronie obciążenia wyłącznika (poza ograniczonym zabezpieczeniem przed zwarcieniem doziemnym).

Przykład:

Na rysunku 1 przedstawiono zwarcie po stronie obciążenia wyłącznika Emax: prąd zakłóceńowy płynie tylko przez jedną fazę i, jeśli suma wektorowa prądów wykrytych przez cztery przekładniki prądowe będzie większa, niż ustawiona wartość progowa, wtedy wyzwalacz elektroniczny uaktywni funkcję G (i spowoduje wyzwolenie wyłącznika).

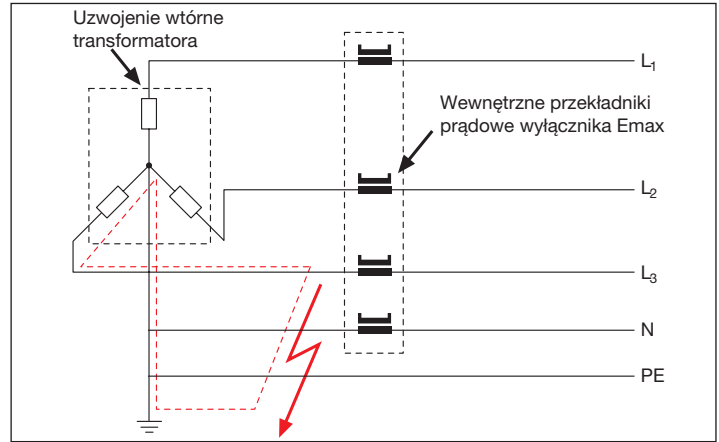
Rysunek 1



Załącznik C: Przykłady zastosowań Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystujące wyłączacze typu PR123/P i PR333/P

Dla takiej samej konfiguracji, zwarcie po stronie zasilania wyłącznika (rysunek 2) nie powoduje zadziałania funkcji G, ponieważ prąd zakłóceńowy nie wpływa na żaden z przekładników prądowych fazowych lub przewodu neutralnego.

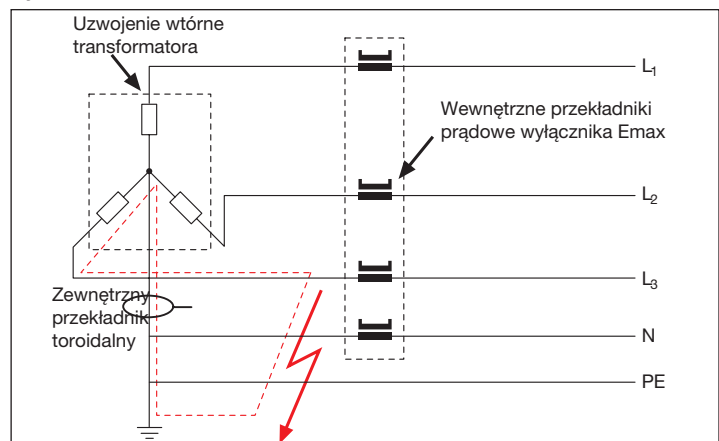
Rysunek 2



1SDC008051F0201

Wykorzystanie “podwójnej funkcji G” umożliwia zamontowanie zewnętrznego przekładnika toroidalnego przedstawionego na rysunku 3, umożliwiając wykrywanie również zwarcń doziemnych po stronie zasilania wyłącznika Emax. W takim przypadku styk alarmowy drugiego zabezpieczenia G jest wykorzystywany do wyzwolenia wyłącznika zamontowanego po stronie pierwotnej i do zapewnienia odłączenia uszkodzenia.

Rysunek 3



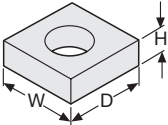
1SDC008052F0201

Załącznik C: Przykłady zastosowań Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyzwalacze typu PR123/P i PR333/P

Jeśli, dla takiej samej konfiguracji jak na rysunku 3, zwarcie nastąpi po stronie obciążenia wyłącznika Emax, prąd zakłócenia wpłynie na przekładnik toroidalny oraz na przekładniki przewodów fazowych. W celu określenia, który z wyłączników ma zostać wyzwolony (wyłącznik SN lub NN), niezbędna jest odpowiednia koordynacja czasów zwłoki zadziałania. Należy, w szczególności, ustawić czasy zwłoki w taki sposób, aby otwarcie wyłącznika NN w wyniku zadziałania wewnętrznej funkcji G było szybsze, niż wygenerowanie sygnału alarmowego pochodzącego z zewnętrznego przekładnika toroidalnego. Wobec powyższego, dzięki dyskryminacji czasowo-prądowej pomiędzy obydwoma funkcjami zabezpieczającymi G, zanim wyłącznik SN na uzwojeniu pierwotnym transformatora otrzyma polecenie wyzwolenia, wyłącznik po stronie NN jest w stanie wyeliminować zwarcie doziemne. Oczywiście, jeśli do niesprawności dojdzie po stronie zasilania wyłącznika NN, wyzwolony zostanie tylko wyłącznik po stronie SN.

W tabeli podano najważniejsze parametry rodziny przekładników toroidalnych (dostępnych tylko w wersji zamkniętej).

Parametry przekładników toroidalnych

| Prąd znamionowy | 100 A, 250 A, 400 A, 800 A |
|---|----------------------------|
| Wymiary zewnętrzne przekładnika toroidalnego | |
|  | W = 165 mm |
| | D = 160 mm |
| | H = 112 mm |
| Wymiary wewnętrzne przekładnika toroidalnego | Ø = 112 mm |

1SDC008053F0201

Załącznik C: Przykłady zastosowań Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyłączalce typu PR123/P i PR333/P

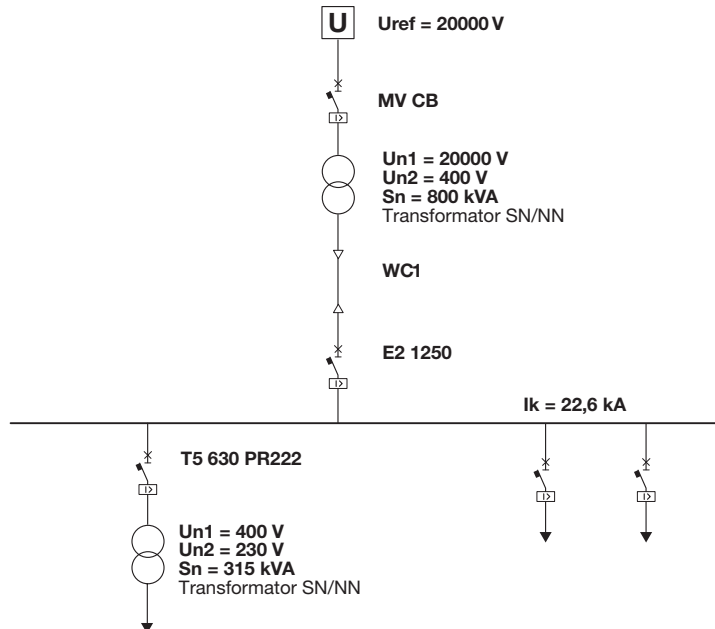
Podwójne zabezpieczenie zwarciove S

Dzięki nowym wyłączalcom typu PR123 i PR333, które umożliwiają niezależne ustawienie dwóch progów zadziałania funkcji zabezpieczającej S i ich równoczesne uaktywnienie, możliwe jest uzyskanie selektywności w krytycznych warunkach.

Poniżej przedstawiono przykład tego, jak wykorzystując nowe wyłączalce można uzyskać lepszą selektywność w porównaniu do wyłączalcy bez funkcji podwójnego zabezpieczenia zwarciovego S.

Schemat połączeniowy analizowanej instalacji pokazano na schemacie. Należy zwrócić szczególną uwagę na:

- obecność wyłącznika SN po stronie zasilania, który z powodu selektywności narzuca małe wartości nastaw wyłącznika Emax po stronie NN
- obecność transformatora NN/NN, który ze względu na prądy udarowe załączania narzuca duże wartości nastaw wyłączników znajdujących się po stronie jego uzwojenia pierwotnego

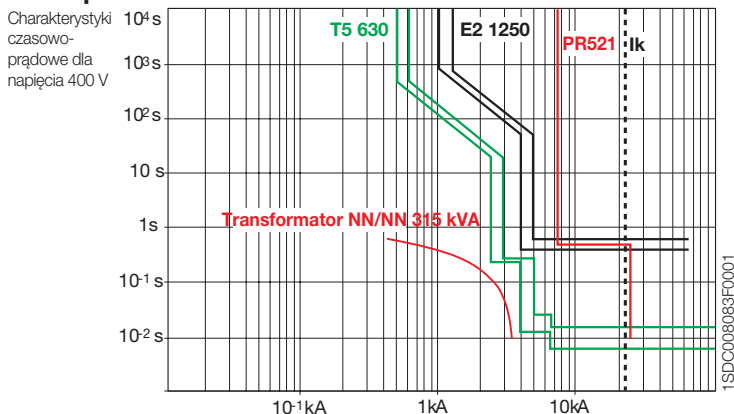


1SDC008054F0201

Załącznik C: Przykłady zastosowań

Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyzwalacze typu PR123/P i PR333/P

Rozwiązanie z wyzwalaczem bez funkcji podwójnego zabezpieczenia S



Wyłącznik SN (PR521)

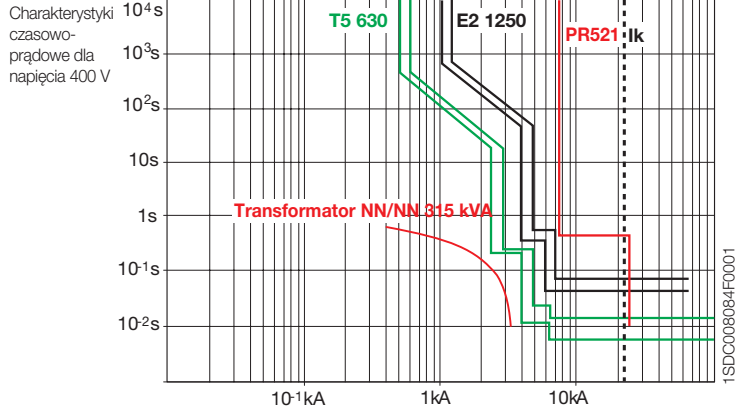
| | | |
|-----------|-------------|-----------|
| 50 | (I>): 50A | t = 0,5 s |
| 51 | (I>>): 500A | t = 0 s |

| | E2N 1250 PR122 LSIG R1250 | T5V 630 PR222DS/P LSIG R630 |
|---------------------|--------------------------------------|--|
| L | Nastawa | 0,8 |
| | Charakterystyka | 108 s |
| S t=constant | Nastawa | 3,5 |
| | Charakterystyka | 0,5 s |
| I | Nastawa | WYŁ. |
| | | 7 |

W tym rozwiązaniu, wyłącznik Emax E2 i wyłącznik SN zostaną otworzone równocześnie w przypadku zwarcia. Należy zwrócić uwagę na fakt, że ze względu na wartość prądu I_k , funkcja I wyłącznika E2 musi zostać wyłączona (I3 = WYŁ.), tak aby zagwarantować selektywność z wyłącznikiem T5 po stronie obciążenia.

Załącznik C: Przykłady zastosowań Zaawansowane funkcje zabezpieczające, wykorzystując wyzwalacze typu PR123/P i PR333/P

Rozwiązanie z wyzwalaczem PR123 z funkcją podwójnego zabezpieczenia S



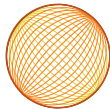
Wyłącznik SN (PR521)

| | |
|----------------------------|-------------|
| 50 ($I >$): 50A | $t = 0,5$ s |
| 51 ($I >>$): 500A | $t = 0$ s |

| | E2N 1250 PR123 LSIG R1250 | T5V 630 PR222DS/P LSIG R630 |
|---------------------------------|--------------------------------------|--|
| L | Nastawa | 0,8 |
| | Krzywa | 108 s |
| S $t = \text{constant}$ | Nastawa | 3,5 |
| | Krzywa | 0,5 s |
| S2 $t = \text{constant}$ | Nastawa | 5 |
| | Krzywa | 0,05 s |
| I | Nastawa | WYŁ. |
| | | 7 |

Jest oczywiste, że dzięki funkcji podwójnego zabezpieczenia S można uzyskać selektywność z wyłącznikiem T5 po stronie obciążenia i wyłącznikiem SN po stronie zasilania.

Dodatkową zaletą zastosowania funkcji podwójnego zabezpieczenia S jest ograniczenie, na czas, dużych wartości prądu, występujących w warunkach zwarcia. Pozwala to ograniczyć obciążenia termiczne i dynamiczne szyn zbiorczych i innych elementów instalacji.



Część 2

Układy elektryczne

Spis treści

| | |
|---|-----|
| 1 Ochrona linii zasilających | |
| 1.1 Wprowadzenie | 268 |
| 1.2 Układanie i dobór wielkości przewodów | 271 |
| 1.2.1 Obciążalność prądowa i metody układania | 271 |
| Instalacje w budynkach | 280 |
| Instalacje w ziemi | 294 |
| 1.2.2 Spadek napięcia | 308 |
| 1.2.3 Straty Joule'a | 318 |
| 1.3 Ochrona przed przeciążeniem | 319 |
| 1.4 Ochrona przed zwarciem | 322 |
| 1.5 Przewód neutralny i ochronny | 331 |
| 1.6 Systemy przewodów szynowych | 339 |
| 2 Ochrona urządzeń elektrycznych | |
| 2.1 Ochrona i łączenie instalacji oświetleniowych | 353 |
| 2.2 Ochrona i łączenie generatorów | 362 |
| 2.3 Ochrona i łączenie silników | 367 |
| 2.4 Ochrona i łączenie transformatorów | 405 |
| 3 Poprawa współczynnika mocy | |
| 3.1 Aspekty ogólne | 422 |
| 3.2 Metody poprawy współczynnika mocy | 428 |
| 3.3 Wyłączniki do ochrony i łączenia zespołów kondensatorów | 435 |
| 4 Ochrona osób | |
| 4.1 Opis ogólny: wpływ prądu elektrycznego na ludzi | 440 |
| 4.2 Instalacje dystrybucyjne | 442 |
| 4.3 Ochrona przed dotykiem bezpośrednim i dotykiem pośrednim | 445 |
| 4.4 Układ TT | 448 |
| 4.5 Układ TN | 452 |
| 4.6 Układ IT | 454 |
| 4.7 Zabezpieczenia różnicowoprądowe | 456 |
| 4.8 Maksymalna długość zabezpieczanego przewodu, zapewniająca ochronę osób | 459 |
| 5 Instalacje fotowoltaiczne | |
| 5.1 Zasada działania | 464 |
| 5.2 Najważniejsze elementy instalacji fotowoltaicznych | 465 |
| 5.2.1 Generator fotowoltaiczny | 465 |
| 5.2.2 Falownik | 467 |
| 5.3 Typy instalacji fotowoltaicznych | 468 |
| 5.3.1 Instalacje niezależne | 468 |
| 5.3.2 Instalacje podłączone do sieci elektroenergetycznej | 468 |
| 5.4 Uziemienie i ochrona przed dotykiem pośrednim | 469 |
| 5.4.1 Instalacje z transformatorami | 469 |
| 5.4.2 Instalacje bez transformatorów | 473 |
| 5.5 Ochrona przed przetężeniami i przepięciami | 475 |
| 5.5.1 Ochrona przed przetężeniami po stronie stałoprądowej | 475 |
| 5.5.2 Ochrona przed przetężeniami po stronie prądu przemiennego | 480 |
| 5.5.3 Dobór łączników i odłączników | 481 |
| 5.5.4 Ochrona przed przepięciami | 481 |
| 6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego | |
| 6.1 Aspekty ogólne | 485 |
| 6.2 Rodzaje zwarć | 485 |
| 6.3 Obliczenie wartości prądu zwarciovego: "metoda mocy zwarcioviej" | 487 |
| 6.3.1 Obliczenia mocy zwarcioviej poszczególnych elementów instalacji | 487 |
| 6.3.2 Obliczenia wartości prądu zwarciovego w miejscu zwarcia | 490 |
| 6.3.3 Obliczenia wartości prądu zwarciovego .. | 491 |
| 6.3.4 Przykłady | 493 |
| 6.4 Obliczenia wartości prądu zwarciovego I_k za przewodem, w funkcji prądu przed przewodem .. | 497 |
| 6.5 Sekwencje algebraiczne | 499 |
| 6.5.1 Aspekty ogólne | 499 |
| 6.5.2 Instalacje składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej | 500 |
| 6.5.3 Obliczenia prądów zwarciovych, wykorzystując algebrę sekwencji | 501 |
| 6.5.4 Impedancje zwarciovie składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej urządzeń elektrycznych | 504 |
| 6.5.5 Wzory do obliczeń prądów zakłóceniovych w funkcji parametrów elektrycznych instalacji | 507 |
| 6.6 Obliczenia wartości szczytowej prądu zwarciovego | 510 |
| 6.7 Rozważania dotyczące wpływu zasilaczy UPS na natężenie prądu zwarciovego | 511 |
| Załącznik A: Obliczanie prądu obciążenia I_b | 514 |
| Załącznik B: Harmoniczne | 518 |
| Załącznik C: Obliczanie współczynnika k przewodów | 526 |
| Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne | 530 |

1 Ochrona linii zasilających

1.1 Wprowadzenie

Przedstawione poniżej definicje, dotyczące instalacji elektrycznych, pochodzą z normy IEC 60050.

Parametry instalacji

Instalacja elektryczna (budynku). Zestaw powiązanych urządzeń elektrycznych, o skoordynowanych parametrach, którego celem jest spełnienie określonych zadań.

Złącze instalacji elektrycznej. Punkt, w którym energia elektryczna jest dostarczana do instalacji.

Przewód neutralny (symbol N). Przewód połączony z punktem neutralnym instalacji, który jest w stanie uczestniczyć w przesyłce energii elektrycznej.

Przewód ochrony. Przewód wymagany przez niektóre układy zabezpieczeń, służący do ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym, poprzez elektryczne połączenie następujących elementów:

- dostępnych części przewodzących;
- obcych części przewodzących;
- głównego zacisku uziemienia;
- uziomu;
- uziemionego punktu źródła lub sztucznego punktu neutralnego.

Przewód PEN. Uziemiony przewód łączący w sobie funkcję przewodu neutralnego i przewodu ochronnego.

Temperatura otoczenia. Temperatura powietrza lub innego medium, w którym eksploatowane będą urządzenia.

Napięcia

Napięcie nominalne (instalacji). Napięcie określające instalację lub część instalacji. Uwaga: Rzeczywista wartość napięcia może różnić się od napięcia nominalnego w zakresie dopuszczalnej tolerancji.

Prądy

Prąd projektowy (układu). Natężenie prądu, który ma być przewodzony przez układ w trakcie normalnej pracy.

Obciążalność prądowa (przewodu). Maksymalne natężenie prądu, który może płynąć w sposób ciągły przez przewód, w określonych warunkach, tak aby jego ustalona temperatura nie przekroczyła określonej wartości.

Przetężenie. Każdy prąd przekraczający wartość znamionową. W przypadku przewodów, wartość znamionowa odpowiada obciążalności prądowej.

Prąd przeciążeniowy (układu). Przetężenie występujące w układzie, w sytuacji braku elektrycznej niesprawności.

Prąd zwarciovowy. Przetężenie będące skutkiem uszkodzenia związanego z pomijalnie małą impedancją łączącą dwa przewody pod napięciem, o różnym potencjale, w normalnych warunkach pracy.

1 Ochrona linii zasilających

Prąd zadziałania umowy (zabezpieczenia). Określone natężenie prądu, które powoduje zadziałanie zabezpieczenia, w określonym czasie, nazywanym czasem umownym.

Wykrycie przetężenia. Funkcja stwierdzająca, że natężenie prądu układu przekracza określoną wartość, przez określony czas.

Prąd upływu. Prąd elektryczny w niechcianej drodze przewodzenia, inny niż prąd zwarciovowy.

Prąd zakłóceniovowy. Prąd płynący w danym punkcie sieci, będący wynikiem uszkodzenia w innym punkcie tej sieci.

Okablowanie

Okablowanie. Układ zbudowany z przewodów lub przewodów i szyn zbiorczych oraz z części, które mocują i, w razie konieczności, osłaniają przewody lub szyny zbiorcze.

Układy elektryczne

Obwód elektryczny (instalacji). Zestaw urządzeń elektrycznych instalacji, zasilanych z tego samego złącza instalacji i chronionych przed przetężeniami przez te same zabezpieczenia.

Obwód rozdzielczy (budynku). Obwód zasilający rozdzielnicę.

Obwód odbiorczy obiektu budowlanego. Obwód podłączony bezpośrednio do odbiorników prądu lub do gniazd sieciowych.

Inne wyposażenie

Wyposażenie elektryczne. Każdy przedmiot wykorzystywany do takich celów, jak wytwarzanie, przetwarzanie, przesył, dystrybucja lub wykorzystanie energii elektrycznej, taki jak maszyny, transformatory, aparaty, przyrządy pomiarowe, zabezpieczenia, elementy okablowania, urządzenia.

Odbiornik prądu. Urządzenie, którego przeznaczeniem jest przetwarzanie energii elektrycznej na inną postać energii, na przykład światło, ciepło lub ruch.

Rozdzielnice i sterownice. Urządzenia przewidziane do podłączenia do obwodu elektrycznego, w celu realizacji jednej lub szeregu niżej wymienionych funkcji: zabezpieczenie, sterowanie, izolacja, łączenie.

Urządzenia przenośne. Urządzenia przemieszczane w trakcie pracy lub też takie, które mogą być łatwo przenoszone, z miejsca na miejsce, kiedy są podłączone do zasilania.

Urządzenia ręczne. Urządzenia przenośne, przewidziane do trzymania w ręku w trakcie normalnego użytkowania, w których silnik, jeśli został zamontowany, stanowi integralną część urządzenia.

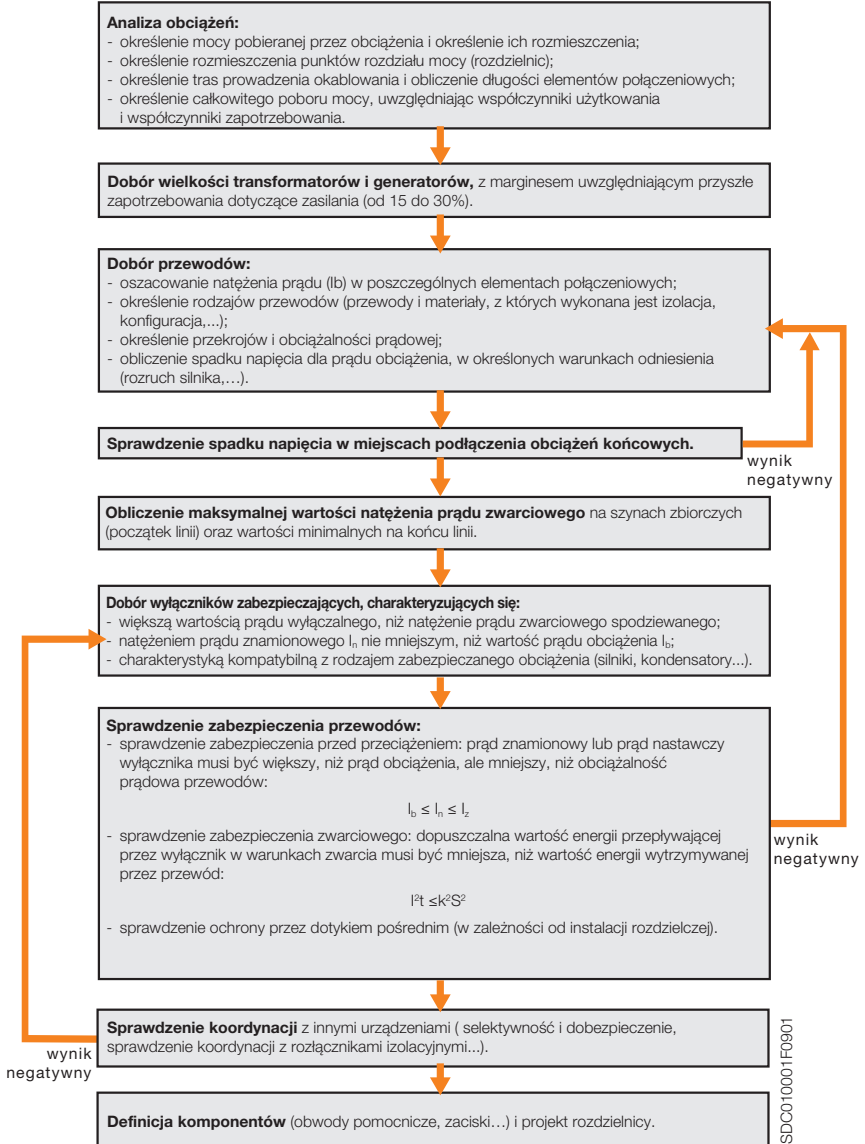
Urządzenia stacjonarne. Urządzenia stałe lub też urządzenia niewyposażone w uchwyty do przenoszenia, charakteryzujące się taką masą, że nie mogą być łatwo przenoszone.

Urządzenia stałe. Urządzenia przymocowane do podstawy lub też w inny sposób zamocowane w określonym miejscu.

1 Ochrona linii zasilających

Dobór elementów instalacji

Na schemacie blokowym poniżej zaproponowano procedurę prawidłowego doboru elementów instalacji.



1 Ochrona linii zasilających

1.2 Układanie i dobór wielkości przewodów

W celu prawidłowego doboru wielkości przewodów, należy:

- wybrać typ przewodu i jego ułożenia, stosowanie do otoczenia;
- dobrać przekrój odpowiedni do prądu obciążenia;
- określić spadek napięcia.

1.2.1 Obciążalność prądu i metody układania

Dobór przewodów

Międzynarodowa norma, określająca zasady układania i obliczania obciążalności prądowej przewodów w budynkach mieszkalnych i przemysłowych to norma IEC 60364-5-52 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia - Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Przewodowanie”. W procesie doboru przewodów wykorzystuje się następujące parametry:

- materiał przewodzący (miedź lub aluminium): wybór zależy od wymagań dotyczących kosztów, wymiarów, masy, odporności na środowiska korozyjne (reagenty chemiczne lub substancje utleniające). W sposób ogólny, przewodność elektryczna miedzianych przewodów jest o około 30% większa od przewodności elektrycznej przewodów aluminiowych o takim samym przekroju. Przewód aluminiowy o takim samym przekroju charakteryzuje się rezystancją większą o około 60% i masą o 1/3-1/2 mniejszą, niż przewód miedziany.
- materiał izolacji (brak, PCV, XLPE-EPR): materiał izolacji wpływa na maksymalną dopuszczalną temperaturę w warunkach normalnych oraz zwarciovych i, tym samym, wpływa na wykorzystanie przekroju przewodu [patrz punkt 1.4 „Ochrona przed zwarcie”].
- typ przewodu (goły przewód, przewód jednożyłowy bez pancerza, przewód jednożyłowy z pancerzem, przewód wielożyłowy) jest wybierany w funkcji odporności mechanicznej, stopnia izolacji i stopnia skomplikowania układania (zagięcia, połączenia wzdłuż trasy, bariery...), wymaganych przez metodę układania.

W tabeli 1 przedstawiono typy przewodów dopuszczane przez różne sposoby układania.

| Przewody i kable | Sposób układania | | | | | | | |
|---|------------------|------------------------|-----------|---|----------------------------|---|----------------|-------------|
| | Bez mocowania | Przypięty bezpośrednio | W rurkach | Systemy listew instalacyjnych (w tym listwy przypodłogowe, listwy instalacyjne wbudowane w podłogi) | Systemy osłon przewodowych | Drabinki instalacyjne, koryta kablowe, wsporniki instalacyjne | Na izolatorach | Linka nośna |
| Gołe przewody | - | - | - | - | - | - | + | - |
| Przewody izolowane ^b | - | - | + | + ^a | + | - | + | - |
| Kable w pancerzu (w tym zbrojone i w izolacji mineralnej) | Wielożyłowe | + | + | + | + | + | 0 | + |
| | Jednożyłowe | 0 | + | + | + | + | 0 | + |
| + Dopuszczalne - Niedopuszczalne 0 Nie dotyczy lub też normalnie nie jest stosowany w praktyce | | | | | | | | |
| ^a Układanie przewodów w listwach jest dopuszczalne wtedy, jeśli listwy zapewniają stopień ochrony przynajmniej IP4X lub IPXXD oraz, jeśli pokrywy listew mogą zostać zdemonstrowane wyłącznie za pomocą narzędzia lub w wyniku celowego działania. | | | | | | | | |
| ^b Przewody pełniące rolę przewodów ochronnych lub wyrównawczych mogą wykorzystywać dowolny, odpowiedni sposób instalacji i nie muszą być układane w rurach, listwach instalacyjnych lub osłonach przewodowych. | | | | | | | | |

1 Ochrona linii zasilających

W przypadku instalacji przemysłowych, przewody wielożyłowe o przekrojach przekraczających 95 mm² są rzadko stosowane.

Sposoby wykonania instalacji

W celu określenia obciążalności prądowej przewodu i tym samym, określenia odpowiedniego przekroju dla danego prądu obciążenia, należy określić standaryzowany sposób układania, opisany w normie odniesienia, który najlepiej odpowiada rzeczywistym warunkom instalacyjnym.

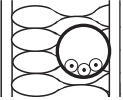
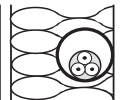
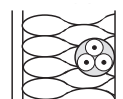
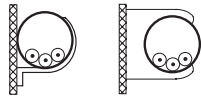
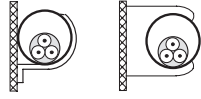

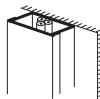
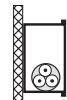
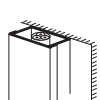
Na podstawie tabeli 2 i 3 można określić numer identyfikacyjny instalacji, metodę układania (A1, A2, B1, B2, C, D1, D2, E, F, G) oraz tabele podające teoretyczną obciążalność prądową przewodu i wszelkie współczynniki korekcyjne, niezbędne do uwzględnienia szczególnych warunków środowiskowych i instalacyjnych.

Tabela 2: Sposób układania

| Sytuacja | | Sposób układania | | | | | | | |
|---|-------------|------------------|------------------------|--------------|---|----------------------------|---|----------------|-------------|
| | | Bez mocowania | Przypięty bezpośrednio | W rurkach | Systemy listew instalacyjnych (w tym listwy przypodłogowe, listwy instalacyjne wbudowane w podłogi) | Systemy osłon przewodowych | Drabinki instalacyjne, koryta kablowe, wsporniki instalacyjne | Na izolatorach | Linka nośna |
| Przestrzenie instalacyjne | Dostępny | 40 | 33 | 41, 42 | 6, 7, 8, 9, 12 | 43, 44 | 30, 31, 32, 33, 34 | - | 0 |
| | Niedostępny | 40 | 0 | 41, 42 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 |
| Kanał kablowy | | 56 | 56 | 54, 55 | 0 | | 30, 31, 32, 34 | - | - |
| Zakopany w ziemi | | 72, 73 | 0 | 70, 71 | - | 70, 71 | 0 | - | - |
| - Ukryty w konstrukcji | | 57, 58 | 3 | 1, 2, 59, 60 | 50, 51, 52, 53 | 46, 45 | 0 | - | - |
| Układany powierzchniowo | | - | 20, 21, 22, 23, 33 | 4, 5 | 6, 7, 8, 9, 12 | 6, 7, 8, 9 | 30, 31, 32, 34 | 36 | - |
| Napowietrzne, luźno w powietrzu | | - | 33 | 0 | 10, 11 | 10, 11 | 30, 31, 32, 34 | 36 | 35 |
| Ramy okien | | 16 | 0 | 16 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| Ościeżnica | | 15 | 0 | 15 | 0 | 0 | 0 | - | - |
| Zanurzony 1 | | + | + | + | - | + | 0 | - | - |
| - Niedopuszczalne | | | | | | | | | |
| 0 Nie dotyczy lub też normalnie nie jest stosowany w praktyce | | | | | | | | | |
| + Należy postępować zgodnie z zaleceniami producenta | | | | | | | | | |

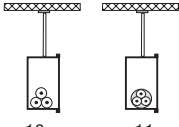
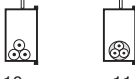
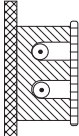
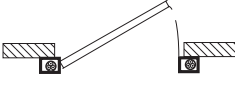

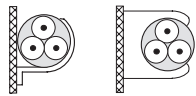
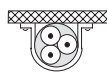
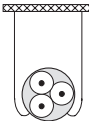
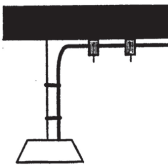
1 Ochrona linii zasilających

Tabela 3: Przykłady sposobów układania

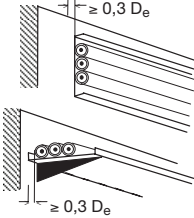
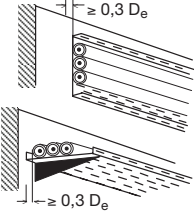
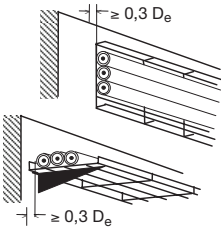

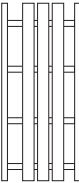
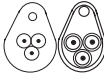
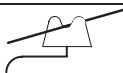
| Pozycja nr | Sposób układania | Opis | Sposób podstawowy wykonania instalacji, podany w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej |
|------------|---|--|--|
| 1 |  Pomieszczenie | Przewody jednożyłowe w rurze instalacyjnej, w izolowanej cieplnie ścianie ^{a, c} | A1 |
| 2 |  Pomieszczenie | Przewody wielożyłowe w rurze instalacyjnej, w izolowanej cieplnie ścianie ^{a, c} | A2 |
| 3 |  Pomieszczenie | Przewody wielożyłowe bezpośrednio w izolowanej cieplnie ścianie ^{a, c} | A1 |
| 4 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w rurze instalacyjnej, w drewnianej albo murowanej ścianie lub w odległości od niej mniejszej, niż 0,3 średnicy rury ^c | B1 |
| 5 |  | Przewód wielożyłowy w rurze instalacyjnej na drewnianej albo murowanej ścianie lub w odległości od niej mniejszej, niż 0,3 średnicy rury ^c | B2 |
| 6 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w listwie instalacyjnej (w tym w listwach wielokomorowych) na ścianie drewnianej lub murowanej - ułożenie poziome ^b - ułożenie pionowe ^{b, c} | B1 |
| 7 |  | | |
| 8 |  | Przewody wielożyłowe w listwie instalacyjnej (w tym w listwach wielokomorowych) na ścianie drewnianej lub murowanej - ułożenie poziome ^b - ułożenie pionowe ^{b, c} | W opracowywaniu ^d Można stosować sposób B2 |
| 9 |  | | |

UWAGA 1: Celem rysunków nie jest przedstawienie konkretnych produktów lub sposobów układania, ale jedynie zilustrowanie opisywanego sposobu.

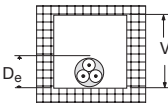
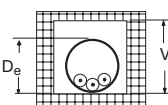
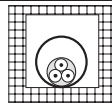
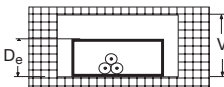
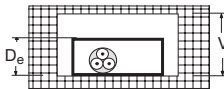
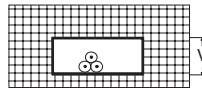
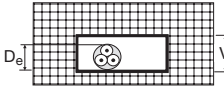
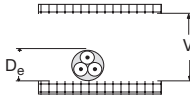
1 Ochrona linii zasilających

| Pozycja nr | Sposób układania | Opis | Sposób podstawowy wykonania instalacji, podany w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej |
|------------|---|--|--|
| 10 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w podwieszanej listwie instalacyjnej ^b | B1 |
| 11 |  | Przewody wielożyłowe w podwieszanej listwie instalacyjnej ^b | B2 |
| 12 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w listwach profilowych ^{c,e} | A1 |
| 15 |  | Przewody izolowane w rurze instalacyjnej, przewody jednożyłowe lub przewody wielożyłowe w ościeżnicach ^{e,f} | A1 |
| 16 |  | Przewody izolowane w rurze instalacyjnej, przewody jednożyłowe lub przewody wielożyłowe w ramach okien ^{e,f} | A1 |
| 20 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: - zamocowane na drewnianej ścianie lub w odległości od niej mniejszej, niż 0,3 średnicy przewodu ^c | C |
| 21 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: - zamocowane bezpośrednio na suficie drewnianym lub murowanym | C, z pozycją 3 tabeli 5 |
| 22 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: - w odległości od sufitu | W opracowywaniu Można stosować sposób E |
| 23 |  | Stała instalacja podwieszanych odbiorników prądu | C, z pozycją 3 tabeli 5 |

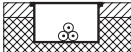
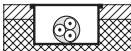


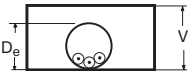
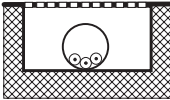
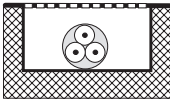
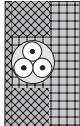
1 Ochrona linii zasilających

| Pozycja nr | Sposób układania | Opis | Sposób podstawowy wykonania instalacji, podany w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej |
|------------|---|--|--|
| 30 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: W nie perforowanym korycie instalacyjnym ^{c, h} | C, z pozycją 2 tabeli 5 |
| 31 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: W perforowanym korycie instalacyjnym ułożonym poziomo lub pionowo ^{c, h} | E lub F |
| 32 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: W perforowanym korycie instalacyjnym ułożonym poziomo lub pionowo ^{c, h} | E lub F |
| 33 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: W odległości od ściany większej, niż 0,3 średnicy przewodu | E lub F lub sposób G ^a |
| 34 |  | Przewody jednożyłowe lub wielożyłowe: Na drabinkach instalacyjnych ^c | E lub F |
| 35 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy zawieszony na linie nośnej lub z wbudowaną linką nośną | E lub F |
| 36 |  | Przewody gołe lub izolowane na izolatorach | G |

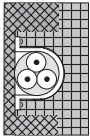
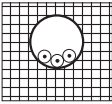
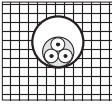
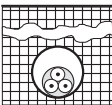
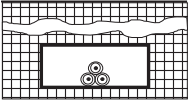
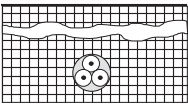
1 Ochrona linii zasilających

| Pozycja nr | Sposób układania | Opis | Sposób podstawowy wykonania instalacji, podany w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej |
|------------|---|--|---|
| 40 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy w przestrzeni instalacyjnej ^{c, h, i} | $1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 20 D_e$ B1 |
| 41 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w rurze instalacyjnej w przestrzeni instalacyjnej ^{c, i, j, k} | $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1 |
| 42 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy w przestrzeni instalacyjnej ^{c, k} | W opracowywaniu Można stosować następujące rozwiązanie: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1 |
| 43 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w osłonie przewodowej w przestrzeni instalacyjnej ^{c, i, j, k} | $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1 |
| 44 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy w osłonie przewodowej w przestrzeni instalacyjnej ^{c, k} | W opracowywaniu Można stosować następujące rozwiązanie: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1 |
| 45 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w osłonie przewodowej w murze o rezystywności cieplnej nie większej, niż $2 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ ^{c, h, i} | $1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1 |
| 46 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy w osłonie przewodowej w murze o rezystywności cieplnej nie większej, niż $2 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ ^c | W opracowywaniu Można stosować następujące rozwiązanie: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1 |
| 47 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy: - w suficie podwieszanym - w podłodze podniesionej ^{h, i} | $1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ B2 $5 D_e \leq V < 50 D_e$ B1 |

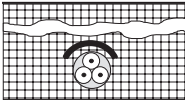
1 Ochrona linii zasilających

| Pozycja nr | Sposób układania | Opis | Sposób podstawowy wykonania instalacji, podany w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej |
|------------|---|---|--|
| 50 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w listwie instalacyjnej zlicowanej z powierzchnią podłogi | B1 |
| 51 |  | Przewód wielożyłowy w listwie instalacyjnej zlicowanej z powierzchnią podłogi | B2 |
| 52 |  | Przewody jednożyłowe izolowane we wbudowanych listwach instalacyjnych ^c | B1 |
| 53 |  | Przewody wielożyłowe we wbudowanych listwach instalacyjnych ^c | B2 |
| | 52 53 | | |
| 54 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w rurze instalacyjnej, w kanale kablowym niewentylowanym, ułożonym poziomo lub pionowo ^{c, l, l, n} | $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1 |
| 55 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w rurze, w kanale kablowym odkrytym lub wentylowanym, w podłodze ^{m, n} | B1 |
| 56 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy w kanale kablowym odkrytym lub wentylowanym, ułożonym poziomo lub pionowo ⁿ | B1 |
| 57 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy bezpośrednio w murze o rezystywności cieplnej nie większej, niż 2 K-m/W Bez dodatkowej ochrony przed uszkodzeniem mechanicznym ^{o, p} | C |

1 Ochrona linii zasilających

| Pozycja nr | Sposób układania | Opis | Sposób podstawowy wykonania instalacji, podany w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej |
|------------|---|--|--|
| 58 |  | Przewód jednożyłowy lub wielożyłowy bezpośrednio w murze o rezystywności cieplnej nie większej, niż 2 K·m/W Z dodatkową ochroną przed uszkodzeniem mechanicznym ^{o, p} | C |
| 59 |  | Przewody jednożyłowe izolowane w rurze instalacyjnej, w ścianie murowanej ^p | B1 |
| 60 |  | Przewody wielożyłowe w rurze instalacyjnej, w ścianie murowanej ^p | B2 |
| 70 |  | Kable wielożyłowe w rurze instalacyjnej lub w osłonie kablowej w ziemi | D1 |
| 71 |  | Kable jednożyłowe w rurze instalacyjnej lub w osłonie kablowej w ziemi | D1 |
| 72 |  | Kable jednożyłowe lub wielożyłowe bezpośrednio w ziemi - bez dodatkowej ochrony przed uszkodzeniem mechanicznym ^q | D2 |

1 Ochrona linii zasilających

| Pozycja nr | Sposób układania | Opis | Sposób podstawowy wykonania instalacji, podany w celu określenia obciążalności prądowej długotrwałej |
|--|---|--|--|
| 73 |  | Kable jednożyłowe lub wielożyłowe bezpośrednio w ziemi - z dodatkową ochroną przed uszkodzeniem mechanicznym ^a | D2 |
| <p>^a Wewnętrzne pokrycie ściany mające przewodność cieplną nie mniejszą, niż 10 W/m²K.</p> <p>^b Wartości dla instalacji wykonanej sposobami B1 i B2 odnoszą się do jednego obwodu. Jeżeli w listwie instalacyjnej znajduje się więcej niż jeden obwód, stosuje się wtedy współczynnik zmniejszający podany w tabeli 5, nie uwzględniając istnienia wewnętrznych przegród lub przedziałów.</p> <p>^c Należy zachować ostrożność przy pionowym ułożeniu przewodów i utrudnionej wentylacji. Temperatura otoczenia na górze pionowego odcinka może być dużo większa. Ta kwestia jest w trakcie opracowywania.</p> <p>^d Można zastosować wartości dla sposobu B2.</p> <p>^e Przyjmuje się, że przewodność cieplna obudowy jest mała, bez względu na zastosowany materiał i istniejące przestrzenie powietrzne. Jeżeli konstrukcja jest równoważna cieplnie z konstrukcjami do wykonania instalacji sposobami 6 lub 7, mogą wtedy być stosowane sposoby podstawowe B1 lub B2.</p> <p>^f Przyjmuje się, że przewodność cieplna obudowy jest mała, bez względu na zastosowany materiał i istniejące przestrzenie powietrzne. Jeżeli konstrukcja jest równoważna cieplnie z konstrukcjami do wykonania instalacji sposobami 6, 7, 8 lub 9, mogą wtedy być stosowane sposoby podstawowe B1 lub B2.</p> <p>^g Można zastosować również współczynniki z tabeli 5.</p> <p>^h De jest zewnętrzną średnicą przewodu wielożyłowego: - 2,2-krotną średnicą przewodu jednożyłowego, gdy trzy przewody są tworzące w układ trójkątny, lub - 3-krotną średnicą przewodu jednożyłowego, gdy te trzy przewody są ułożone w układzie płaskim.</p> <p>ⁱ V jest mniejszym wymiarem, lub średnicą murowanej osłony lub przestrzeni, lub pionową głębokością prostokątnej osłony obszaru podłogi lub sufitu. Głębokość kanału ma większe znaczenie, niż szerokość.</p> <p>^j De jest zewnętrzną średnicą rury instalacyjnej lub pionową głębokością osłony kablowej.</p> <p>^l De jest zewnętrzną średnicą rury instalacyjnej.</p> <p>^m Dla przewodów wielożyłowych zainstalowanych w sposób 55 stosuje się sposób podstawowy B2.</p> <p>ⁿ Zaleca się, aby te sposoby wykonania instalacji były stosowane jedynie w obszarach, do których mają dostęp tylko osoby upoważnione, tak aby można było zapobiec nagromadzeniu się odpadków wpływających na zmniejszenie obciążalności prądowej długotrwałej i stwarzających zagrożenie pożarowe.</p> <p>^o Przewody z żyłami o przekroju nie większym niż 16 mm² mogą mieć większą obciążalność prądową długotrwałą.</p> <p>^p Rezystywność cieplna muru jest nie większa, niż 2 K·m/W. Termin "mur" obejmuje cegły, beton, tynk i tym podobne (inne, niż termiczne materiały izolacyjne).</p> <p>^q Zaliczenie do niniejszej pozycji kabli ułożonych bezpośrednio w ziemi jest uzasadnione, jeżeli rezystywność cieplna gruntu jest rzędu 2,5 K·m/W. Przy mniejszych rezystywnościach cieplnych gruntu, obciążalność prądowa długotrwała kabli ułożonych bezpośrednio w ziemi jest znacznie większa, niż kabli ułożonych w osłonach.</p> | | | |

1 Ochrona linii zasilających

Instalacje w budynkach: dobór przekroju, stosowanie do obciążalności prądowej i typu instalacji

Obciążalność prądowa przewodu w powietrzu oblicza się wykorzystując następujący wzór:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 = I_0 k_{\text{tot}}$$

gdzie:

- I_0 jest obciążalnością prądową pojedynczego przewodu we wzorcowej temperaturze otoczenia 30°C;
- k_1 jest współczynnikiem korekcyjnym dla temperatur otoczenia różnych od 30°C;
- k_2 jest współczynnikiem korekcyjnym dla przewodów ułożonych w wiązkach, lub warstwach lub dla przewodów ułożonych w warstwie na wielu wspornikach.

Współczynnik korekcyjny k_1

Obciążalność prądowa przewodów w powietrzu odnosi się do temperatury otoczenia 30°C. Jeśli temperatura otoczenia w miejscu ułożenia będzie różna od powyższej temperatury odniesienia, należy wtedy zastosować współczynnik korekcyjny k_1 z tabeli 4, który zależy od materiału, z którego jest wykonana izolacja przewodów.

Tabela 4: Współczynnik korekcyjny dla temperatur otoczenia różnych od 30°C

| Temperatura otoczenia ^(a) °C | Izolacja | | | |
|--|----------|------------|--|------------------------------------|
| | PVC | XLPE i EPR | Mineralna ^(a) | |
| | | | Pokryty PCV lub goły i wystawiony na dotyk 70 °C | Goły, niedostępny dla dotyku 105°C |
| 10 | 1,22 | 1,15 | 1,26 | 1,14 |
| 15 | 1,17 | 1,12 | 1,20 | 1,11 |
| 20 | 1,12 | 1,08 | 1,14 | 1,07 |
| 25 | 1,06 | 1,04 | 1,07 | 1,04 |
| 35 | 0,94 | 0,96 | 0,93 | 0,96 |
| 40 | 0,87 | 0,91 | 0,85 | 0,92 |
| 45 | 0,79 | 0,87 | 0,87 | 0,88 |
| 50 | 0,71 | 0,82 | 0,67 | 0,84 |
| 55 | 0,61 | 0,76 | 0,57 | 0,80 |
| 60 | 0,50 | 0,71 | 0,45 | 0,75 |
| 65 | – | 0,65 | – | 0,70 |
| 70 | – | 0,58 | – | 0,65 |
| 75 | – | 0,50 | – | 0,60 |
| 80 | – | 0,41 | – | 0,54 |
| 85 | – | – | – | 0,47 |
| 90 | – | – | – | 0,40 |
| 95 | – | – | – | 0,32 |

^(a) Dla wyższych temperatur otoczenia należy skontaktować się z producentem.

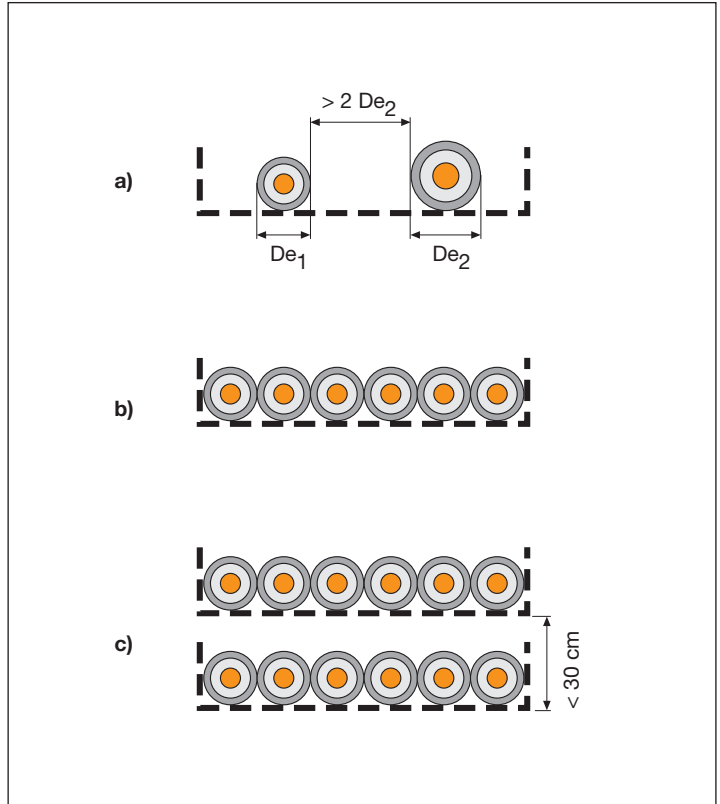
1 Ochrona linii zasilających

Współczynnik korekcyjny k_2

Na obciążalność prądową przewodów wpływa obecność innych przewodów, ułożonych w pobliżu. Ciepło wydzielane przez pojedynczy przewód różni się od ciepła wydzielanego przez taki sam przewód, jeśli został on ułożony obok innych. Współczynnik k_2 został stabilizowany w zależności od sposobu ułożenia przewodów, w wiązce lub warstwami.

Definicja warstwy i wiązki

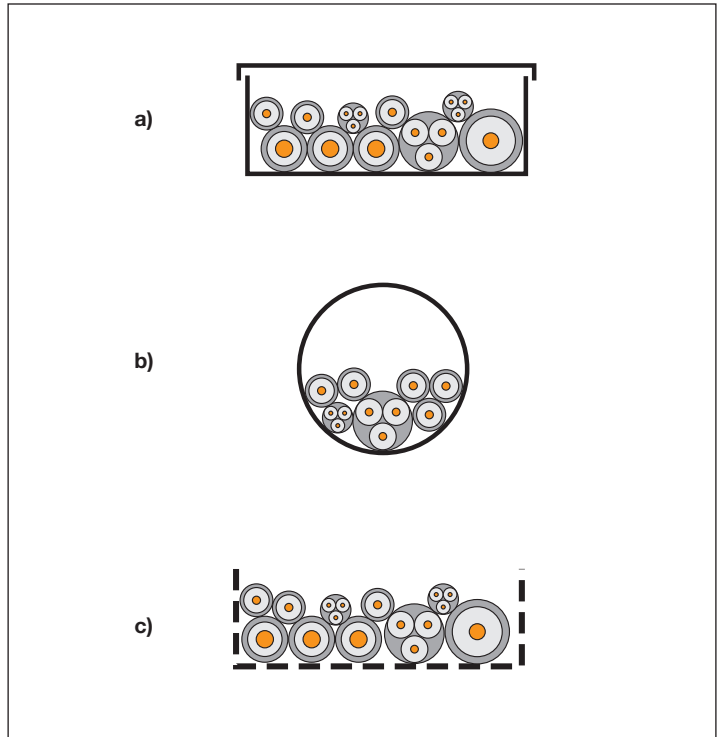
Warstwa: szereg obwodów składających się z przewodów ułożonych obok siebie, z odstępem lub bez, poprowadzonych poziomo lub pionowo. Przewody w warstwie są układane na ścianie, w korycie kablowym, w suficie, podłodze lub na drabince instalacyjnej;



Przewody ułożone w warstwach: a) z odstępem; b) bez odstępów; c) podwójna warstwa

Wiązka: szereg obwodów składających się z przewodów, które nie są odseparowane, ani też ułożone w warstwach; szereg warstw ułożonych na pojedynczej podporze (np. korycie kablowym) jest traktowany jako wiązka.

1 Ochrona linii zasilających



Wiązka przewodów: a) w listwie; b) rurze; c) perforowanym korycie

Wartość współczynnika korekcyjnego k_2 wynosi 1, jeśli:

- przewody są ułożone z odstępami:
 - dwa przewody jednożyłowe, należące do różnych obwodów, są ułożone z odstępami, jeśli odległość pomiędzy nimi jest większa, niż dwukrotność zewnętrznej średnicy przewodu o większej średnicy;
 - dwa przewody wielożyłowe są ułożone z odstępem, jeśli odległość pomiędzy nimi jest równa przynajmniej zewnętrznej średnicy większego przewodu;
- dwa sąsiednie przewody są obciążone prądem mniejszym, niż 30% ich obciążalności prądowej

Współczynniki korekcyjne dla wiązek przewodów lub przewodów ułożonych warstwami są obliczane zakładając, że wiązka składa się z podobnych przewodów, równomiernie obciążonych. Grupa przewodów jest uznawana za składającą się z podobnych przewodów, jeśli obliczenia obciążalności prądowej są oparte na takiej samej maksymalnej dopuszczalnej temperaturze roboczej oraz, jeśli przekroje przewodów znajdują się w zakresie trzech sąsiednich standardowych przekrojów (np. od 10 do 25 mm²). Wartości współczynników zmniejszających dla wiązek przewodów o różnych przekrojach zależą od liczby przewodów oraz od ich przekrojów. Takie współczynniki nie zostały tabelaryzowane i muszą być obliczane dla każdej wiązki lub warstwy.

1 Ochrona linii zasilających

Współczynnik zmniejszający dla grupy zawierającej różne przekroje przewodów ułożonych w rurach, listwach lub osłonach kablowych, wynosi:

$$k_2 = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

gdzie:

- k_2 jest grupowym współczynnikiem zmniejszającym;
 - n jest liczbą przewodów wielożyłowych lub liczbą obwodów w grupie
- Współczynnik zmniejszający uzyskany na podstawie powyższego wzoru redukuje niebezpieczeństwo przeciążenia przewodów o mniejszym przekroju, ale może prowadzić do niepełnego wykorzystania przewodów o większym przekroju. Można tego uniknąć, jeśli duże i małe przewody nie są mieszane w tej samej grupie.

W tabeli poniżej podano wartości współczynnika zmniejszającego (k_2).

Tabela 5: Współczynnik zmniejszający dla wiązek przewodów

| Poz. | Układ (przewody stykające się) | Liczba obwodów lub przewodów wielożyłowych | | | | | | | | | | | | Do wykorzystania z obciążalnością prądową, odniesienie |
|------|---|--|------|------|------|------|------|------|------|------|--|------|------|--|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 16 | 20 | |
| 1 | Wiązka w powietrzu, na powierzchni, ukryta lub zamknięta | 1,00 | 0,80 | 0,70 | 0,65 | 0,60 | 0,57 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,45 | 0,41 | 0,38 | Sposoby A do F |
| 2 | Pojedyncza warstwa na ścianie, podłodze lub w nieperforowanym korycie instalacyjnym | 1,00 | 0,85 | 0,79 | 0,75 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | 0,71 | 0,70 | | | | |
| 3 | Pojedyncza warstwa ułożona bezpośrednio pod drewnianym sufitem | 0,95 | 0,81 | 0,72 | 0,68 | 0,66 | 0,64 | 0,63 | 0,62 | 0,61 | Brak dalszego zmniejszenia dla więcej niż dziewięciu obwodów lub przewodów wielożyłowych | | | Sposób C |
| 4 | Poj. warstwa ułożona w perforowanym korycie inst., pionowo lub poz. | 1,00 | 0,88 | 0,82 | 0,77 | 0,75 | 0,73 | 0,73 | 0,72 | 0,72 | | | | |
| 5 | Pojedyncza warstwa ułożona na drabince inst., uchwytych inst., itp... | 1,00 | 0,87 | 0,82 | 0,80 | 0,80 | 0,79 | 0,79 | 0,78 | 0,78 | | | | Sposoby E i F |

UWAGA 1: Powyższe współczynniki mają zastosowanie do jednorodnych grup przewodów, równomiernie obciążonych.

UWAGA 2: Tam, gdzie poziome odstępy pomiędzy sąsiednimi przewodami przekraczają dwukrotność ich zewnętrznej średnicy, nie ma potrzeby stosowania współczynnika zmniejszającego.

UWAGA 3: Takie same współczynniki mają zastosowanie do:

- grupy dwóch lub trzech przewodów jednożyłowych;
- przewodów wielożyłowych.

UWAGA 4: Jeśli instalacja składa się z przewodów dwu i trzyżyłowych, za całkowitą liczbę obwodów przyjmuje się liczbę obwodów, a odpowiedni współczynnik jest brany z tabel dla dwóch obciążonych przewodów, dla przewodów dwużyłowych oraz z tabel dla trzech obciążonych przewodów, dla przewodów trzyżyłowych.

UWAGA 5: Jeśli grupa składa się z n przewodów jednożyłowych, może być traktowana jako $n/2$ obwodów o dwóch obciążonych przewodach lub jako $n/3$ obwodów o trzech obciążonych przewodach.

UWAGA 6: W przypadku niektórych instalacji oraz dla innych sposobów, które nie zostały zamieszczone w tabeli powyżej, wskazane może być wykorzystanie współczynników obliczonych dla specjalnego przypadku, patrz np. tabele 6-7.

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 6: Współczynnik zmniejszający dla przewodów jednożyłowych i sposobu układania F

| Sposób układania z tabeli 3 | | | Liczba koryt instalacyjnych | Liczba obwodów trójfazowych (uwaga 4) | | | Wykorzystać jako mnożnik dla obciążalności, dla układu |
|---|----------------|--|-----------------------------|---------------------------------------|------|------|--|
| | | | | 1 | 2 | 3 | |
| Perforowane koryta instalacyjne (uwaga 3) | 31 | <p>Stykające się</p> <p>20 mm</p> <p>300 mm</p> | 1 | 0,98 | 0,91 | 0,87 | Trzy przewody ułożone poziomo |
| | | | 2 | 0,96 | 0,87 | 0,81 | |
| | | | 3 | 0,95 | 0,85 | 0,78 | |
| Układ pionowych perforowanych koryt instalacyjnych (uwaga 4) | 31 | <p>Stykające się</p> <p>225 mm</p> | 1 | 0,96 | 0,86 | – | Trzy przewody ułożone pionowo |
| | | | 2 | 0,95 | 0,84 | – | |
| Układ drabinek instalacyjnych, uchwyty instalacyjnych, itp... (uwaga 3) | 32 33 34 | <p>Stykające się</p> <p>20 mm</p> <p>300 mm</p> | 1 | 1,00 | 0,97 | 0,96 | Trzy przewody ułożone poziomo |
| | | | 2 | 0,98 | 0,93 | 0,89 | |
| | | | 3 | 0,97 | 0,90 | 0,86 | |
| Układ perforowanych koryt instalacyjnych (uwaga 3) | 31 | <p>$\pm 2D_e$</p> <p>D_e</p> <p>20 mm</p> <p>300 mm</p> | 1 | 1,00 | 0,98 | 0,96 | |
| | | | 2 | 0,97 | 0,93 | 0,89 | |
| | | | 3 | 0,96 | 0,92 | 0,86 | |
| Układ pionowych perforowanych koryt instalacyjnych (uwaga 4) | 31 | <p>Ułożone z odstępem</p> <p>$\pm 2D_e$</p> <p>225 mm</p> <p>D_e</p> | 1 | 1,00 | 0,91 | 0,89 | Trzy przewody ułożone w układzie trójkątnym |
| | | | 2 | 1,00 | 0,90 | 0,86 | |
| Układ drabinek instalacyjnych, uchwyty instalacyjnych, itp... (uwaga 3) | 32 33 34 | <p>$2D_e$</p> <p>D_e</p> <p>20 mm</p> <p>300 mm</p> | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | |
| | | | 2 | 0,97 | 0,95 | 0,93 | |
| | | | 3 | 0,96 | 0,94 | 0,90 | |

UWAGA 1: Podane wartości są wielkościami uśrednionymi dla typów przewodów oraz wielkości przewodów uwzględnionych w tabelach 8 i 9 (sposób układania E, F i G). Rozrzut wartości jest zazwyczaj mniejszy, niż 5%.

UWAGA 2: Współczynniki podano dla pojedynczej warstwy przewodów (lub trójkątnych grup), jak pokazano to w tabeli. Nie mają one zastosowania, jeśli przewody są układane w kilku stykających się warstwach. Wartości dla tego typu instalacji mogą być znacząco mniejsze i powinny zostać określone, wykorzystując odpowiednią metodę.

UWAGA 3: Wartości podano dla pionowego odstępu pomiędzy korytami instalacyjnymi, wynoszącego 300 mm oraz przynajmniej 20 mm pomiędzy korytami i ścianą. W przypadku mniejszych odstępów, wartości współczynników muszą zostać zmniejszone.

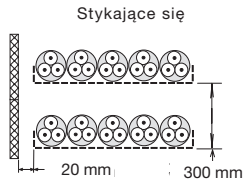
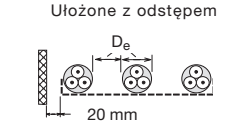
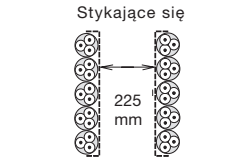
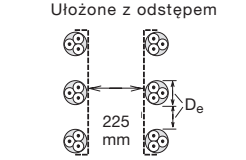
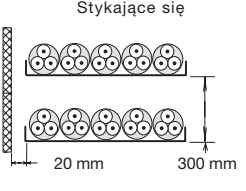
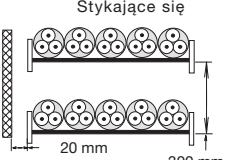
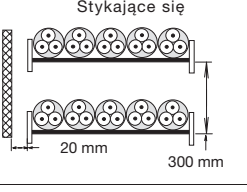

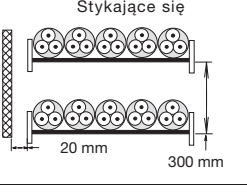

UWAGA 4: Wartości podano dla poziomego odstępu pomiędzy korytami instalacyjnymi, wynoszącego 225 mm, dla koryt stykających się tyłem. W przypadku mniejszych odstępów, wartości współczynników muszą zostać zmniejszone.

UWAGA 5: Dla obwodów z więcej niż jednym równoległym przewodem na fazę, na potrzeby niniejszej tabeli każdy trójfazowy zestaw przewodów należy traktować jako oddzielny obwód.

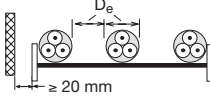
UWAGA 6: Jeśli obwód składa się z m równoległych przewodów na fazę, to wtedy w celu określenia współczynnika zmniejszającego należy traktować taki obwód jako m obwodów.

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 7: Współczynnik zmniejszający dla przewodów wielożyłowych i sposobu układania E

| Sposób układania z tabeli 3 | | Liczba koryt lub drabinek | Liczba przewodów w korycie lub na drabince | | | | | | |
|---|----------------|---|--|------|------|------|------|------|------|
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 | |
| Układ perforowanych koryt instalacyjnych (uwaga 3) | 31 | <p>Stykające się</p>  | 1 | 1,00 | 0,88 | 0,82 | 0,79 | 0,76 | 0,73 |
| | | <p>Ułożone z odstępem</p>  | 1 | 1,00 | 1,00 | 0,98 | 0,95 | 0,91 | - |
| Układ pionowych perforowanych koryt instalacyjnych (uwaga 4) | 31 | <p>Stykające się</p>  | 1 | 1,00 | 0,88 | 0,82 | 0,78 | 0,73 | 0,72 |
| | | <p>Ułożone z odstępem</p>  | 1 | 1,00 | 0,91 | 0,89 | 0,88 | 0,87 | - |
| Układ nieperforowanych koryt instalacyjnych | 31 | <p>Stykające się</p>  | 1 | 0,97 | 0,84 | 0,78 | 0,75 | 0,71 | 0,68 |
| | | <p>Ułożone z odstępem</p>  | 2 | 0,97 | 0,83 | 0,76 | 0,72 | 0,68 | 0,63 |
| Układ drabinek instalacyjnych, uchwytów instalacyjnych, itp... (uwaga 3) | 32 33 34 | <p>Stykające się</p>  | 3 | 0,97 | 0,82 | 0,75 | 0,71 | 0,66 | 0,61 |
| | | <p>Ułożone z odstępem</p>  | 6 | 0,97 | 0,81 | 0,73 | 0,69 | 0,63 | 0,58 |
| | | <p>Stykające się</p>  | 1 | 1,00 | 0,87 | 0,82 | 0,80 | 0,79 | 0,78 |
| | | <p>Ułożone z odstępem</p>  | 2 | 1,00 | 0,86 | 0,80 | 0,78 | 0,76 | 0,73 |

1 Ochrona linii zasilających

| Sposób układania z tabeli 3 | | | Liczba koryt lub drabinek | Liczba przewodów w korycie lub na drabince | | | | | |
|---|--|--|---------------------------|--|------|------|------|------|---|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 |
| <p>Spaced</p>  | | | 1 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | – |
| | | | 2 | 1,00 | 0,99 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | – |
| | | | 3 | 1,00 | 0,98 | 0,97 | 0,96 | 0,93 | – |
| <p>UWAGA 1: Podane wartości są wielkościami uśrednionymi dla typów przewodów oraz wielkości przewodów uwzględnionych w tabelach 8 i 9 (sposób układania E, F i G). Rozrzut wartości jest zazwyczaj mniejszy, niż 5%.</p> <p>UWAGA 2: Współczynniki podano dla pojedynczej warstwy przewodów, jak pokazano to powyżej. Nie mają one zastosowania, jeśli przewody są układane w kilku stykających się warstwach. Wartości dla tego typu instalacji mogą być znacząco mniejsze i powinny zostać określone, wykorzystując odpowiednią metodę.</p> <p>UWAGA 3: Wartości podano dla pionowego odstępu pomiędzy korytami instalacyjnymi, wynoszącego 300 mm oraz przynajmniej 20 mm pomiędzy korytami i ścianą. W przypadku mniejszych odstępów, wartości współczynników muszą zostać zmniejszone.</p> <p>UWAGA 4: Wartości podano dla poziomego odstępu pomiędzy korytami instalacyjnymi, wynoszącego 225 mm, dla koryt stykających się tyłem. W przypadku mniejszych odstępów, wartości współczynników muszą zostać zmniejszone.</p> | | | | | | | | | |

1 Ochrona linii zasilających

Podsumowując:

W celu określenia przekroju przewodu należy wykorzystać następującą procedurę:

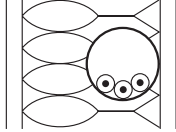
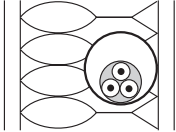
1. Na podstawie tabeli 3 określić sposób układania;
2. Na podstawie tabeli 4 określić współczynnik korekcyjny k_1 , który zależy od materiału izolacji i temperatury otoczenia;
3. Wykorzystać tabelę 5 dla przewodów ułożonych warstwami lub w wiązkach, tabelę 6 dla przewodów jednożyłowych ułożonych warstwą na szeregu wsporników, tabelę 7 dla przewodów wielożyłowych ułożonych warstwą na szeregu wsporników lub zastosować wzór dla grup przewodów o różnych przekrojach, w celu określenia współczynnika korekcyjnego k_2 , odpowiedniego dla liczby obwodów lub przewodów wielożyłowych;
4. Obliczyć wartość prądu I'_b , dzieląc prąd obciążenia I_b (lub też prąd znamionowy zabezpieczenia) przez iloczyn wyliczonych współczynników korekcyjnych:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2} = \frac{I_b}{k_{\text{tot}}}$$

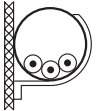
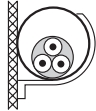
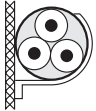
5. Na podstawie tabeli 8 lub 9, w zależności od sposobu układania, materiału izolacji i przewodnika oraz liczby przewodów pod napięciem, określić przekrój przewodu o obciążalności $I_0 \geq I'_b$;
6. Rzeczywista obciążalność prądowa przewodu jest obliczana za pomocą wzoru $I_z = I_0 k_1 k_2$.

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 8: Obciążalność prądowa przewodów w izolacji PCV lub EPR/ XLPE (sposób A-B-C)

| S [mm ²] | Sposób układania | A1 | | | | | | | | A2 | | | | | | | | | |
|----------------------|------------------|---|----------|------|------|-----|----------|-----|------|---|----------|------|------|------|----------|------|------|-----|-----|
| | |  | | | | | | | |  | | | | | | | | | |
| | Przewód | | Cu | | | | Al | | | | Cu | | Al | | | | Cu | | |
| | Izolacja | | XLPE EPR | | PVC | | XLPE EPR | | PVC | | XLPE EPR | | PVC | | XLPE EPR | | PVC | | |
| Obciążone przewody | | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 1,5 | | 19 | 17 | 14,5 | 13,5 | | | | | 18,5 | 16,5 | 14 | 13 | | | | | 23 | 20 |
| 2,5 | | 26 | 23 | 19,5 | 18 | 20 | 19 | 15 | 14 | 25 | 22 | 18,5 | 17,5 | 19,5 | 18 | 14,5 | 13,5 | 31 | 28 |
| 4 | | 35 | 31 | 26 | 24 | 27 | 25 | 20 | 18,5 | 33 | 30 | 25 | 23 | 26 | 24 | 19,5 | 17,5 | 42 | 37 |
| 6 | | 45 | 40 | 34 | 31 | 35 | 32 | 26 | 24 | 42 | 38 | 32 | 29 | 33 | 31 | 25 | 23 | 54 | 48 |
| 10 | | 61 | 54 | 46 | 42 | 48 | 44 | 36 | 32 | 57 | 51 | 43 | 39 | 45 | 41 | 33 | 31 | 75 | 66 |
| 16 | | 81 | 73 | 61 | 56 | 64 | 58 | 48 | 43 | 76 | 68 | 57 | 52 | 60 | 55 | 44 | 41 | 100 | 88 |
| 25 | | 106 | 95 | 80 | 73 | 84 | 76 | 63 | 57 | 99 | 89 | 75 | 68 | 78 | 71 | 58 | 53 | 133 | 117 |
| 35 | | 131 | 117 | 99 | 89 | 103 | 94 | 77 | 70 | 121 | 109 | 92 | 83 | 96 | 87 | 71 | 65 | 164 | 144 |
| 50 | | 158 | 141 | 119 | 108 | 125 | 113 | 93 | 84 | 145 | 130 | 110 | 99 | 115 | 104 | 86 | 78 | 198 | 175 |
| 70 | | 200 | 179 | 151 | 136 | 158 | 142 | 118 | 107 | 183 | 164 | 139 | 125 | 145 | 131 | 108 | 98 | 253 | 222 |
| 95 | | 241 | 216 | 182 | 164 | 191 | 171 | 142 | 129 | 220 | 197 | 167 | 150 | 175 | 157 | 130 | 118 | 306 | 269 |
| 120 | | 278 | 249 | 210 | 188 | 220 | 197 | 164 | 149 | 253 | 227 | 192 | 172 | 201 | 180 | 150 | 135 | 354 | 312 |
| 150 | | 318 | 285 | 240 | 216 | 253 | 226 | 189 | 170 | 290 | 259 | 219 | 196 | 230 | 206 | 172 | 155 | 393 | 342 |
| 185 | | 362 | 324 | 273 | 245 | 288 | 256 | 215 | 194 | 329 | 295 | 248 | 223 | 262 | 233 | 195 | 176 | 449 | 384 |
| 240 | | 424 | 380 | 321 | 286 | 338 | 300 | 252 | 227 | 386 | 346 | 291 | 261 | 307 | 273 | 229 | 207 | 528 | 450 |
| 300 | | 486 | 435 | 367 | 328 | 387 | 344 | 289 | 261 | 442 | 396 | 334 | 298 | 352 | 313 | 263 | 237 | 603 | 514 |
| 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 630 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1 Ochrona linii zasilających

| B1 | | | | | | B2 | | | | | | C | | | | | | | | | | |
|---|------|------|-----|-----|------|---|-----|------|------|-----|-----|---|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
|  | | | | | |  | | | | | |  | | | | | | | | | | |
| PVC | | AI | | PVC | | Cu | | AI | | PVC | | Cu | | AI | | | | | | | | |
| | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | | | | | | |
| | 17,5 | 15,5 | | | | | 22 | 19,5 | 16,5 | 15 | | | 24 | 22 | 19,5 | 17,5 | | | | | | |
| | 24 | 21 | 25 | 22 | 18,5 | 16,5 | 30 | 26 | 23 | 20 | 23 | 21 | 17,5 | 15,5 | 33 | 30 | 27 | 24 | 26 | 24 | 21 | 18,5 |
| | 32 | 28 | 33 | 29 | 25 | 22,0 | 40 | 35 | 30 | 27 | 31 | 28 | 24 | 21 | 45 | 40 | 36 | 32 | 35 | 32 | 28 | 25 |
| | 41 | 36 | 43 | 38 | 32 | 28 | 51 | 44 | 38 | 34 | 40 | 35 | 30 | 27,0 | 58 | 52 | 46 | 41 | 45 | 41 | 36 | 32 |
| | 57 | 50 | 59 | 52 | 44 | 39 | 69 | 60 | 52 | 46 | 54 | 48 | 41 | 36 | 80 | 71 | 63 | 57 | 62 | 57 | 49 | 44 |
| | 76 | 68 | 79 | 71 | 60 | 53 | 91 | 80 | 69 | 62 | 72 | 64 | 54 | 48 | 107 | 96 | 85 | 76 | 84 | 76 | 66 | 59 |
| | 101 | 89 | 105 | 93 | 79 | 70 | 119 | 105 | 90 | 80 | 94 | 84 | 71 | 62 | 138 | 119 | 112 | 96 | 101 | 90 | 83 | 73 |
| | 125 | 110 | 130 | 116 | 97 | 86 | 146 | 128 | 111 | 99 | 115 | 103 | 86 | 77 | 171 | 147 | 138 | 119 | 126 | 112 | 103 | 90 |
| | 151 | 134 | 157 | 140 | 118 | 104 | 175 | 154 | 133 | 118 | 138 | 124 | 104 | 92 | 209 | 179 | 168 | 144 | 154 | 136 | 125 | 110 |
| | 192 | 171 | 200 | 179 | 150 | 133 | 221 | 194 | 168 | 149 | 175 | 156 | 131 | 116 | 269 | 229 | 213 | 184 | 198 | 174 | 160 | 140 |
| | 232 | 207 | 242 | 217 | 181 | 161 | 265 | 233 | 201 | 179 | 210 | 188 | 157 | 139 | 328 | 278 | 258 | 223 | 241 | 211 | 195 | 170 |
| | 269 | 239 | 281 | 251 | 210 | 186 | 305 | 268 | 232 | 206 | 242 | 216 | 181 | 160 | 382 | 322 | 299 | 259 | 280 | 245 | 226 | 197 |
| | 300 | 262 | 307 | 267 | 234 | 204 | 334 | 300 | 258 | 225 | 261 | 240 | 201 | 176 | 441 | 371 | 344 | 299 | 324 | 283 | 261 | 227 |
| | 341 | 296 | 351 | 300 | 266 | 230 | 384 | 340 | 294 | 255 | 300 | 272 | 230 | 199 | 506 | 424 | 392 | 341 | 371 | 323 | 298 | 259 |
| | 400 | 346 | 412 | 351 | 312 | 269 | 459 | 398 | 344 | 297 | 358 | 318 | 269 | 232 | 599 | 500 | 461 | 403 | 439 | 382 | 352 | 305 |
| | 458 | 394 | 471 | 402 | 358 | 306 | 532 | 455 | 394 | 339 | 415 | 364 | 308 | 265 | 693 | 576 | 530 | 464 | 508 | 440 | 406 | 351 |


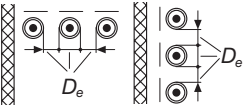
1SDC010006F0201

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 8: Obciążalność prądowa przewodów w izolacji PCV lub EPR/ XLPE (sposób A-B-C)

| Sposób układania | E | | | | | | | | F | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------------------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|-----|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cu | | Al | | Cu | | Al | | Cu | | Al | | Cu | | Al | | | | | |
| Izolacja | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | | | | |
| S [mm ²] | Obciążone przewody | | | | 2 | | | | 3 | | | | 2 | | | | 3 | | | |
| | 1,5 | 26 | 22 | | | 23 | 18,5 | | | | | | | | | | | | | |
| | 2,5 | 36 | 30 | 28 | 23 | 32 | 25 | 24 | 19,5 | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 49 | 40 | 38 | 31 | 42 | 34 | 32 | 26 | | | | | | | | | | | |
| | 6 | 63 | 51 | 49 | 39 | 54 | 43 | 42 | 33 | | | | | | | | | | | |
| | 10 | 86 | 70 | 67 | 54 | 75 | 60 | 58 | 46 | | | | | | | | | | | |
| | 16 | 115 | 94 | 91 | 73 | 100 | 80 | 77 | 61 | | | | | | | | | | | |
| | 25 | 149 | 119 | 108 | 89 | 127 | 101 | 97 | 78 | 161 | 131 | 121 | 98 | 135 | 110 | 103 | 84 | | | |
| | 35 | 185 | 148 | 135 | 111 | 158 | 126 | 120 | 96 | 200 | 162 | 150 | 122 | 169 | 137 | 129 | 105 | | | |
| | 50 | 225 | 180 | 164 | 135 | 192 | 153 | 146 | 117 | 242 | 196 | 184 | 149 | 207 | 167 | 159 | 128 | | | |
| | 70 | 289 | 232 | 211 | 173 | 246 | 196 | 187 | 150 | 310 | 251 | 237 | 192 | 268 | 216 | 206 | 166 | | | |
| | 95 | 352 | 282 | 257 | 210 | 298 | 238 | 227 | 183 | 377 | 304 | 289 | 235 | 328 | 264 | 253 | 203 | | | |
| 120 | 410 | 328 | 300 | 244 | 346 | 276 | 263 | 212 | 437 | 352 | 337 | 273 | 383 | 308 | 296 | 237 | | | | |
| 150 | 473 | 379 | 346 | 282 | 399 | 319 | 304 | 245 | 504 | 406 | 389 | 316 | 444 | 356 | 343 | 274 | | | | |
| 185 | 542 | 434 | 397 | 322 | 456 | 364 | 347 | 280 | 575 | 463 | 447 | 363 | 510 | 409 | 395 | 315 | | | | |
| 240 | 641 | 514 | 470 | 380 | 538 | 430 | 409 | 330 | 679 | 546 | 530 | 430 | 607 | 485 | 471 | 375 | | | | |
| 300 | 741 | 593 | 543 | 439 | 621 | 497 | 471 | 381 | 783 | 629 | 613 | 497 | 703 | 561 | 547 | 434 | | | | |
| 400 | | | | | | | | | 940 | 754 | 740 | 600 | 823 | 656 | 663 | 526 | | | | |
| 500 | | | | | | | | | 1083 | 868 | 856 | 694 | 946 | 749 | 770 | 610 | | | | |
| 630 | | | | | | | | | 1254 | 1005 | 996 | 808 | 1088 | 855 | 899 | 711 | | | | |

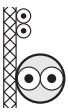
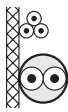
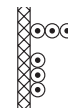
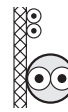
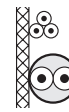
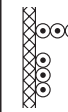


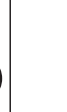
1 Ochrona linii zasilających

| | | | | G | | | | | | | |
|---|-----|-------------|-----|---|------|-------------|------|-------------|------|-----|-----|
|  | | | |  | | | | | | | |
| | | | | Cu | | Al | | Cu | | Al | |
| XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | XLPE EPR | PVC | | |
| 3 | | | | 3H | 3V | 3H | 3V | 3H | 3V | 3H | 3V |
| 141 | 114 | 107 | 87 | 182 | 161 | 146 | 130 | 138 | 122 | 112 | 99 |
| 176 | 143 | 135 | 109 | 226 | 201 | 181 | 162 | 172 | 153 | 139 | 124 |
| 216 | 174 | 165 | 133 | 275 | 246 | 219 | 197 | 210 | 188 | 169 | 152 |
| 279 | 225 | 215 | 173 | 353 | 318 | 281 | 254 | 271 | 244 | 217 | 196 |
| 342 | 275 | 264 | 212 | 430 | 389 | 341 | 311 | 332 | 300 | 265 | 241 |
| 400 | 321 | 308 | 247 | 500 | 454 | 396 | 362 | 387 | 351 | 308 | 282 |
| 464 | 372 | 358 | 287 | 577 | 527 | 456 | 419 | 448 | 408 | 356 | 327 |
| 533 | 427 | 413 | 330 | 661 | 605 | 521 | 480 | 515 | 470 | 407 | 376 |
| 634 | 507 | 492 | 392 | 781 | 719 | 615 | 569 | 611 | 561 | 482 | 447 |
| 736 | 587 | 571 | 455 | 902 | 833 | 709 | 659 | 708 | 652 | 557 | 519 |
| 868 | 689 | 694 | 552 | 1085 | 1008 | 852 | 795 | 856 | 792 | 671 | 629 |
| 998 | 789 | 806 | 640 | 1253 | 1169 | 982 | 920 | 991 | 921 | 775 | 730 |
| 1151 | 905 | 942 | 746 | 1454 | 1362 | 1138 | 1070 | 1154 | 1077 | 900 | 852 |

1SDC010100F0201

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 9: Obciążalność prądowa przewodów w izolacji mineralnej

| | Sposób układania | | | | | | | | | |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|---|---|
| | | Temperatura metalowej powłoki 70°C | | | Temperatura metalowej powłoki 105°C | | | Temperatura metalowej powłoki 105°C | | |
| | Pancerz | Przewód z izolacją PCV lub goły, dostępny dla dotyku | | | | | | Przewód z izolacją PCV lub goły, dostępny dla dotyku | | |
| Obciążone przewody |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |
| | S [mm ²] | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 |
| 500 V | 1,5 | 23 | 19 | 21 | 28 | 24 | 27 | 25 | 21 | |
| | 2,5 | 31 | 26 | 29 | 38 | 33 | 36 | 33 | 28 | |
| | 4 | 40 | 35 | 38 | 51 | 44 | 47 | 44 | 37 | |
| 750 V | 1,5 | 25 | 21 | 23 | 31 | 26 | 30 | 26 | 22 | |
| | 2,5 | 34 | 28 | 31 | 42 | 35 | 41 | 36 | 30 | |
| | 4 | 45 | 37 | 41 | 55 | 47 | 53 | 47 | 40 | |
| | 6 | 57 | 48 | 52 | 70 | 59 | 67 | 60 | 51 | |
| | 10 | 77 | 65 | 70 | 96 | 81 | 91 | 82 | 69 | |
| | 16 | 102 | 86 | 92 | 127 | 107 | 119 | 109 | 92 | |
| | 25 | 133 | 112 | 120 | 166 | 140 | 154 | 142 | 120 | |
| | 35 | 163 | 137 | 147 | 203 | 171 | 187 | 174 | 147 | |
| | 50 | 202 | 169 | 181 | 251 | 212 | 230 | 215 | 182 | |
| | 70 | 247 | 207 | 221 | 307 | 260 | 280 | 264 | 223 | |
| | 95 | 296 | 249 | 264 | 369 | 312 | 334 | 317 | 267 | |
| | 120 | 340 | 286 | 303 | 424 | 359 | 383 | 364 | 308 | |
| 150 | 388 | 327 | 346 | 485 | 410 | 435 | 416 | 352 | | |
| 185 | 440 | 371 | 392 | 550 | 465 | 492 | 472 | 399 | | |
| 240 | 514 | 434 | 457 | 643 | 544 | 572 | 552 | 466 | | |

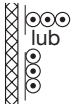
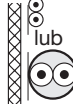
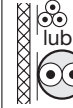
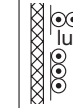

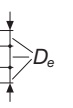

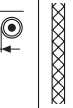
Uwaga 1: W przypadku przewodów jednożyłowych, pancerze przewodów obwodów są połączone razem na obydwu końcach.

Uwaga 2: W przypadku gołych przewodów dostępnych dla dotyku, wartości należy pomnożyć przez 0,9.

Uwaga 3: D_e jest zewnętrzną średnicą przewodu.

Uwaga 4: Dla temperatury 105°C metalowego pancerza nie należy stosować współczynnika korekcyjnego dla przewodów w grupie.

1 Ochrona linii zasilających

| E lub F | | | | G | | | |
|--|---|---|---|---|---|---|---|
| 70°C | Temperatura metalowej powłoki 105°C | | | Temperatura metalowej powłoki 70°C | | Temperatura metalowej powłoki 105°C | |
| Goły przewód niedostępny dla dotyku | | | | Przewód z izolacją PCV lub goły, dostępny dla dotyku | | Goły przewód niedostępny dla dotyku | |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 23 | 31 | 26 | 29 | 26 | 29 | 33 | 37 |
| 31 | 41 | 35 | 39 | 34 | 39 | 43 | 49 |
| 41 | 54 | 46 | 51 | 45 | 51 | 56 | 64 |
| 26 | 33 | 28 | 32 | 28 | 32 | 35 | 40 |
| 34 | 45 | 38 | 43 | 37 | 43 | 47 | 54 |
| 45 | 60 | 50 | 56 | 49 | 56 | 61 | 70 |
| 57 | 76 | 64 | 71 | 62 | 71 | 78 | 89 |
| 77 | 104 | 87 | 96 | 84 | 95 | 105 | 120 |
| 102 | 137 | 115 | 127 | 110 | 125 | 137 | 157 |
| 132 | 179 | 150 | 164 | 142 | 162 | 178 | 204 |
| 161 | 220 | 184 | 200 | 173 | 197 | 216 | 248 |
| 198 | 272 | 228 | 247 | 213 | 242 | 266 | 304 |
| 241 | 333 | 279 | 300 | 259 | 294 | 323 | 370 |
| 289 | 400 | 335 | 359 | 309 | 351 | 385 | 441 |
| 331 | 460 | 385 | 411 | 353 | 402 | 441 | 505 |
| 377 | 526 | 441 | 469 | 400 | 454 | 498 | 565 |
| 426 | 596 | 500 | 530 | 446 | 507 | 557 | 629 |
| 496 | 697 | 584 | 617 | 497 | 565 | 624 | 704 |

1SDC010007F0201

1 Ochrona linii zasilających

Instalacje w ziemi: dobór przekroju odpowiednio do obciążalności prądowej i typu instalacji

Obciążalność prądowa zakopanego w ziemi kabla oblicza się wykorzystując następujący wzór:

$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3 = I_0 k_{\text{tot}}$$

where:

- I_0 jest obciążalnością prądową pojedynczego kabla przeznaczonego do układania w ziemi, w temperaturze odniesienia 20°C;
- k_1 jest współczynnikiem korekcyjnym dla temperatury gruntu różnej od 20°C;
- k_2 jest współczynnikiem korekcyjnym dla sąsiednich kabli;
- k_3 jest współczynnikiem korekcyjnym, jeśli rezystywność termiczna gruntu będzie różna od wartości odniesienia 2,5 K·m/W.

Współczynnik korekcyjny k_1

Obciążalność prądowa kabli zakopanych w ziemi odnosi się do temperatury gruntu wynoszącej 20°C. Jeśli temperatura gruntu będzie inna, należy zastosować współczynnik korekcyjny k_1 podany w tabeli 10. Wartość współczynnika zależy od materiału izolacji.

Tabela 10: Współczynnik korekcyjny dla temperatur gruntu różnych od 20°C

| Temperatura gruntu °C | Izolacja | |
|--------------------------|----------|------------|
| | PVC | XLPE i EPR |
| 10 | 1,10 | 1,07 |
| 15 | 1,05 | 1,04 |
| 25 | 0,95 | 0,96 |
| 30 | 0,89 | 0,93 |
| 35 | 0,84 | 0,89 |
| 40 | 0,77 | 0,85 |
| 45 | 0,71 | 0,80 |
| 50 | 0,63 | 0,76 |
| 55 | 0,55 | 0,71 |
| 60 | 0,45 | 0,65 |
| 65 | – | 0,60 |
| 70 | – | 0,53 |
| 75 | – | 0,46 |
| 80 | – | 0,38 |

1 Ochrona linii zasilających

Współczynnik korekcyjny k_2

Na obciążalność prądową kabli wpływa obecność innych kabli ułożonych w pobliżu. Ciepło wydzielane przez pojedynczy kabel różni się od ciepła wydzielanego przez taki sam kabel, jeśli został on ułożony obok innych. Współczynnik korekcyjny k_2 jest obliczany za pomocą następującego wzoru:

$$k_2 = k_2' \cdot k_2''$$

W tabelach 11, 12 i 13 podano wartości współczynnika k_2' dla kabli jedno i wielożyłowych ułożonych bezpośrednio w ziemi lub też ułożonych w zakopanych rurach instalacyjnych, w funkcji ich odległości od innych kabli lub w funkcji odległości pomiędzy rurami instalacyjnymi.

Tabela 11: Współczynniki zmniejszające dla kabli układanych bezpośrednio w ziemi (sposób układania D2)

| Liczba obwodów | Odległość pomiędzy kablami | | | | |
|----------------|----------------------------|-----------------------|---------|--------|-------|
| | Brak (kable stykające się) | Średnica pojed. kabla | 0,125 m | 0,25 m | 0,5 m |
| 2 | 0,75 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,90 |
| 3 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,80 | 0,85 |
| 4 | 0,60 | 0,60 | 0,70 | 0,75 | 0,80 |
| 5 | 0,55 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,80 |
| 6 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,70 | 0,80 |
| 7 | 0,45 | 0,51 | 0,59 | 0,67 | 0,76 |
| 8 | 0,43 | 0,48 | 0,57 | 0,65 | 0,75 |
| 9 | 0,41 | 0,46 | 0,55 | 0,63 | 0,74 |
| 12 | 0,36 | 0,42 | 0,51 | 0,59 | 0,71 |
| 16 | 0,32 | 0,38 | 0,47 | 0,56 | 0,38 |
| 20 | 0,29 | 0,35 | 0,44 | 0,53 | 0,66 |

Kable wielożyłowe



Kable jednożyłowe



UWAGA 1: Wartości podane dla głębokości układania wynoszącej 0,7 m oraz dla rezystywności termicznej gruntu wynoszącej 2,5 K·m/W. Są to wartości uśrednione dla zakresu wielkości kabli i sposobów układania podanych w tabelach 8-15-16. Proces uśredniania wraz z zaokrągleniem może prowadzić do błędów sięgających w niektórych przypadkach $\pm 10\%$. (Tam, gdzie potrzebne są dokładniejsze wartości, można je obliczyć wykorzystując metody podane w normie IEC 60287-2-1.)

UWAGA 2: W przypadku rezystywności termicznej mniejszej niż 2,5 K·m/W, współczynniki korekcyjne mogą, ogólnie, zostać zwiększone i obliczone w oparciu o metody opisane w normie IEC 60287-2-1.

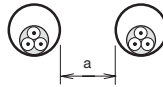
UWAGA 3: Jeśli obwód składa się z m równoległych kabli na fazę, to wtedy w celu określenia współczynnika zmniejszającego należy traktować taki obwód jako m obwodów.

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 12: Współczynniki zmniejszające dla kabli wielożyłowych układanych w pojedynczych rurach instalacyjnych w ziemi (sposób układania D1)

| Liczba kabli | Kable wielożyłowe układane w pojedynczych rurach instalacyjnych w ziemi | | | |
|--------------|---|--------|-------|-------|
| | Brak Rury stykają się | 0,25 m | 0,5 m | 1,0 m |
| 2 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 0,95 |
| 3 | 0,75 | 0,85 | 0,90 | 0,95 |
| 4 | 0,70 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| 5 | 0,65 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| 6 | 0,60 | 0,80 | 0,80 | 0,90 |
| 7 | 0,57 | 0,76 | 0,80 | 0,88 |
| 8 | 0,54 | 0,74 | 0,78 | 0,88 |
| 9 | 0,52 | 0,73 | 0,77 | 0,87 |
| 10 | 0,49 | 0,72 | 0,76 | 0,86 |
| 11 | 0,47 | 0,70 | 0,75 | 0,86 |
| 12 | 0,45 | 0,69 | 0,74 | 0,85 |
| 13 | 0,44 | 0,68 | 0,73 | 0,85 |
| 14 | 0,42 | 0,68 | 0,72 | 0,84 |
| 15 | 0,41 | 0,67 | 0,72 | 0,84 |
| 16 | 0,39 | 0,66 | 0,71 | 0,83 |
| 17 | 0,38 | 0,65 | 0,70 | 0,83 |
| 18 | 0,37 | 0,65 | 0,70 | 0,83 |
| 19 | 0,35 | 0,64 | 0,69 | 0,82 |
| 20 | 0,34 | 0,63 | 0,68 | 0,82 |

Kable wielożyłowe



UWAGA 1: Wartości podano dla głębokości układania wynoszącej 0,7 m oraz dla rezystywności termicznej gruntu wynoszącej 2,5 K·m/W. Są to wartości uśrednione dla zakresu wielkości kabli i sposobów układania podanych w tabelach 8-15-16. Proces uśredniania wraz z zaokrągleniem może prowadzić do błędów sięgających w niektórych przypadkach $\pm 10\%$. (Tam, gdzie potrzebne są dokładniejsze wartości, można je obliczyć wykorzystując metody podane w normie IEC 60287-2-1.)

UWAGA 2: W przypadku rezystywności termicznej mniejszej niż 2,5 K·m/W, współczynniki korekcyjne mogą, ogólnie, zostać zwiększone i obliczone w oparciu o metody opisane w normie IEC 60287-2-1.

UWAGA 3: Jeśli obwód składa się z m równoległych przewodów na fazę, to wtedy w celu określenia współczynnika zmniejszającego należy traktować taki obwód jako m obwodów.

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 13: Współczynniki zmniejszające dla kabli jednożyłowych układanych w pojedynczych rurach instalacyjnych w ziemi (sposób układania D1)

| Kable jednożyłowe układane w pojedynczych niemagnetycznych rurach instalacyjnych | | | | |
|--|--|--------|-------|-------|
| Liczba obwodów jednożyłowych, składających się z dwóch lub trzech kabli | Odległość pomiędzy rurami instalacyjnymi | | | |
| | Brak Rury stykają się | 0,25 m | 0,5 m | 1,0 m |
| 2 | 0,80 | 0,90 | 0,90 | 0,95 |
| 3 | 0,70 | 0,80 | 0,85 | 0,90 |
| 4 | 0,65 | 0,75 | 0,80 | 0,90 |
| 5 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 |
| 6 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 |
| 7 | 0,53 | 0,66 | 0,76 | 0,87 |
| 8 | 0,50 | 0,63 | 0,74 | 0,87 |
| 9 | 0,47 | 0,61 | 0,73 | 0,86 |
| 10 | 0,45 | 0,59 | 0,72 | 0,85 |
| 11 | 0,43 | 0,57 | 0,70 | 0,85 |
| 12 | 0,41 | 0,56 | 0,69 | 0,84 |
| 13 | 0,39 | 0,54 | 0,68 | 0,84 |
| 14 | 0,37 | 0,53 | 0,68 | 0,83 |
| 15 | 0,35 | 0,52 | 0,67 | 0,83 |
| 16 | 0,34 | 0,51 | 0,66 | 0,83 |
| 17 | 0,33 | 0,50 | 0,65 | 0,82 |
| 18 | 0,31 | 0,49 | 0,65 | 0,82 |
| 19 | 0,30 | 0,48 | 0,64 | 0,82 |
| 20 | 0,29 | 0,47 | 0,63 | 0,81 |

Kable jednożyłowe



UWAGA 1: Wartości podano dla głębokości układania wynoszącej 0,7 m oraz dla rezystywności termicznej gruntu wynoszącej 2,5 K·m/W. Są to wartości uśrednione dla zakresu wielkości kabli i sposobów układania podanych w tabelach 8-15-16. Proces uśredniania wraz z zaokrągleniem może prowadzić do błędów sięgających w niektórych przypadkach $\pm 10\%$. (Tam, gdzie potrzebne są dokładniejsze wartości, można je obliczyć wykorzystując metody podane w normie IEC 60287-2-1).

UWAGA 2: W przypadku rezystywności termicznej mniejszej niż 2,5 K·m/W, współczynniki korekcyjne mogą, ogólnie, zostać zwiększone i obliczone w oparciu o metody opisane w normie IEC 60287-2-1.

UWAGA 3: Jeśli obwód składa się z m równoległych przewodów na fazę, to wtedy w celu określenia współczynnika zmniejszającego należy traktować taki obwód jako m obwodów.

1 Ochrona linii zasilających

Współczynnik korekcyjny k_2'' :

- Dla kabli układanych bezpośrednio w ziemi lub też, jeśli nie ma innych kabli w tej samej rurze instalacyjnej, wartość współczynnika k_2'' wynosi 1;
- Jeśli szereg kabli o podobnej wielkości zostało ułożonych w tej samej rurze (znaczenie "grupy podobnych przewodów/kabli zostało opisane wcześniej), wartość współczynnika k_2'' uzyskuje się z pierwszego wiersza tabeli 5;
- Jeśli kable nie są podobnej wielkości, to wtedy współczynnik korekcyjny jest obliczany za pomocą wzoru:

$$k_2'' = \frac{1}{\sqrt{n}}$$

gdzie:

n stanowi liczbę obwodów w rurze instalacyjnej.

Współczynnik korekcyjny k_3

Rezystywność termiczna gruntu wpływa na rozpraszanie ciepła przez kable. Grunty charakteryzujące się małą rezystywnością termiczną ułatwiają odprowadzanie ciepła, podczas gdy grunty o dużej rezystywności termicznej utrudniają rozpraszanie ciepła. Norma IEC 60364-5-52 stwierdza, że wartością odniesienia rezystywności termicznej gruntu jest 2,5 K·m/W.

Tabela 14: Współczynniki korekcyjne dla rezystywności termicznej gruntu różnej od 2,5 K·m/W

| Rezystywność termiczna, K·m/W | 0,5 | 0,7 | 1 | 1,5 | 2 | 2,5 | 3 |
|---|------|------|------|------|------|-----|------|
| Współczynnik korekcyjny dla kabli układanych w zakopywanych rurach instalacyjnych | 1,28 | 1,20 | 1,18 | 1,1 | 1,05 | 1 | 0,96 |
| Współczynnik korekcyjny dla kabli zakopywanych bezpośrednio w ziemi | 1,88 | 1,62 | 1,5 | 1,28 | 1,12 | 1 | 0,90 |

UWAGA 1: Podane wartości współczynników korekcyjnych zostały uśrednione dla zakresu wielkości kabli i sposobów układania z tabel 8-15-16. Błąd szacowania współczynników korekcyjnych nie przekracza $\pm 5\%$.

UWAGA 2: Współczynniki korekcyjne mają zastosowanie do kabli wciąganych do zakopanych rur. Dla kabli układanych w ziemi, współczynniki korekcyjne dla rezystywności termicznej gruntu poniżej 2,5 K·m/W będą większe. (Tam, gdzie potrzebne są dokładniejsze wartości, można je obliczyć wykorzystując metody podane w normach serii IEC 60287.)

UWAGA 3: Współczynniki korekcyjne mają zastosowanie do rur zakopanych na głębokości do 0,8 m.

UWAGA 4: Zakłada się jednorodne właściwości gruntu. Nie uwzględniono możliwości przemieszczania się wilgoci, co może prowadzić do obszarów o dużej rezystywności termicznej wokół kabli. Jeśli przewiduje się częściowe wysuszenie gruntu, dopuszczalną obciążalność prądową należy obliczyć w oparciu o metody zamieszczone w normach serii IEC 60287.

1 Ochrona linii zasilających

Podsumowując:

W celu określenia przekroju kabla należy wykorzystać następującą procedurę:

1. Na podstawie tabeli 10 określić współczynnik korekcyjny k_1 , który zależy od materiału izolacji i temperatury gruntu;
2. Na podstawie tabeli 11, tabeli 12, tabeli 13 lub wzoru dla grup różnych kabli określić wartość współczynnika korekcyjnego k_2 , w zależności od odległości pomiędzy kablami lub rurami instalacyjnymi;
3. Na podstawie tabeli 14 określić wartość współczynnika korekcyjnego k_3 , która odpowiada rezystywności termicznej gruntu;
4. Obliczyć wartość prądu I'_b , dzieląc prąd obciążenia I_b (lub też prąd znamionowy zabezpieczenia) przez iloczyn wyliczonych współczynników korekcyjnych:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2 k_3} = \frac{I_b}{k_{tot}}$$

5. Na podstawie tabel 15-16 wyznaczyć przekrój kabla przy założeniu $I_0 \geq I'_b$, odpowiednio do sposobu układania, materiału izolacji i przewodnika oraz do liczby przewodów pod napięciem;
6. Rzeczywistą obciążalność prądową kabla oblicza się za pomocą wzoru:

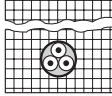
$$I_z = I_0 k_1 k_2 k_3$$

Tabela 15: Obciążalność prądowa kabli zakopywanych w ziemi (sposób układania D1)

| S [mm ²] | Obciążone kable | D1 | | | | | | | |
|----------------------|-----------------|----------|-----|-----|-----|----------|-----|------|---|
| | | Cu | | | | Al | | | |
| | | XLPE EPR | | PVC | | XLPE EPR | | PVC | |
| | | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 1,5 | 25 | 21 | 22 | 18 | | | | | |
| 2,5 | 33 | 28 | 29 | 24 | 26 | 22 | 22 | 18,5 | |
| 4 | 48 | 36 | 37 | 30 | 33 | 28 | 29 | 24 | |
| 6 | 53 | 44 | 46 | 38 | 42 | 35 | 36 | 30 | |
| 10 | 71 | 58 | 60 | 50 | 55 | 46 | 47 | 39 | |
| 16 | 91 | 75 | 78 | 64 | 71 | 59 | 61 | 50 | |
| 25 | 116 | 96 | 99 | 82 | 90 | 75 | 77 | 64 | |
| 35 | 139 | 115 | 119 | 98 | 108 | 90 | 93 | 77 | |
| 50 | 164 | 135 | 140 | 116 | 128 | 106 | 109 | 91 | |
| 70 | 203 | 167 | 173 | 143 | 158 | 130 | 135 | 112 | |
| 95 | 239 | 197 | 204 | 169 | 186 | 154 | 159 | 132 | |
| 120 | 271 | 223 | 231 | 192 | 211 | 174 | 180 | 150 | |
| 150 | 306 | 251 | 261 | 217 | 238 | 197 | 204 | 169 | |
| 185 | 343 | 281 | 292 | 243 | 267 | 220 | 228 | 190 | |
| 240 | 395 | 324 | 336 | 280 | 307 | 253 | 262 | 218 | |
| 300 | 496 | 365 | 379 | 316 | 346 | 286 | 296 | 247 | |

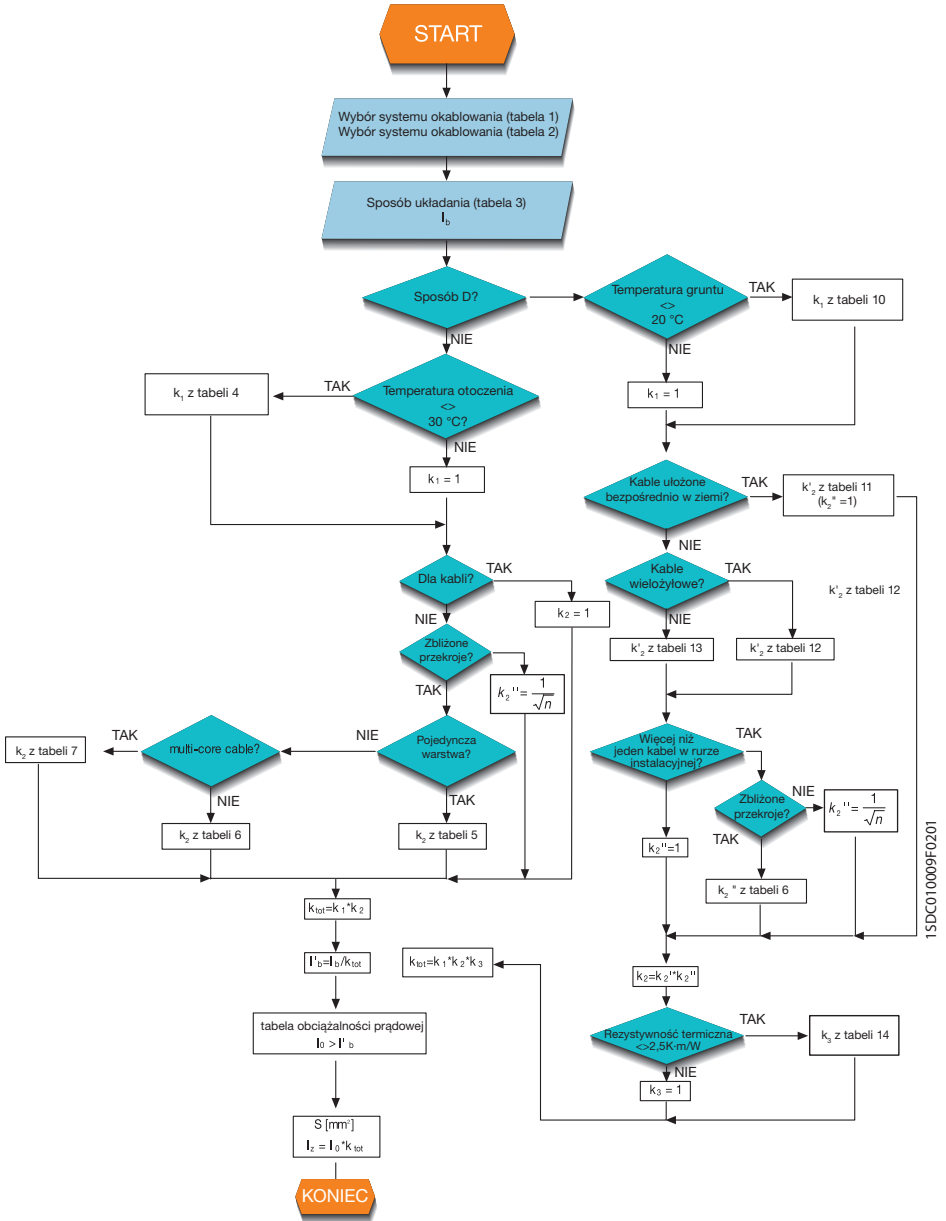
1 Ochrona linii zasilających

Tabela 16: Obciążalność prądowa kabli zakopywanych w ziemi (sposób układania D2)

| Sposób układania | D2 | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|----------|-----|-----|-----|----------|-----|-----|---|--|--|
| |  | | | | | | | | | | |
| | Kabel | Cu | | | | | Al | | | | |
| | Izolacja | XLPE EPR | | PVC | | XLPE EPR | | PVC | | | |
| S [mm ²] | Obciążone kable | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | | |
| | | 1,5 | 27 | 23 | 22 | 19 | | | | | |
| 2,5 | 35 | 30 | 28 | 24 | | | | | | | |
| 4 | 46 | 39 | 38 | 33 | | | | | | | |
| 6 | 58 | 49 | 48 | 41 | | | | | | | |
| 10 | 77 | 65 | 64 | 54 | | | | | | | |
| 16 | 100 | 74 | 83 | 70 | 76 | 64 | 63 | 53 | | | |
| 25 | 129 | 107 | 110 | 92 | 98 | 82 | 82 | 69 | | | |
| 35 | 155 | 129 | 132 | 110 | 117 | 98 | 98 | 83 | | | |
| 50 | 183 | 153 | 156 | 130 | 139 | 117 | 117 | 99 | | | |
| 70 | 225 | 188 | 192 | 162 | 170 | 144 | 145 | 122 | | | |
| 95 | 270 | 226 | 230 | 193 | 204 | 172 | 173 | 148 | | | |
| 120 | 306 | 257 | 261 | 220 | 233 | 197 | 200 | 169 | | | |
| 150 | 343 | 287 | 293 | 246 | 261 | 220 | 224 | 189 | | | |
| 185 | 387 | 324 | 331 | 278 | 296 | 250 | 255 | 214 | | | |
| 240 | 448 | 375 | 382 | 320 | 343 | 290 | 298 | 250 | | | |
| 300 | 502 | 419 | 427 | 359 | 386 | 326 | 336 | 282 | | | |

1SDC010012 F0201

1 Ochrona linii zasilających



1SDC010009F0201

1 Ochrona linii zasilających

Uwagi dotyczące tabel obciążalności prądowej i obciążonych przewodów

Tabele 8, 9, 15 i 16 podają obciążalności prądowe dla obciążonych przewodów (przewody przewodzące prąd), w normalnych warunkach pracy.

W obwodach jednofazowych, liczba obciążonych przewodów wynosi dwa.

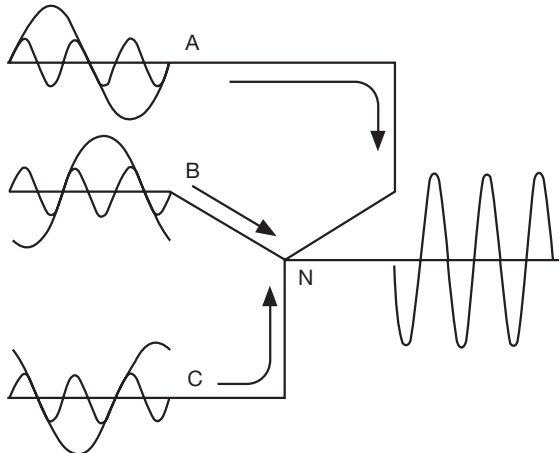
W symetrycznych lub nieznacznie asymetrycznych obwodach trójfazowych, liczba obciążonych przewodów wynosi trzy, ponieważ natężenie prądu w przewodzie neutralnym jest pomijalnie małe.

W niezrównoważonych instalacjach trójfazowych, w których żyła neutralna w przewodzie wielożyłowym przewodzi prąd w wyniku niezrównoważenia prądów fazowych, przyrost temperatury spowodowany przez przewód neutralny zostaje skompensowany przez zmniejszenie ilości ciepła wydzielanego przez przewody fazowe. W takim przypadku wielkość przewodu należy dobierać odpowiednio do prądu fazowego o największym natężeniu. We wszystkich przypadkach przewód neutralny musi charakteryzować się odpowiednim przekrojem.

Wpływ prądów harmonicznych na zrównoważoną instalację trójfazową: współczynniki zmniejszające dla prądów harmonicznych w przewodach cztero- i pięciożyłowych przewodzących prąd

Tam, gdzie przewód neutralny przewodzi prąd bez odpowiedniego obniżenia obciążenia przewodów fazowych, w trakcie szacowania obciążalności prądowej obwodu należy uwzględnić prąd płynący przez przewód neutralny.

Taki prąd neutralny wynika z zawartości wyższych harmonicznych prądów fazowych, które nie ulegają wyzerowaniu w przewodzie neutralnym. Najbardziej znaczącą harmoniczną, która nie ulega wyzerowaniu w przewodzie neutralnym, jest zazwyczaj trzecia harmoniczna. Amplituda prądu neutralnego związanego z trzecią harmoniczną może przekroczyć amplitudę prądów fazowych o częstotliwości zasilania. W takim przypadku prąd w przewodzie neutralnym będzie miał bardzo duży wpływ na obciążalność prądową przewodów w takiej instalacji.



1 Ochrona linii zasilających

Urządzeniami, które mogą prowadzić do powstawania prądów harmoniczných o dużych amplitudach są przykładowo, zestawy oświetlenia fluorescencyjnego i zasilacze prądu stałego spotykane w komputerach (szczegółowe informacje na temat zakłóceń harmoniczných są dostępne w normie IEC 61000).

Podane w tabeli 16 współczynniki zmniejszające dotyczą tylko przewodów w zrównoważonych instalacjach trójfazowych (prąd płynący w czwartym przewodzie wynika wyłącznie z faktu występowania wyższych harmoniczných), w których żyła neutralna jest elementem przewodu cztero lub pięciożyłowego, jest wykonana z tego samego materiału i ma taki sam przekrój, co przewody fazowe. Współczynniki zmniejszające zostały obliczone w oparciu o prąd trzeciej harmonicznej. Jeśli ma on odpowiednio dużą wartość (ponad 10%), należy wtedy spodziewać się wyższych harmoniczných (np. 9., 12., itd...) lub przekraczającego 50% nierównoważenia faz. W takim przypadku konieczne będzie zastosowanie mniejszych współczynników zmniejszających: współczynniki te można obliczyć jedynie uwzględniając kształt przebiegu prądu w obciążonych fazach.

Tam, gdzie spodziewa się prądu przewodu neutralnego o większej amplitudzie, niż prądy fazowe, dobór przewodów należy oprzeć na wartości prądu przewodu neutralnego. Tam, gdzie dobór przewodów jest oparty na wartości prądu przewodu neutralnego, który nie jest znacząco większy od prądów fazowych, należy zmniejszyć stabilaryzowane wartości obciążalności prądowej dla trzech obciążonych przewodów.

Jeśli prąd przewodu neutralnego przekracza 135% wartości prądów fazowych, a wielkości przewodów dobrano na podstawie prądu przewodu neutralnego, to wtedy trzy przewody fazowe nie będą w pełni obciążone. Zmniejszenie ilości ciepła generowanego przez przewody fazowe kompensuje ciepło wytwarzane przez przewód neutralny w takim stopniu, że nie ma potrzeby stosowania współczynnika zmniejszającego dla obciążalności prądowej trzech obciążonych przewodów.

Tabela 17: Współczynniki zmniejszające dla harmoniczných prądu, w przewodach cztero- i pięciożyłowych

| Zawartość trzeciej harmonicznej w prądzie fazowym | Współczynnik zmniejszający | | | |
|---|---|---|--|---|
| | Dobór wielkości oparty na prądzie fazowym | Prąd do uwzględnienia w trakcie doboru przewodu | Dobór wielkości oparty na prądzie neutralnym | Prąd do uwzględnienia w trakcie doboru przewodu |
| % | | I'_b | | I'_b |
| 0 ÷ 15 | 1 | $I'_b = \frac{I_b}{k_{tot}}$ | - | - |
| 15 ÷ 33 | 0,86 | $I'_b = \frac{I_b}{k_{tot} \cdot 0,86}$ | - | - |
| 33 ÷ 45 | - | - | 0,86 | $I'_b = \frac{I_N}{0,86}$ |
| > 45 | - | - | 1 | $I'_b = I_N$ |

Gdzie I_N jest prądem płynącym w przewodzie neutralnym, obliczonym w następujący sposób:

I_b jest prądem obciążenia;

k_{tot} jest całkowitym współczynnikiem korekcyjnym;

k_{III} jest zawartością trzeciej harmonicznej w prądzie fazowym;

$$I_N = \frac{I_b}{k_{tot}} \cdot 3 \cdot k_{III}$$

1 Ochrona linii zasilających

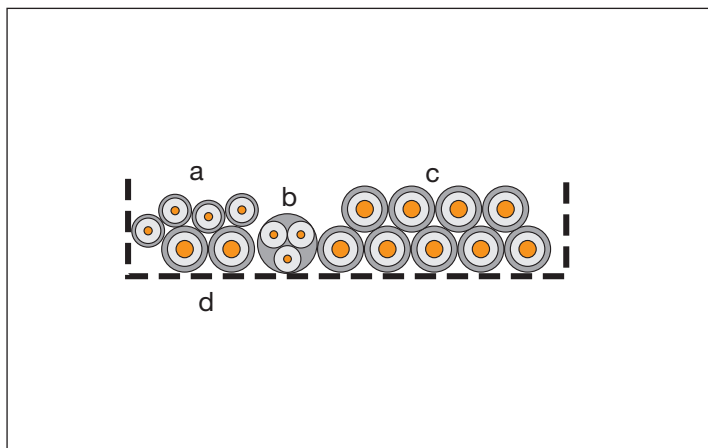
Przykład doboru wielkości przewodu w zrównoważonym obwodzie trójfazowym, w którym nie występują wyższe harmoniczne

Dobór wielkości przewodu o następujących parametrach:

- materiał przewodnika: miedź
- materiał izolacji: PCV
- typ przewodu: wielożyłowy
- ułożenie: przewody ułożone w wiązce, w poziomym perforowanym korycie instalacyjnym
- prąd obciążenia: 100 A

Warunki instalacji:

- temperatura otoczenia: 40°C
- sąsiednie obwody:
 - a) obwód trójfazowy składający się z 4 przewodów jednożyłowych, 4x50 mm²;
 - b) obwód trójfazowy składający się z 1 przewodu wielożyłowego, 1x(3x50) mm²;
 - c) obwód trójfazowy składający się z 9 przewodów jednożyłowych (3 na fazę), 9x95 mm²;
 - d) obwód jednofazowy składający się z 2 przewodów jednożyłowych, 2x70 mm²;



1SDC010008F0001

1 Ochrona linii zasilających

Procedura:

Sposób układania

W tabeli 3 można znaleźć numery odniesienia różnych instalacji i sposobów układania, do wykorzystania do obliczeń. W tym przypadku numer odniesienia to 31, co odpowiada sposobowi F (przewód wielożyłowy w korycie)

Współczynnik korekcyjny temperatury k_1

Z tabeli 4, dla temperatury 40°C i izolacji wykonanej z PCV, $k_1 = 0,87$.

$$k_1 = 0,87$$

Współczynnik korekcyjny dla sąsiednich przewodów k_2

Dla przewodów wielożyłowych ułożonych w grupie, w perforowanym korycie instalacyjnym, patrz tabela 5.

Należy najpierw określić liczbę obwodów lub przewodów wielożyłowych, pamiętając o tym, że:

- każdy obwód a), b) i d) stanowi oddzielny obwód;
- obwód c) stanowi trzy obwody, ponieważ składa się z trzech przewodów na fazę ułożonych równolegle;
- dobierana jest wielkość przewodu wielożyłowego, który stanowi pojedynczy obwód; całkowita liczba obwodów wynosi więc 7.

Korzystając z wiersza dla danego rozmieszczenia (wiązka przewodów) oraz kolumny dla liczby obwodów (7)

$$k_2 = 0,54$$

Po określeniu wartości współczynników k_1 i k_2 , wartość prądu I'_b jest obliczana na podstawie wzoru:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2} = \frac{100}{0,87 \cdot 0,54} = 212,85 \text{ A}$$

Na podstawie tabeli 8, dla przewodu wielożyłowego z izolacją z PCV, sposobem instalacji E, z trzema obciążonymi przewodami, uzyskuje się przekrój o obciążalności prądowej $I_0 \geq I'_b = 212,85 \text{ A}$. Przewód o przekroju 95 mm² może przewodzić w standardowych warunkach odniesienia 238 A.

Obciążalność prądowa, dla aktualnych warunków panujących w instalacji, wynosi: $I = 238 \times 0,87 \times 0,4 = 111,1 \text{ A}$

1 Ochrona linii zasilających

Przykład doboru wielkości przewodu w zrównoważonym obwodzie trójfazowym, ze znaczącą zawartością trzeciej harmonicznej

Dobór wielkości przewodu o następujących parametrach:

- materiał przewodnika: miedź
- materiał izolacji: PCV
- typ przewodu: wielożyłowy
- ułożenie: przewody ułożone w warstwie, w poziomym perforowanym korycie instalacyjnym
- prąd obciążenia: 115 A

Warunki instalacji:

- temperatura otoczenia: 30°C
- brak sąsiednich obwodów

Procedura:

Sposób układania

W tabeli 3 można znaleźć numery odniesienia różnych instalacji i sposobów układania, do wykorzystania do obliczeń. W tym przypadku numer odniesienia to 31, co odpowiada sposobowi E (przewód wielożyłowy w korycie).

Współczynnik korekcyjny temperatury k_1

$$k_1 = 1$$

Z tabeli 4, dla temperatury 30°C i izolacji wykonanej z PCV

Współczynnik korekcyjny dla sąsiednich przewodów k_2

Ponieważ nie ma sąsiednich przewodów, to

$$k_2 = 1$$

Po określeniu wartości współczynników k_1 i k_2 , wartość prądu I'_b jest obliczana na podstawie wzoru:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 k_2} = 115 \text{ A}$$

1 Ochrona linii zasilających

Jeśli brak jest wyższych harmonicznych, na podstawie tabeli 8, dla przewodu wielożyłowego miedzianego z izolacją z PCV, sposobem instalacji E, z trzema obciążonymi przewodami, uzyskuje się przekrój o obciążalności prądowej $I_0 \geq I'_b = 115 \text{ A}$. Przewód o przekroju 35 mm^2 może przewodzić w standardowych warunkach odniesienia 126 A .

Obciążalność prądowa, stosowanie do rzeczywistych warunków instalacji, wynosi wciąż 126 A , ponieważ wartość współczynnika k_1 i współczynnika k_2 wynosi 1.

Zakłada się zawartość trzeciej harmonicznej wynoszącą 28% . Na podstawie tabeli 16 widać, że dla takiej zawartości trzeciej harmonicznej wielkość przewodu musi być dobierana stosowanie do prądu płynącego w przewodach fazowych, ale należy zastosować współczynnik zmniejszający $0,86$. Wartość prądu I'_b wynosi:

$$I'_b = \frac{I_b}{k_1 \cdot k_2 \cdot 0,86} = \frac{115}{0,86} = 133,7 \text{ A}$$

Na podstawie tabeli 8 należy wybrać przewód o przekroju 50 mm^2 i obciążalności prądowej 153 A .

Jeśli zawartość trzeciej harmonicznej będzie wynosiła 40% , na podstawie tabeli 17 widać, że wielkość przewodu należy dobierać stosowanie do natężenia prądu w przewodzie neutralnym i należy zastosować współczynnik zmniejszający $0,86$. Natężenie prądu w przewodzie neutralnym wynosi:

$$I_N = \frac{I_b}{k_{\text{tot}}} \cdot 3 \cdot k_{\text{III}} = 115 \cdot 3 \cdot 0,4 = 138 \text{ A}$$

a wartość prądu I'_b wynosi:

$$I'_b = \frac{I_N}{0,86} = \frac{138}{0,86} = 160,5 \text{ A}$$

Na podstawie tabeli 8 należy wybrać przewód o przekroju 70 mm^2 i obciążalności prądowej 196 A .

Jeśli zawartość trzeciej harmonicznej będzie wynosiła 60% , na podstawie tabeli 16 widać, że wielkość przewodu należy dobierać stosowanie do natężenia prądu w przewodzie neutralnym, a wartość współczynnika zmniejszającego będzie wynosiła 1.

Natężenie prądu w przewodzie neutralnym wynosi:

$$I_N = \frac{I_b}{k_{\text{tot}}} \cdot 3 \cdot k_{\text{III}} = 115 \cdot 3 \cdot 0,6 = 207 \text{ A}$$

a wartość prądu I'_b wynosi:

$$I'_b = I_N = 207 \text{ A}$$

Na podstawie tabeli 8 należy wybrać przewód o przekroju 95 mm^2 i obciążalności prądowej 238 A .

1 Ochrona linii zasilających

1.2.2 Spadek napięcia

W instalacjach elektrycznych jest bardzo ważne, aby oszacować spadek napięcia, jaki nastąpi na odcinku pomiędzy punktem zasilania a obciążeniem. Może on wpłynąć negatywnie na pracę urządzenia, jeśli napięcie jego zasilania będzie różne od napięcia znamionowego. Przykładowo:

- **Silniki:** moment obrotowy jest proporcjonalny do kwadratu napięcia zasilania. Wobec tego, jeśli dojdzie do obniżenia napięcia, moment rozruchowy ulegnie również zmniejszeniu, co utrudni rozruch silników. Zmniejszeniu ulegnie również wartość maksymalna momentu obrotowego.
- **Lampy żarowe:** im większy będzie spadek napięcia, tym słabsza będzie wiązka światła, a jego barwa bardziej czerwona.
- **Lampy wyładowcze:** ogólnie, nie są one zbyt wrażliwe na niewielkie zmiany napięcia, ale w niektórych przypadkach duże zmiany mogą spowodować ich wyłączenie.
- **Urządzenia elektroniczne:** są bardzo wrażliwe na zmiany napięcia i dlatego są wyposażane w stabilizatory.
- **Urządzenia elektromechaniczne:** norma odniesienia stwierdza, że takie urządzenia, jak styczniki i wyzwalacze pomocnicze charakteryzują się minimalną wartością napięcia, poniżej którego nie można zagwarantować ich prawidłowej pracy. W przypadku – przykładowo – stycznika, utrzymanie styków przestaje być pewne poniżej 85% wartości napięcia znamionowego.

W celu ograniczenia takich problemów, norma wprowadziła następujące ograniczenia:

- IEC 60364-5-52 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego – Oprzewodowanie”, załącznik G stwierdza, że spadek napięcia pomiędzy łączem instalacji elektrycznej oraz jakimkolwiek obciążeniem nie może być większy, niż wartości podane w tabeli 18, określone względem wartości nominalnej napięcia instalacji.

Tabela 18: Spadek napięcia

| Rodzaj instalacji | Oświetlenie % | Inne zastosowania % |
|---|---------------|---------------------|
| A - Instalacje niskiego napięcia zasilane bezpośrednio z publicznej instalacji rozdzielczej niskiego napięcia | 3 | 5 |
| B - Instalacje niskiego napięcia zasilane z prywatnego źródła NN ^a | 6 | 8 |

^a W zakresie, w jakim jest to możliwe, zaleca się, aby spadek napięcia w obwodach końcowych nie przekroczył wartości podanych dla instalacji A.

Jeśli główne systemy okablowania instalacji są dłuższe niż 100 m, spadek napięcia może wzrastać o 0,005% na metr okablowania powyżej 100 m, ten przyrost nie może jednak przekroczyć 0,5%.

Spadek napięcia jest określany przez pobór prądu odbiorników, stosując współczynniki zmniejszające, tam gdzie dotyczy lub obliczając go na podstawie wartości projektowych prądów obwodu.

UWAGA 1: Można zaakceptować większy spadek napięcia

- dla silników w trakcie rozruchu
- w przypadku innych urządzeń charakteryzujących się dużymi wartościami prądów udarowych załączania, pod warunkiem, że w obydwu przypadkach zostanie zagwarantowane, że zmiany napięcia pozostaną w granicach określonych w odpowiednich normach dotyczących danych urządzeń.

UWAGA 2: Wykluczone są następujące stany przejściowe:

- stany nieustalone napięcia;
- zmiany napięcia spowodowane nieprawidłową pracą.

1 Ochrona linii zasilających

- Norma IEC 60204-1 „Bezpieczeństwo maszyn – Wyposażenie elektryczne maszyn – Wymagania ogólne”, punkt 13.5 zaleca: „spadek napięcia pomiędzy punktem zasilania oraz obciążeniem nie może przekraczać 5% napięcia znamionowego w normalnych warunkach pracy”.
- Norma IEC 60364-7-714 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji – Zewnętrzne instalacje oświetleniowe”, punkt 714.512 wymaga, aby „spadek napięcia w trakcie normalnej pracy był odpowiedni do warunków wywoływanych przez prądy udarowe załączania lamp”.

Obliczenia spadku napięcia

Dla przewodu elektrycznego o impedancji Z , spadek napięcia można obliczyć stosując następujący wzór:

$$\Delta U = kZI_b = kI_b \frac{L}{n} (r \cos \varphi + x \sin \varphi) \text{ [V]} \quad (1)$$

gdzie

- k jest współczynnikiem równym:
 - 2 w przypadku instalacji jedno i dwufazowych;
 - $\sqrt{3}$ w przypadku instalacji trójfazowych;
- I_b [A] stanowi prąd obciążenia; jeśli brak takiej informacji, należy uwzględnić obciążalność prądową przewodu I_z ;
- L [km] jest długością przewodu;
- n stanowi liczbę równoległych przewodów na fazę;
- r [Ω /km] oznacza rezystancję pojedynczego przewodu na kilometr;
- x [Ω /km] oznacza reaktancję pojedynczego przewodu na kilometr;
- $\cos \varphi$ jest współczynnikiem mocy obciążenia $\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$.

Normalnie, wartość procentową względem wartości znamionowej U_r można obliczyć za pomocą wzoru:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} 100 \quad (2)$$

Wartości rezystancji i reaktancji na odcinek długości podano w tabeli poniżej, w funkcji przekroju przewodów i układu przewodów, dla częstotliwości 50 Hz. W przypadku częstotliwości 60 Hz, wartości reaktancji należy pomnożyć przez 1,2.

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 1: Rezystancja i reaktancja na jednostkę długości przewodu miedzianego

| S [mm ²] | przewód jednożyłowy | | przewód dwużyłowy/trzyżyłowy | |
|-------------------------|----------------------|---------|------------------------------|---------|
| | r[Ω/km] @ 80 [°C] | x[Ω/km] | r[Ω/km] @ 80 [°C] | x[Ω/km] |
| 1,5 | 14,8 | 0,168 | 15,1 | 0,118 |
| 2,5 | 8,91 | 0,156 | 9,08 | 0,109 |
| 4 | 5,57 | 0,143 | 5,68 | 0,101 |
| 6 | 3,71 | 0,135 | 3,78 | 0,0955 |
| 10 | 2,24 | 0,119 | 2,27 | 0,0861 |
| 16 | 1,41 | 0,112 | 1,43 | 0,0817 |
| 25 | 0,889 | 0,106 | 0,907 | 0,0813 |
| 35 | 0,641 | 0,101 | 0,654 | 0,0783 |
| 50 | 0,473 | 0,101 | 0,483 | 0,0779 |
| 70 | 0,328 | 0,0965 | 0,334 | 0,0751 |
| 95 | 0,236 | 0,0975 | 0,241 | 0,0762 |
| 120 | 0,188 | 0,0939 | 0,191 | 0,074 |
| 150 | 0,153 | 0,0928 | 0,157 | 0,0745 |
| 185 | 0,123 | 0,0908 | 0,125 | 0,0742 |
| 240 | 0,0943 | 0,0902 | 0,0966 | 0,0752 |
| 300 | 0,0761 | 0,0895 | 0,078 | 0,075 |

Tabela 2: Rezystancja i reaktancja na jednostkę długości przewodu aluminiowego

| S [mm ²] | przewód jednożyłowy | | przewód dwużyłowy/trzyżyłowy | |
|-------------------------|----------------------|---------|------------------------------|---------|
| | r[Ω/km] @ 80 [°C] | x[Ω/km] | r[Ω/km] @ 80 [°C] | x[Ω/km] |
| 1,5 | 24,384 | 0,168 | 24,878 | 0,118 |
| 2,5 | 14,680 | 0,156 | 14,960 | 0,109 |
| 4 | 9,177 | 0,143 | 9,358 | 0,101 |
| 6 | 6,112 | 0,135 | 6,228 | 0,0955 |
| 10 | 3,691 | 0,119 | 3,740 | 0,0861 |
| 16 | 2,323 | 0,112 | 2,356 | 0,0817 |
| 25 | 1,465 | 0,106 | 1,494 | 0,0813 |
| 35 | 1,056 | 0,101 | 1,077 | 0,0783 |
| 50 | 0,779 | 0,101 | 0,796 | 0,0779 |
| 70 | 0,540 | 0,0965 | 0,550 | 0,0751 |
| 95 | 0,389 | 0,0975 | 0,397 | 0,0762 |
| 120 | 0,310 | 0,0939 | 0,315 | 0,074 |
| 150 | 0,252 | 0,0928 | 0,259 | 0,0745 |
| 185 | 0,203 | 0,0908 | 0,206 | 0,0742 |
| 240 | 0,155 | 0,0902 | 0,159 | 0,0752 |
| 300 | 0,125 | 0,0895 | 0,129 | 0,075 |

1 Ochrona linii zasilających

W tabelach poniżej podano wartości ΔU_x [V/(A·km)], w funkcji przekroju i układu przewodów, w zależności od przesunięcia fazowego $\cos\varphi$.

Tabela 3: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 1$, dla przewodów miedzianych

| S [mm ²] | $\cos\varphi = 1$ | | | |
|----------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 29,60 | 25,63 | 30,20 | 26,15 |
| 2,5 | 17,82 | 15,43 | 18,16 | 15,73 |
| 4 | 11,14 | 9,65 | 11,36 | 9,84 |
| 6 | 7,42 | 6,43 | 7,56 | 6,55 |
| 10 | 4,48 | 3,88 | 4,54 | 3,93 |
| 16 | 2,82 | 2,44 | 2,86 | 2,48 |
| 25 | 1,78 | 1,54 | 1,81 | 1,57 |
| 35 | 1,28 | 1,11 | 1,31 | 1,13 |
| 50 | 0,95 | 0,82 | 0,97 | 0,84 |
| 70 | 0,66 | 0,57 | 0,67 | 0,58 |
| 95 | 0,47 | 0,41 | 0,48 | 0,42 |
| 120 | 0,38 | 0,33 | 0,38 | 0,33 |
| 150 | 0,31 | 0,27 | 0,31 | 0,27 |
| 185 | 0,25 | 0,21 | 0,25 | 0,22 |
| 240 | 0,19 | 0,16 | 0,19 | 0,17 |
| 300 | 0,15 | 0,13 | 0,16 | 0,14 |

Tabela 4: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,9$, dla przewodów miedzianych

| S [mm ²] | $\cos\varphi = 0,9$ | | | |
|----------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 26,79 | 23,20 | 27,28 | 23,63 |
| 2,5 | 16,17 | 14,01 | 16,44 | 14,24 |
| 4 | 10,15 | 8,79 | 10,31 | 8,93 |
| 6 | 6,80 | 5,89 | 6,89 | 5,96 |
| 10 | 4,14 | 3,58 | 4,16 | 3,60 |
| 16 | 2,64 | 2,28 | 2,65 | 2,29 |
| 25 | 1,69 | 1,47 | 1,70 | 1,48 |
| 35 | 1,24 | 1,08 | 1,25 | 1,08 |
| 50 | 0,94 | 0,81 | 0,94 | 0,81 |
| 70 | 0,67 | 0,58 | 0,67 | 0,58 |
| 95 | 0,51 | 0,44 | 0,50 | 0,43 |
| 120 | 0,42 | 0,36 | 0,41 | 0,35 |
| 150 | 0,36 | 0,31 | 0,35 | 0,30 |
| 185 | 0,30 | 0,26 | 0,29 | 0,25 |
| 240 | 0,25 | 0,22 | 0,24 | 0,21 |
| 300 | 0,22 | 0,19 | 0,21 | 0,18 |

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 5: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,85$, dla przewodów miedzianych

| S [mm ²] | cos φ = 0,85 | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 25,34 | 21,94 | 25,79 | 22,34 |
| 2,5 | 15,31 | 13,26 | 15,55 | 13,47 |
| 4 | 9,62 | 8,33 | 9,76 | 8,45 |
| 6 | 6,45 | 5,59 | 6,53 | 5,65 |
| 10 | 3,93 | 3,41 | 3,95 | 3,42 |
| 16 | 2,51 | 2,18 | 2,52 | 2,18 |
| 25 | 1,62 | 1,41 | 1,63 | 1,41 |
| 35 | 1,20 | 1,04 | 1,19 | 1,03 |
| 50 | 0,91 | 0,79 | 0,90 | 0,78 |
| 70 | 0,66 | 0,57 | 0,65 | 0,56 |
| 95 | 0,50 | 0,44 | 0,49 | 0,42 |
| 120 | 0,42 | 0,36 | 0,40 | 0,35 |
| 150 | 0,36 | 0,31 | 0,35 | 0,30 |
| 185 | 0,30 | 0,26 | 0,29 | 0,25 |
| 240 | 0,26 | 0,22 | 0,24 | 0,21 |
| 300 | 0,22 | 0,19 | 0,21 | 0,18 |

Tabela 6: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,8$, dla przewodów miedzianych

| S [mm ²] | cos φ = 0,8 | | | |
|----------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 23,88 | 20,68 | 24,30 | 21,05 |
| 2,5 | 14,44 | 12,51 | 14,66 | 12,69 |
| 4 | 9,08 | 7,87 | 9,21 | 7,98 |
| 6 | 6,10 | 5,28 | 6,16 | 5,34 |
| 10 | 3,73 | 3,23 | 3,74 | 3,23 |
| 16 | 2,39 | 2,07 | 2,39 | 2,07 |
| 25 | 1,55 | 1,34 | 1,55 | 1,34 |
| 35 | 1,15 | 0,99 | 1,14 | 0,99 |
| 50 | 0,88 | 0,76 | 0,87 | 0,75 |
| 70 | 0,64 | 0,55 | 0,62 | 0,54 |
| 95 | 0,49 | 0,43 | 0,48 | 0,41 |
| 120 | 0,41 | 0,36 | 0,39 | 0,34 |
| 150 | 0,36 | 0,31 | 0,34 | 0,29 |
| 185 | 0,31 | 0,26 | 0,29 | 0,25 |
| 240 | 0,26 | 0,22 | 0,24 | 0,21 |
| 300 | 0,23 | 0,20 | 0,21 | 0,19 |

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 7: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,75$, dla przewodów miedzianych

| S [mm ²] | cos φ = 0,75 | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 22,42 | 19,42 | 22,81 | 19,75 |
| 2,5 | 13,57 | 11,75 | 13,76 | 11,92 |
| 4 | 8,54 | 7,40 | 8,65 | 7,49 |
| 6 | 5,74 | 4,97 | 5,80 | 5,02 |
| 10 | 3,52 | 3,05 | 3,52 | 3,05 |
| 16 | 2,26 | 1,96 | 2,25 | 1,95 |
| 25 | 1,47 | 1,28 | 1,47 | 1,27 |
| 35 | 1,10 | 0,95 | 1,08 | 0,94 |
| 50 | 0,84 | 0,73 | 0,83 | 0,72 |
| 70 | 0,62 | 0,54 | 0,60 | 0,52 |
| 95 | 0,48 | 0,42 | 0,46 | 0,40 |
| 120 | 0,41 | 0,35 | 0,38 | 0,33 |
| 150 | 0,35 | 0,31 | 0,33 | 0,29 |
| 185 | 0,30 | 0,26 | 0,29 | 0,25 |
| 240 | 0,26 | 0,23 | 0,24 | 0,21 |
| 300 | 0,23 | 0,20 | 0,22 | 0,19 |

Tabela 8: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 1$, dla przewodów aluminiowych

| S [mm ²] | cos φ = 1 | | | |
|----------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 48,77 | 42,23 | 49,76 | 43,09 |
| 2,5 | 29,36 | 25,43 | 29,92 | 25,91 |
| 4 | 18,35 | 15,89 | 18,72 | 16,21 |
| 6 | 12,22 | 10,59 | 12,46 | 10,79 |
| 10 | 7,38 | 6,39 | 7,48 | 6,48 |
| 16 | 4,65 | 4,02 | 4,71 | 4,08 |
| 25 | 2,93 | 2,54 | 2,99 | 2,59 |
| 35 | 2,11 | 1,83 | 2,15 | 1,87 |
| 50 | 1,56 | 1,35 | 1,59 | 1,38 |
| 70 | 1,08 | 0,94 | 1,10 | 0,95 |
| 95 | 0,78 | 0,67 | 0,79 | 0,69 |
| 120 | 0,62 | 0,54 | 0,63 | 0,55 |
| 150 | 0,50 | 0,44 | 0,52 | 0,45 |
| 185 | 0,41 | 0,35 | 0,41 | 0,36 |
| 240 | 0,31 | 0,27 | 0,32 | 0,28 |
| 300 | 0,25 | 0,22 | 0,26 | 0,22 |

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 9: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,9$, dla przewodów aluminiowych

| S [mm ²] | cos φ = 0,9 | | | |
|----------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 44,04 | 38,14 | 44,88 | 38,87 |
| 2,5 | 26,56 | 23,00 | 27,02 | 23,40 |
| 4 | 16,64 | 14,41 | 16,93 | 14,66 |
| 6 | 11,12 | 9,63 | 11,29 | 9,78 |
| 10 | 6,75 | 5,84 | 6,81 | 5,89 |
| 16 | 4,28 | 3,71 | 4,31 | 3,73 |
| 25 | 2,73 | 2,36 | 2,76 | 2,39 |
| 35 | 1,99 | 1,72 | 2,01 | 1,74 |
| 50 | 1,49 | 1,29 | 1,50 | 1,30 |
| 70 | 1,06 | 0,92 | 1,06 | 0,91 |
| 95 | 0,78 | 0,68 | 0,78 | 0,68 |
| 120 | 0,64 | 0,55 | 0,63 | 0,55 |
| 150 | 0,53 | 0,46 | 0,53 | 0,46 |
| 185 | 0,44 | 0,38 | 0,44 | 0,38 |
| 240 | 0,36 | 0,31 | 0,35 | 0,30 |
| 300 | 0,30 | 0,26 | 0,30 | 0,26 |

Tabela 10: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,85$, dla przewodów aluminiowych

| S [mm ²] | cos φ = 0,85 | | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------|-----------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy | trzy fazy |
| 1,5 | 41,63 | 36,05 | 42,42 | 36,73 | |
| 2,5 | 25,12 | 21,75 | 25,55 | 22,12 | |
| 4 | 15,75 | 13,64 | 16,02 | 13,87 | |
| 6 | 10,53 | 9,12 | 10,69 | 9,26 | |
| 10 | 6,40 | 5,54 | 6,45 | 5,58 | |
| 16 | 4,07 | 3,52 | 4,09 | 3,54 | |
| 25 | 2,60 | 2,25 | 2,63 | 2,27 | |
| 35 | 1,90 | 1,65 | 1,91 | 1,66 | |
| 50 | 1,43 | 1,24 | 1,43 | 1,24 | |
| 70 | 1,02 | 0,88 | 1,01 | 0,88 | |
| 95 | 0,76 | 0,66 | 0,76 | 0,65 | |
| 120 | 0,63 | 0,54 | 0,61 | 0,53 | |
| 150 | 0,53 | 0,46 | 0,52 | 0,45 | |
| 185 | 0,44 | 0,38 | 0,43 | 0,37 | |
| 240 | 0,36 | 0,31 | 0,35 | 0,30 | |
| 300 | 0,31 | 0,27 | 0,30 | 0,26 | |

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 11: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,8$, dla przewodów aluminiowych

| S [mm ²] | cos φ = 0,8 | | | |
|----------------------|---------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 39,22 | 33,96 | 39,95 | 34,59 |
| 2,5 | 23,67 | 20,50 | 24,07 | 20,84 |
| 4 | 14,85 | 12,86 | 15,09 | 13,07 |
| 6 | 9,94 | 8,61 | 10,08 | 8,73 |
| 10 | 6,05 | 5,24 | 6,09 | 5,27 |
| 16 | 3,85 | 3,34 | 3,87 | 3,35 |
| 25 | 2,47 | 2,14 | 2,49 | 2,16 |
| 35 | 1,81 | 1,57 | 1,82 | 1,57 |
| 50 | 1,37 | 1,18 | 1,37 | 1,18 |
| 70 | 0,98 | 0,85 | 0,97 | 0,84 |
| 95 | 0,74 | 0,64 | 0,73 | 0,63 |
| 120 | 0,61 | 0,53 | 0,59 | 0,51 |
| 150 | 0,51 | 0,45 | 0,50 | 0,44 |
| 185 | 0,43 | 0,38 | 0,42 | 0,36 |
| 240 | 0,36 | 0,31 | 0,34 | 0,30 |
| 300 | 0,31 | 0,27 | 0,30 | 0,26 |

Tabela 12: Jednostkowy spadek napięcia dla $\cos\varphi = 0,75$, dla przewodów aluminiowych

| S [mm ²] | cos φ = 0,75 | | | |
|----------------------|----------------------|-----------|----------------|-----------------|
| | przewód jednożyłowy | | prz. dwużyłowy | prz. trzyżyłowy |
| | jedna faza | trzy fazy | jedna faza | trzy fazy |
| 1,5 | 36,80 | 31,87 | 37,47 | 32,45 |
| 2,5 | 22,23 | 19,25 | 22,58 | 19,56 |
| 4 | 13,95 | 12,08 | 14,17 | 12,27 |
| 6 | 9,35 | 8,09 | 9,47 | 8,20 |
| 10 | 5,69 | 4,93 | 5,72 | 4,96 |
| 16 | 3,63 | 3,15 | 3,64 | 3,15 |
| 25 | 2,34 | 2,02 | 2,35 | 2,03 |
| 35 | 1,72 | 1,49 | 1,72 | 1,49 |
| 50 | 1,30 | 1,13 | 1,30 | 1,12 |
| 70 | 0,94 | 0,81 | 0,92 | 0,80 |
| 95 | 0,71 | 0,62 | 0,70 | 0,60 |
| 120 | 0,59 | 0,51 | 0,57 | 0,49 |
| 150 | 0,50 | 0,43 | 0,49 | 0,42 |
| 185 | 0,42 | 0,37 | 0,41 | 0,35 |
| 240 | 0,35 | 0,31 | 0,34 | 0,29 |
| 300 | 0,31 | 0,27 | 0,29 | 0,25 |

1 Ochrona linii zasilających

Przykład 1

Aby obliczyć spadek napięcia na przewodzie trójfazowym o następujących parametrach:

- napięcie znamionowe: 400 V;
- długość przewodu: 25 m;
- układ przewodu: przewód miedziany jednożyłowy, 3x50 mm²;
- prąd obciążenia I_b : 100 A;
- współczynnik mocy $\cos\varphi$: 0,9.

Na podstawie tabeli 4, dla przewodu jednożyłowego o przekroju 50 mm² można odczytać, że spadek napięcia ΔU_x wynosi 0,81 V/(A·km). Mnożąc tę wartość przez długość w km oraz przez natężenie prądu w A otrzymuje się:

$$\Delta U = \Delta U_x \cdot I_b \cdot L = 0,81 \cdot 100 \cdot 0,025 = 2,03 \text{ V}$$

co odpowiada wartości procentowej:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} \cdot 100 = \frac{2,03}{400} \cdot 100 = 0,51\%$$

Przykład 2

Obliczyć spadek napięcia na przewodzie trójfazowym o następujących parametrach:

- napięcie znamionowe: 690 V;
- długość przewodu: 50 m;
- układ przewodu: przewód miedziany wielożyłowy, 2x(3x10) mm²;
- prąd obciążenia I_b : 50 A;
- współczynnik mocy $\cos\varphi$: 0,85.

Na podstawie tabeli 5, dla przewodu jednożyłowego o przekroju 10 mm² można odczytać, że spadek napięcia ΔU_x wynosi 3,42 V/(A·km). Mnożąc tę wartość przez długość w km oraz przez natężenie prądu w A i dzieląc przez liczbę równoległych przewodów otrzymuje się:

$$\Delta U = \Delta U_x \cdot I_b \cdot \frac{L}{2} = 3,42 \cdot 50 \cdot \frac{0,05}{2} = 4,28 \text{ V}$$

co odpowiada wartości procentowej:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} \cdot 100 = \frac{4,28}{690} \cdot 100 = 0,62\%$$

1 Ochrona linii zasilających

Metoda określania przekroju przewodu w zależności od spadku napięcia dla długich przewodów

W przypadku długich przewodów lub jeśli szczególne wymagania projektowe wymuszają małe spadki napięcia, sprawdzenie oparte na przekroju obliczonym w oparciu o wymagania cieplne (zgodnie z opisem zamieszczonym w punkcie 1.2.1 "Obciążalność prądowa i metody układania") może prowadzić do negatywnego wyniku.

W celu określenia prawidłowego przekroju, należy obliczyć maksymalną wartość $\Delta U_{x_{\max}}$, korzystając ze wzoru:

$$\Delta U_{x_{\max}} = \frac{\Delta u\% \cdot U_r}{100 \cdot I_b \cdot L} \quad (3)$$

a następnie porównać z odpowiednimi wartościami z tabel 4÷12, wybierając najmniejszy przekrój zapewniający wartość ΔU_x mniejszą, niż $\Delta U_{x_{\max}}$.

Przykład:

Zasilanie obciążenia trójfazowego mocą $P_u = 35 \text{ kW}$ ($U_r = 400 \text{ V}$, $f_r = 50 \text{ Hz}$, $\cos\varphi = 0,9$) wykorzystując miedziany przewód wielożyłowy o długości 140 m i izolacji EPR, ułożony w perforowanym korycie instalacyjnym.

Maksymalny dopuszczalny spadek napięcia wynosi 2%.

Wartość prądu obciążenia I_b wynosi:

$$I_b = \frac{P_u}{\sqrt{3} \cdot U_r \cdot \cos\varphi} = \frac{35000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 56 \text{ A}$$

Na podstawie tabeli 8 z punktu 1.2.1 otrzymujemy $S = 10 \text{ mm}^2$.

Na podstawie tabeli 4, dla przewodu wielożyłowego o przekroju 10 mm^2 można odczytać, że spadek napięcia na A i na km wynosi $3,60 \text{ V}/(\text{A} \cdot \text{km})$. Mnożąc tę wartość przez długość w km oraz przez natężenie prądu w A otrzymujemy się:

$$\Delta U = 3,60 \cdot I_b \cdot L = 3,6 \cdot 56 \cdot 0,14 = 28,2 \text{ V}$$

co odpowiada wartości procentowej:

$$\Delta u\% = \frac{\Delta U}{U_r} \cdot 100 = \frac{28,2}{400} \cdot 100 = 7,05\%$$

Jest to zbyt duża wartość.

Wzór (3) podaje:

$$\Delta U_{x_{\max}} = \frac{\Delta u\% \cdot U_r}{100 \cdot I_b \cdot L} = \frac{2\% \cdot 400}{100 \cdot 56 \cdot 0,14} = 1,02 \text{ V}/(\text{A} \cdot \text{km})$$

1 Ochrona linii zasilających

Na podstawie tabeli 4 można wybrać przekrój 50 mm².
Dla takiego przekroju $\Delta U_x = 0,81 < 1,02 \text{ V}/(\text{A}\cdot\text{km})$.
Wykorzystując tę wartość otrzymuje się:

$$\Delta U = \Delta U_x \cdot I_b \cdot L = 0,81 \cdot 56 \cdot 0,14 = 6,35 \text{ V}$$

Odpowiada to wartości procentowej:

$$\Delta u \% = \frac{\Delta U}{U_r} \cdot 100 = \frac{6,35}{400} \cdot 100 = 1,6\%$$

1.2.3 Straty Joule'a

Straty Joule'a są związane z rezystancją elektryczną przewodów.
Tracona energia jest rozpraszana i powoduje nagrzewanie się przewodów i otoczenia.

Pierwsze przybliżenie strat trójfazowych można opisać wzorem:

$$P_j = \frac{3 \cdot r \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} [\text{W}]$$

a dla przypadku jednofazowego wzorem:

$$P_j = \frac{2 \cdot r \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} [\text{W}]$$

gdzie:

- I_b jest prądem obciążenia [A];
- r jest rezystancją fazową na jednostkę długości przewodu, w temperaturze 80°C [Ω/km] (patrz tabela 1);
- L oznacza długość przewodu [m].
- L is the cable length [m].

Tabela 1: Wartości rezystancji [Ω/km] miedzianych i aluminiowych przewodów jednożyłowych i wielożyłowych w temperaturze 80°C

| S [mm ²] | Przewód jednożyłowy | | Przewód dwużyłowy/trzyżyłowy | |
|-------------------------|---------------------|--------|------------------------------|--------|
| | Cu | Al | Cu | Al |
| 1,5 | 14,8 | 24,384 | 15,1 | 24,878 |
| 2,5 | 8,91 | 14,680 | 9,08 | 14,960 |
| 4 | 5,57 | 9,177 | 5,68 | 9,358 |
| 6 | 3,71 | 6,112 | 3,78 | 6,228 |
| 10 | 2,24 | 3,691 | 2,27 | 3,740 |
| 16 | 1,41 | 2,323 | 1,43 | 2,356 |
| 25 | 0,889 | 1,465 | 0,907 | 1,494 |
| 35 | 0,641 | 1,056 | 0,654 | 1,077 |
| 50 | 0,473 | 0,779 | 0,483 | 0,796 |
| 70 | 0,328 | 0,540 | 0,334 | 0,550 |
| 95 | 0,236 | 0,389 | 0,241 | 0,397 |
| 120 | 0,188 | 0,310 | 0,191 | 0,315 |
| 150 | 0,153 | 0,252 | 0,157 | 0,259 |
| 185 | 0,123 | 0,203 | 0,125 | 0,206 |
| 240 | 0,0943 | 0,155 | 0,0966 | 0,159 |
| 300 | 0,0761 | 0,125 | 0,078 | 0,129 |

1 Ochrona linii zasilających

1.3 Ochrona przed przeciążeniem

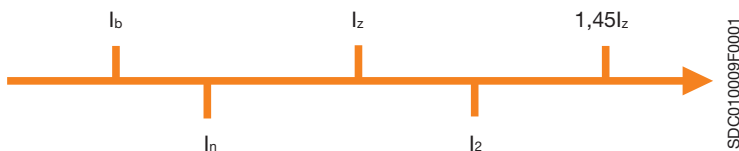
Norma IEC 60364-4-43 „Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Ochrona przed prądem przetężeniowym” określa koordynację pomiędzy przewodami i zabezpieczeniami (umieszczanymi normalnie na początku chronionego przewodu) w taki sposób, że muszą być spełnione dwa poniższe warunki:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (2)$$

gdzie:

- I_b jest wartością projektową prądu obwodu;
- I_z jest obciążalnością prądową ciągłą przewodu;
- I_n jest prądem znamionowym zabezpieczenia; w przypadku zabezpieczeń regulowanych, prąd znamionowy I_n odpowiada nastawie natężenia prądu;
- I_2 jest prądem zapewniającym skuteczne działanie zabezpieczenia w czasie umownym.



Zgodnie z warunkiem (1), aby prawidłowo dobrać zabezpieczenie należy sprawdzić, czy wyłącznik posiada wartość znamionową (lub nastawczą) prądu:

- większą, niż prąd obciążenia, w celu uniknięcia niezamierzonego wyzwalania;
- mniejszą, niż obciążalność prądowa przewodu, w celu uniknięcia przeciążenia przewodu. Norma dopuszcza prąd przeciążenia większy o maksymalnie 45% od obciążalności prądowej przewodu, ale tylko przez ograniczony czas.

Sprawdzenie warunku (2) nie jest konieczne w przypadku wyłączników, ponieważ są one automatycznie wyzwalane, jeśli:

- $I_2 = 1,3 \cdot I_n$ dla wyłączników zgodnych z normą IEC 60947-2 (wyłączniki dla zastosowań przemysłowych);
- $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ dla wyłączników zgodnych z normą IEC 60898 (wyłączniki dla instalacji domowych i podobnych);

Wobec powyższego, dla wyłączników, jeśli $I_n \leq I_z$, zależność $I_2 \leq 1,45 \cdot I_z$ będzie również spełniona.

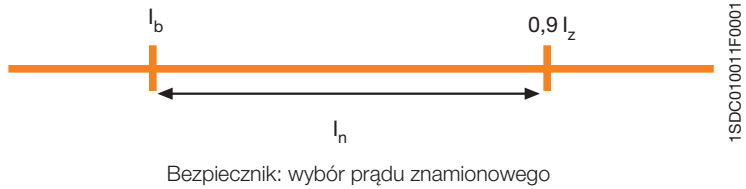
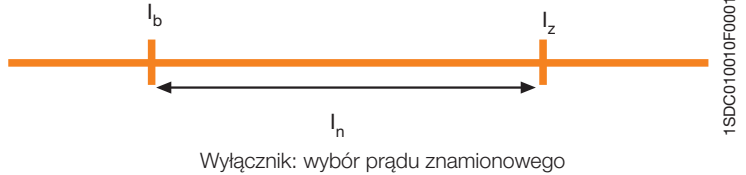
Jeśli zabezpieczeniem jest bezpiecznik, należy również sprawdzić zależność (2), ponieważ norma IEC 60269-2-1 „Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe” stwierdza, że prąd $1,6 \cdot I_n$ musi spowodować automatycznie stopienie się bezpiecznika. W takim przypadku wzór (2) przyjmuje postać $1,6 \cdot I_n \leq 1,45 \cdot I_z$ or $I_n \leq 0,9 \cdot I_z$.

1 Ochrona linii zasilających

Podsumowując: W celu zabezpieczenia za pomocą bezpiecznika przed przeciążeniem, należy spełnić następujący warunek:

$$I_b \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_z$$

oznacza to, że przewód nie jest w pełni wykorzystany.



Tam, gdzie użycie pojedynczego przewodu na fazę nie jest wykonalne, a prądy w równoległych przewodach nie są równe, prąd projektowy i wymagania zabezpieczenia przeciążeniowego dla każdego z przewodów muszą być analizowane niezależnie.

Przykłady

Przykład 1

Specyfikacja obciążenia

$P_r = 120 \text{ kW}$; $U_r = 400 \text{ V}$; $\cos \varphi = 0.9$; obciążenie trójfazowe, a więc $I_b = 192,6 \text{ A}$

Specyfikacja przewodu

$I_z = 239 \text{ A}$

Specyfikacja zabezpieczenia

XT3N 250 TMD $I_n 200$; prąd nastawczy $I_1 = 1 \times I_n = 200 \text{ A}$

1 Ochrona linii zasilających

Przykład 2

Specyfikacja obciążenia

$P_r = 70 \text{ kW}$; $\cos\varphi = 0,9$; $U_r = 400 \text{ V}$; obciążenie trójfazowe, a więc $I_b = 112 \text{ A}$

Specyfikacja przewodu

$I_z = 134 \text{ A}$

Specyfikacja zabezpieczenia

XT2N 160 Ekip LSI $I_n 160$; prąd nastawczy $I1 = 0,8 \times I_n = 128 \text{ A}$

Przykład 3

Specyfikacja obciążenia

$P_r = 100 \text{ kW}$; $\cos\varphi = 0,9$; $U_r = 400 \text{ V}$; obciążenie trójfazowe, a więc $I_b = 160 \text{ A}$

Specyfikacja przewodu

$I_z = 190 \text{ A}$

Specyfikacja zabezpieczenia

XT3N 250 TMD $I_n 200$; prąd nastawczy $I1 = 0,9 \times I_n = 180 \text{ A}$

Przykład 4

Specyfikacja obciążenia

$P_r = 50 \text{ kW}$; $\cos\varphi = 0,9$; $U_r = 230 \text{ V}$; obciążenie jednofazowe, a więc $I_b = 241 \text{ A}$

Specyfikacja przewodu

$I_z = 262 \text{ A}$

Specyfikacja zabezpieczenia

XT4N 250 Ekip LSI $I_n 250$; prąd nastawczy $I1 = 0,98 \times I_n = 245 \text{ A}$

1 Ochrona linii zasilających

1.4 Ochrona przed zwarciami

Przewód jest zabezpieczony przed zwarciami, jeśli maksymalna energia przepływająca przez zabezpieczenie (I^2t) jest mniejsza, niż energia wytrzymywana przez przewód (k^2S^2):

$$I^2t \leq k^2S^2 \quad (1)$$

gdzie

- I^2t jest maksymalną energią zabezpieczenia, którą można odczytać z krzywych całki Joule'a dostarczonych przez producenta (patrz część 1, punkt 2.4 „Krzywe ograniczeń energii przepływającej przez wyłącznik”) lub też na podstawie obliczeń dla układów, które nie ograniczają i nie opóźniają;
- S jest przekrojem przewodu [mm^2]; w przypadku przewodów równoległych, jest to przekrój pojedynczego przewodu;
- k jest współczynnikiem zależącym od materiału izolacji i materiału przewodzącego. Wartości dla typowych instalacji zostały przedstawione w tabeli 1; bardziej szczegółowe obliczenia przedstawiono w załączniku C.

Tabela 1: Wartość współczynnika k dla przewodu fazowego

| | Izolacja przewodu | | | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------|---------------|--------------------|----------------------|
| | PVC ≤ 300 mm ² | PVC > 300 mm ² | EPR XLPE | Guma 60 °C | Izolacja mineralna | |
| | | | | | PVC | Goły przewód |
| Temp. początkowa [°C] | 70 | 70 | 90 | 60 | 70 | 105 |
| Temp. końcowa [°C] | 160 | 140 | 250 | 200 | 160 | 250 |
| Materiał przewodzący: | | | | | | |
| Miedź | 115 | 103 | 143 | 141 | 115 | 135/115 ^a |
| Aluminium | 76 | 68 | 94 | 93 | - | - |
| Lutowane cyną połączenia w przewodach miedzianych | 115 | - | - | - | - | - |

^a Tę wartość należy stosować dla gołych przewodów dostępnych dla dotyku.

UWAGA 1: Przygotowywane są inne wartości k, dla:

- małych przewodów (szczególnie przewodów o przekrojach poniżej 10 mm²);
- przekraczających 5 s czasów trwania zwarcia;
- innych rodzajów połączeń przewodów;
- gołych przewodów.

UWAGA 2: Prąd nominalny zabezpieczenia zwarciovego może być większy, niż obciążalność prądowa przewodu.

UWAGA 3: Wartości powyższych współczynników są oparte na normie IEC 60724

1 Ochrona linii zasilających

W tabeli 2 przedstawiono wartości energii wytrzymywanej przez przewód, w funkcji jego przekroju, materiału przewodnika i rodzaju izolacji. Wartości te zostały obliczone, wykorzystując parametry z tabeli 1.

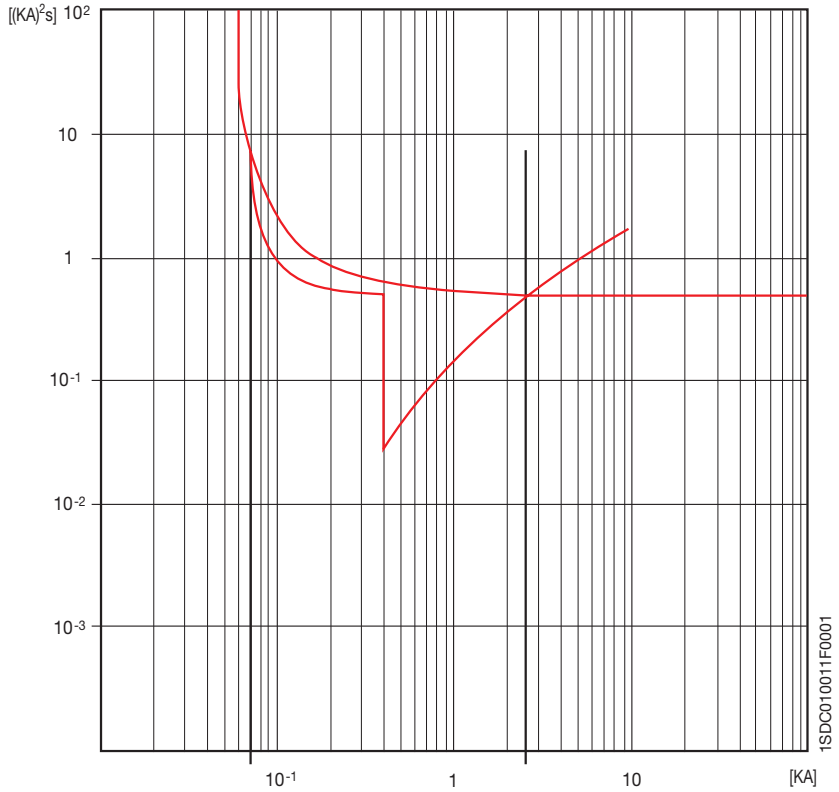
Tabela 2: Maksymalna energia wytrzymywana przez przewody $k^2 S^2$ [(kA)² s]

| Przewód | k | Przekrój [mm ²] | | | | | | | | |
|----------|----|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------|----------------------|----------------------|
| | | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | |
| PVC | Cu | 115 | 2,98·10 ⁻² | 8,27·10 ⁻² | 2,12·10 ⁻¹ | 4,76·10 ⁻¹ | 1,32 | 3,39 | 8,27 | 1,62·10 ¹ |
| | Al | 76 | 1,30·10 ⁻² | 3,61·10 ⁻² | 9,24·10 ⁻² | 2,08·10 ⁻¹ | 5,78·10 ⁻¹ | 1,48 | 3,61 | 7,08 |
| EPR/XLPE | Cu | 143 | 4,60·10 ⁻² | 1,28·10 ⁻¹ | 3,27·10 ⁻¹ | 7,36·10 ⁻¹ | 2,04 | 5,23 | 1,28·10 ¹ | 2,51·10 ¹ |
| | Al | 94 | 1,99·10 ⁻² | 5,52·10 ⁻² | 1,41·10 ⁻¹ | 3,18·10 ⁻¹ | 8,84·10 ⁻¹ | 2,26 | 5,52 | 1,08·10 ¹ |
| Guma | Cu | 141 | 4,47·10 ⁻² | 1,24·10 ⁻¹ | 3,18·10 ⁻¹ | 7,16·10 ⁻¹ | 1,99 | 5,09 | 1,24·10 ¹ | 2,44·10 ¹ |
| | Al | 93 | 1,95·10 ⁻² | 5,41·10 ⁻² | 1,38·10 ⁻¹ | 3,11·10 ⁻¹ | 8,65·10 ⁻¹ | 2,21 | 5,41 | 1,06·10 ¹ |

| Przewód | k | Przekrój [mm ²] | | | | | | | | |
|----------|----|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 | |
| PVC | Cu | 115 | 3,31·10 ¹ | 6,48·10 ¹ | 1×19·10 ² | 1,90·10 ² | 2,98·10 ² | 4,53·10 ² | 7,62·10 ² | 1,19·10 ³ |
| | Al | 76 | 1,44·10 ¹ | 2,83·10 ¹ | 5,21·10 ¹ | 8,32·10 ¹ | 1,30·10 ² | 1,98·10 ² | 3,33·10 ² | 5,20·10 ² |
| EPR/XLPE | Cu | 143 | 5,11·10 ¹ | 1,00·10 ² | 1,85·10 ² | 2,94·10 ² | 4,60·10 ² | 7,00·10 ² | 1,18·10 ³ | 1,84·10 ³ |
| | Al | 94 | 2,21·10 ¹ | 4,33·10 ¹ | 7,97·10 ¹ | 1,27·10 ² | 1,99·10 ² | 3,02·10 ² | 5,09·10 ² | 7,95·10 ² |
| G2 | Cu | 141 | 4,97·10 ¹ | 9,74·10 ¹ | 1,79·10 ² | 2,86·10 ² | 4,47·10 ² | 6,80·10 ² | 1,15·10 ³ | 1,79·10 ³ |
| | Al | 93 | 2,16·10 ¹ | 4,24·10 ¹ | 7,81·10 ¹ | 1,25·10 ² | 1,95·10 ² | 2,96·10 ² | 4,98·10 ² | 7,78·10 ² |

Wzór (1) musi być spełniony na całej długości przewodu. Ze względu na kształt charakterystyki całki Joule'a wyłącznika, wystarczy zazwyczaj sprawdzić tylko wzór (1) dla maksymalnej i minimalnej wartości prądu zwarciovego, który może wystąpić w przewodzie. Wartość maksymalna jest to normalnie wartość trójfazowego prądu zwarciovego na początku linii, a wartość minimalną jest to wartość prądu zwarciovego faza-przewód neutralny (faza-faza, jeśli przewód neutralny nie jest rozproszony) lub faza-ziemia, na końcu przewodu.

1 Ochrona linii zasilających



Sprawdzenie można uprościć, porównując tylko wartość energii przepływającej przez wyłącznik, dla maksymalnego prądu zwarciovego, z maksymalną energią wytrzymywaną przez przewód i upewniając się, że dojdzie do bezzwłocznego wyzwolenia wyłącznika dla minimalnej wartości prądu zwarciovego: próg zadziałania zabezpieczenia zwarciovego (uwzględniając również tolerancje) musi być więc mniejszy, niż wartość minimalnego prądu zwarciovego na końcu przewodu.

1 Ochrona linii zasilających

Obliczanie prądu zwarciego na końcu przewodu

Minimalną wartość prądu zwarciego można obliczyć, wykorzystując poniższe, przybliżone wzory:

$$I_{kmin} = \frac{0,8 \cdot U_r \cdot k_{sec} \cdot k_{par}}{1,5 \cdot \rho \cdot \frac{2L}{S}} \quad \text{dla nierozprowadzonego przewodu neutralnego} \quad (2.1)$$

$$I_{kmin} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot k_{sec} \cdot k_{par}}{1,5 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot \frac{L}{S}} \quad \text{dla rozprowadzonego przewodu neutralnego} \quad (2.2)$$

gdzie:

- I_{kmin} jest minimalną wartością prądu zwarciego spodziewanego [kA];
- U_r jest napięciem zasilania [V];
- U_0 jest napięciem zasilania faza-ziemia [V];
- ρ jest rezystywnością w temperaturze 20°C materiału przewodzącego, w $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$, która wynosi:
 - 0,018 dla miedzi;
 - 0,027 dla aluminium;
- L jest długością zabezpieczanego przewodu [m];
- S jest przekrojem przewodu [mm^2];
- k_{sec} jest współczynnikiem korekcyjnym, uwzględniającym reaktancję przewodów o przekroju przekraczającym 95 mm^2 :

| | | | | | |
|------------------|-----|------|------|------|------|
| $S[\text{mm}^2]$ | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 |
| k_{sec} | 0,9 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,72 |

1 Ochrona linii zasilających

- k_{par} jest współczynnikiem korekcyjnym dla równoległych przewodów:

Liczba równoległych

| przewodów | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-------------|---|-----|---|-----|
| k_{par}^* | 2 | 2,7 | 3 | 3,2 |

* $k_{par} = 4(n-1)/n$, gdzie: n = liczna równoległych przewodów na fazę

- m jest stosunkiem pomiędzy rezystancją przewodu neutralnego i rezystancją przewodu fazowego (jeśli są wykonane z tego samego materiału, m jest stosunkiem przekroju przewodu fazowego i przekroju przewodu neutralnego). Po obliczeniu minimalnej wartości prądu zwarciowego należy sprawdzić, czy:

$$I_{kmin} > 1,2 \cdot I_3 \quad (3)$$

gdzie:

- I_3 jest wartością prądu wyzwalającą zabezpieczenie magnetyczne wyłącznika;
- $1,2$ jest wartością tolerancji proggu wyzwolenia.

Przykład

Dobór wyłącznika CB1

Dane instalacji:

Napięcie znamionowe 415 V

$I_k = 30$ kA

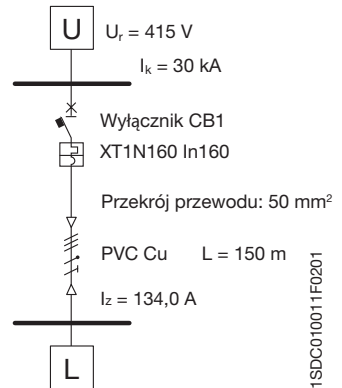
Dane przewodu:

Przewód miedziany z izolacją z PCV

Długość = 150 m

$S = 50$ mm²

$I_z = 134$ A



1 Ochrona linii zasilających

Zabezpieczenie przed zwarciem na początku przewodu

XT1N160 In160 (obciążalność prądowa 36 kA, 415 V)

I^2t (dla 30 kA) = $7,5 \cdot 10^{-1}$ (kA)²s

$k^2S^2 = 1152 \cdot 502 = 3,31 \cdot 10$ (kA)²s

Przewód jest więc zabezpieczony przed zwarciem na początku przewodu.

Zabezpieczenie przed zwarciem na końcu przewodu

Minimalna wartość prądu zwarciovego na końcu przewodu ($k_{\text{sec}}=1$ i $k_{\text{par}}=1$) wynosi:

$$I_{\text{kmin}} = \frac{0,8 \cdot U \cdot k_{\text{sec}} \cdot k_{\text{par}}}{1,5 \cdot \rho \cdot \frac{2L}{S}} = 1,98 \text{ kA}$$

Próg magnetyczny zadziałania wyłącznika XT1N 160 In160 ustawiono na 1600 A. Jeśli tolerancja wynosi 20%, wyłącznik musi na pewno zostać wyzwolony, jeśli natężenie prądu przekroczy 1920 A. Przewód jest więc w pełni zabezpieczony przed zwarciem.

Maksymalna długość zabezpieczonego przewodu

Wzór (3), jeśli zostanie rozwiązany dla długości, pozwoli obliczyć maksymalną długość przewodu, jaki można chronić za pomocą zabezpieczenia z precyzyjnym progiem bezzwłocznego wyzwolenia. W tabeli 3, dla danego przekroju przewodu i dla danej nastawy progu bezzwłocznego zabezpieczenia zwarciovego wyłącznika można znaleźć wartości maksymalnej długości zabezpieczonego przewodu:

- instalacja trójfazowa o napięciu znamionowym 400 V;
- przewód neutralny nierozprowadzony;
- przewód neutralny o rezystywności równej $0,018 \Omega \text{ mm}^2/\text{m}$.

Wartości podane w tabeli poniżej uwzględniają współczynnik tolerancji wynoszący 20% dla wartości progu wyzwolenia magnetycznego, wzrost rezystywności przewodu spowodowany jego nagraniem przez prąd zwarciovą oraz spadek napięcia spowodowany przez niesprawność.

Współczynniki korekcyjne podane pod tabelą należy zastosować, jeśli warunki w instalacji różnią się od warunków wzorcowych.

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 3: Maksymalna długość zabezpieczonego przewodu

| przekrój [mm ²] | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| I ₃ [A] | 1,5 | 2,5 | 4 | 6 | 10 | 16 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 |
| 20 | 370 | 617 | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 246 | 412 | 658 | | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 185 | 309 | 494 | 741 | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 148 | 247 | 395 | 593 | | | | | | | | | | | | |
| 60 | 123 | 206 | 329 | 494 | | | | | | | | | | | | |
| 70 | 105 | 176 | 282 | 423 | 705 | | | | | | | | | | | |
| 80 | 92 | 154 | 246 | 370 | 617 | | | | | | | | | | | |
| 90 | 82 | 137 | 219 | 329 | 549 | | | | | | | | | | | |
| 100 | 74 | 123 | 197 | 296 | 494 | 790 | | | | | | | | | | |
| 120 | 61 | 102 | 164 | 246 | 412 | 658 | | | | | | | | | | |
| 140 | 52 | 88 | 141 | 211 | 353 | 564 | | | | | | | | | | |
| 150 | 49 | 82 | 131 | 197 | 329 | 527 | | | | | | | | | | |
| 160 | 46 | 77 | 123 | 185 | 309 | 494 | 772 | | | | | | | | | |
| 180 | 41 | 68 | 109 | 164 | 274 | 439 | 686 | | | | | | | | | |
| 200 | 37 | 61 | 98 | 148 | 247 | 395 | 617 | | | | | | | | | |
| 220 | 33 | 56 | 89 | 134 | 224 | 359 | 561 | 786 | | | | | | | | |
| 250 | 29 | 49 | 79 | 118 | 198 | 316 | 494 | 691 | | | | | | | | |
| 280 | 26 | 44 | 70 | 105 | 176 | 282 | 441 | 617 | | | | | | | | |
| 300 | 24 | 41 | 65 | 98 | 165 | 263 | 412 | 576 | | | | | | | | |
| 320 | 23 | 38 | 61 | 92 | 154 | 247 | 386 | 540 | 772 | | | | | | | |
| 350 | 21 | 35 | 56 | 84 | 141 | 226 | 353 | 494 | 705 | | | | | | | |
| 380 | 19 | 32 | 52 | 78 | 130 | 208 | 325 | 455 | 650 | | | | | | | |
| 400 | 18 | 30 | 49 | 74 | 123 | 198 | 309 | 432 | 617 | | | | | | | |
| 420 | 17 | 29 | 47 | 70 | 118 | 188 | 294 | 412 | 588 | | | | | | | |
| 450 | 16 | 27 | 43 | 65 | 110 | 176 | 274 | 384 | 549 | 768 | | | | | | |
| 480 | 15 | 25 | 41 | 61 | 103 | 165 | 257 | 360 | 514 | 720 | | | | | | |
| 500 | 14 | 24 | 39 | 59 | 99 | 158 | 247 | 346 | 494 | 691 | | | | | | |
| 520 | 14 | 23 | 38 | 57 | 95 | 152 | 237 | 332 | 475 | 665 | | | | | | |
| 550 | 13 | 22 | 35 | 53 | 90 | 144 | 224 | 314 | 449 | 629 | | | | | | |
| 580 | 12 | 21 | 34 | 51 | 85 | 136 | 213 | 298 | 426 | 596 | 809 | | | | | |
| 600 | 12 | 20 | 32 | 49 | 82 | 132 | 206 | 288 | 412 | 576 | 782 | | | | | |
| 620 | 11 | 19 | 31 | 47 | 80 | 127 | 199 | 279 | 398 | 558 | 757 | | | | | |
| 650 | 11 | 19 | 30 | 45 | 76 | 122 | 190 | 266 | 380 | 532 | 722 | | | | | |
| 680 | 10 | 18 | 29 | 43 | 73 | 116 | 182 | 254 | 363 | 508 | 690 | | | | | |
| 700 | 10 | 17 | 28 | 42 | 71 | 113 | 176 | 247 | 353 | 494 | 670 | 847 | | | | |
| 750 | 16 | 26 | 39 | 66 | 105 | 165 | 230 | 329 | 461 | 626 | 790 | 840 | | | | |
| 800 | 15 | 24 | 37 | 62 | 99 | 154 | 216 | 309 | 432 | 586 | 667 | 787 | | | | |
| 850 | 14 | 23 | 34 | 58 | 93 | 145 | 203 | 290 | 407 | 552 | 627 | 741 | | | | |
| 900 | 13 | 21 | 32 | 55 | 88 | 137 | 192 | 274 | 384 | 521 | 593 | 700 | | | | |
| 950 | 13 | 20 | 31 | 52 | 83 | 130 | 182 | 260 | 364 | 494 | 561 | 663 | | | | |
| 1000 | 12 | 19 | 29 | 49 | 79 | 123 | 173 | 247 | 346 | 469 | 533 | 630 | 731 | | | |
| 1250 | 15 | 23 | 40 | 63 | 99 | 138 | 198 | 277 | 375 | 427 | 504 | 585 | 711 | | | |
| 1500 | 13 | 19 | 33 | 53 | 82 | 115 | 165 | 230 | 313 | 356 | 420 | 487 | 593 | | | |
| 1600 | 12 | 18 | 31 | 49 | 77 | 108 | 154 | 216 | 293 | 333 | 394 | 457 | 556 | 667 | | |
| 2000 | 14 | 25 | 40 | 62 | 86 | 123 | 173 | 235 | 267 | 315 | 365 | 444 | 533 | | | |
| 2500 | 11 | 20 | 32 | 49 | 69 | 99 | 138 | 188 | 213 | 252 | 292 | 356 | 427 | | | |
| 3000 | | 16 | 26 | 41 | 58 | 82 | 115 | 156 | 178 | 210 | 244 | 296 | 356 | | | |
| 3200 | | 15 | 25 | 39 | 54 | 77 | 108 | 147 | 167 | 197 | 228 | 278 | 333 | | | |
| 4000 | | 12 | 20 | 31 | 43 | 62 | 86 | 117 | 133 | 157 | 183 | 222 | 267 | | | |
| 5000 | | 10 | 16 | 25 | 35 | 49 | 69 | 94 | 107 | 126 | 146 | 178 | 213 | | | |
| 6300 | | | 13 | 20 | 27 | 39 | 55 | 74 | 85 | 100 | 116 | 141 | 169 | | | |
| 8000 | | | | 10 | 15 | 22 | 31 | 43 | 59 | 67 | 79 | 91 | 111 | 133 | | |
| 9600 | | | | | 13 | 18 | 26 | 36 | 49 | 56 | 66 | 76 | 93 | 111 | | |
| 10000 | | | | | 12 | 17 | 25 | 35 | 47 | 53 | 63 | 73 | 89 | 107 | | |
| 12000 | | | | | 10 | 14 | 21 | 29 | 39 | 44 | 52 | 61 | 74 | 89 | | |
| 15000 | | | | | | 12 | 16 | 23 | 31 | 36 | 42 | 49 | 59 | 71 | | |
| 20000 | | | | | | | 12 | 17 | 23 | 27 | 31 | 37 | 44 | 53 | | |
| 24000 | | | | | | | | 10 | 14 | 20 | 22 | 26 | 30 | 37 | 44 | |
| 30000 | | | | | | | | | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 40 | 49 | |

1 Ochrona linii zasilających

Współczynnik korekcyjny dla napięć różnych od 400 V: k_v

Należy pomnożyć długość uzyskaną z tabeli przez współczynnik korekcyjny k_v :

| U_r [V] (wartość dla instalacji trójfazowej) | k_v |
|---|-------|
| 230 ^(*) | 0,58 |
| 400 | 1 |
| 440 | 1,1 |
| 500 | 1,25 |
| 690 | 1,73 |

(*) Napięcie 230 V jednofazowe jest równoważne instalacji trójfazowej 400 V z rozprowadzonym przewodem neutralnym oraz przekrojem przewodu fazowego takim samym, co przekrój przewodu neutralnego, a więc wartość współczynnika k_v wynosi 0,58.

Współczynnik korekcyjny dla rozprowadzonego przewodu neutralnego: k_d

Należy pomnożyć długość uzyskaną z tabeli przez współczynnik korekcyjny k_d :

$$k_d = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{S}{S_N}}$$

gdzie

- S jest przekrojem przewodu fazowego [mm²];
- S_N jest przekrojem przewodu neutralnego [mm²].

W szczególności:

$$\text{if } S = S_N \rightarrow k_d \text{ is } 0,58;$$

$$\text{if } S = 2 \cdot S_N \rightarrow k_d \text{ is } 0,39.$$

Współczynnik korekcyjny dla przewodów aluminiowych: k_r

Jeśli przewód jest wykonany z aluminium, należy pomnożyć długość otrzymaną z tabeli powyżej przez współczynnik korekcyjny $k_r = 0,67$.

1 Ochrona linii zasilających

Podsumowując:

Z tabeli, dla danego przekroju i prądu wyzwolenia magnetycznego można odczytać maksymalną długość zabezpieczonego przewodu L_0 . Długość tę należy następnie pomnożyć, w razie konieczności, przez współczynniki korekcyjne, w celu otrzymania wartości odpowiadającej warunkom pracy instalacji:

$$L = L_0 k_v k_d k_r$$

Przykład 1

Przewód neutralny nierozprowadzony

Napięcie znamionowe = 400 V

Zabezpieczenie: XT2N160 TMA In100

Próg wyzwolenia magnetycznego: $I_3 = 1000$ A (maksymalna nastawa)

Przekrój przewodu fazowego = przekrój przewodu neutralnego = 70 mm²

Na podstawie tabeli widać, że dla wartości prądu $I_3 = 1000$ A, przewód o przekroju 70 mm² jest zabezpieczony do długości 346 m.

Przykład 2

Przewód neutralny rozprowadzony

Napięcie znamionowe = 400 V

Zabezpieczenie: XT4N 250 TMA In200

Próg wyzwolenia magnetycznego: $I_3 = 2000$ A (maksymalna nastawa)

Przekrój przewodu fazowego = 300 mm²

Przekrój przewodu neutralnego = 150 mm²

Dla prądu $I_3 = 2000$ A i przekroju $S = 300$ mm², długość zabezpieczonego przewodu wynosi $L_0 = 533$ m.

Stosując współczynnik korekcyjny k_d niezbędny, jeśli przewód neutralny jest rozprowadzony:

$$k_d = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{S}{S_N}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{1 + \frac{300}{150}} = 0,39$$

$$L = L_0 \cdot 0,39 = 533 \cdot 0,39 = 207,9 \text{ m}$$

Jest to maksymalna długość zabezpieczonego przewodu, jeśli przewód neutralny jest rozprowadzony.

1 Ochrona linii zasilających

1.5 Przewód neutralny i ochronny

Przewód neutralny

Przewód neutralny jest to przewód podłączony do punktu neutralnego instalacji (który zazwyczaj, ale niekoniecznie, jest tożsamy z punktem gwiazdowym uzwojenia wtórnego transformatora lub uzwojenia generatora); może brać udział w przesyłaniu energii elektrycznej, udostępniając napięcie różne od napięcia fazowego. W niektórych przypadkach, i w szczególnych warunkach, funkcja przewodu neutralnego i funkcja przewodu ochronnego jest łączona w pojedynczym przewodzie ochronno-neutralnym (PEN).

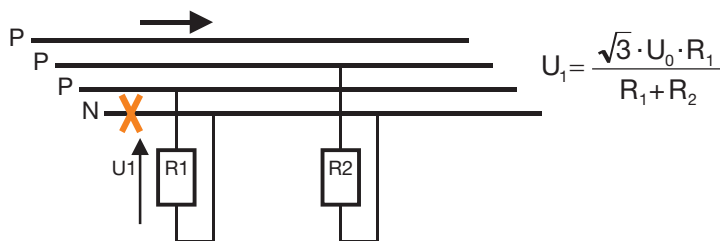
Zabezpieczenie i rozłączenie przewodu neutralnego

Jeśli dojdzie do uszkodzenia, na przewodzie neutralnym może pojawić się napięcie względem ziemi.

Może to być spowodowane przez zwarcie fazy z przewodem neutralnym lub przez odłączenie przewodu neutralnego, w wyniku przypadkowego rozłączenia lub wyzwolenia zabezpieczeń jednobiegunowych (bezpieczników lub wyłączników jednobiegunowych).

Jeśli w obwodzie czteroprzewodowym rozłączony zostanie tylko przewód neutralny, napięcie zasilania obciążeń jednofazowych może ulec zmianie, a obciążenia będą wtedy zasilane napięciem różnym od napięcia U_0 (faza-przewód neutralny) (jak przedstawiono to na rysunku 1).

Należy więc wdrożyć środki zapobiegawcze dla tego typu niesprawności np. zabezpieczając przewód neutralny za pomocą układów jednobiegunowych.



Rysunek 1: Rozłączenie przewodu neutralnego

Ponadto, w układach typu TN-C, napięcie względem ziemi w przewodach neutralnych stanowi zagrożenie dla ludzi. Ponieważ przewód neutralny jest tam także przewodem ochronnym, napięcie dociera również do dostępnych części przewodzących. W przypadku instalacji typu TN-C, norma podaje minimalne przekroje (patrz następny punkt) dla przewodów, w celu uniknięcia ich przypadkowego przerwania i zabrania użytkowania jakichkolwiek urządzeń (jedno lub wielobiegunowych), które mogłyby rozłączyć przewód PEN. Potrzeba zabezpieczenia przewodu neutralnego oraz możliwość rozłączenia obwodu zależą od typu instalacji rozdzielczej.

1SDC010013FD001

1 Ochrona linii zasilających

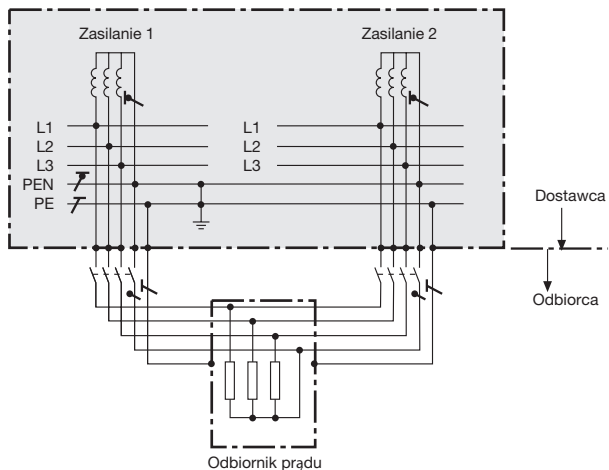
Układ TT lub TN:

- Jeśli przekrój przewodu neutralnego jest taki sam lub większy od przekroju przewodu fazowego, nie ma wtedy potrzeby wykrywania przetężeń na przewodzie neutralnym, ani też potrzeby zastosowania urządzenia rozłączającego (przewód neutralny nie jest zabezpieczony, ani też rozłączany). Takie stwierdzenie ma zastosowanie tylko wtedy, jeśli nie ma wyższych harmonicznych, które mogłyby w dowolnej chwili doprowadzić do wystąpienia na przewodzie neutralnym prądów o wartości skutecznej większej, od maksymalnych natężeń wykrywanych na przewodach fazowych.
- Jeśli przekrój przewodu neutralnego jest mniejszy od przekroju przewodu fazowego, przetężenia w przewodzie neutralnym muszą zostać wykryte, a przewody fazowe muszą zostać rozłączone, ale niekoniecznie przewód neutralny (przewód neutralny zabezpieczony, ale nie rozłączany). W takim przypadku przetężenia w przewodzie neutralnym nie muszą zostać wykrywane, jeśli spełnione są równocześnie następujące warunki:
 1. przewód neutralny jest zabezpieczony przed zwarciem, przez zabezpieczenie przewodów fazowych;
 2. maksymalne natężenie prądu, który może płynąć przez przewód neutralny w trakcie normalnej pracy jest mniejsze, niż obciążalność prądowa przewodu neutralnego.

W instalacjach TN-S, przewód neutralny nie musi być rozłączany, jeśli warunki zasilania są takie, że przewód neutralny może być traktowany jako pewnie posiadający potencjał ziemi.

Jak to już wcześniej stwierdzono, w instalacjach TN-C przewód neutralny jest również przewodem ochronnym i, tym samym, nie może być rozłączany. Co więcej, jeśli przewód neutralny zostanie rozłączony, dostępne części przewodzące urządzeń jednofazowych mogłyby doprowadzić do zwarcia doziemnego napięcia fazowego instalacji. W niektórych szczególnych przypadkach, przewód fazowy musi zostać rozłączony, tak aby zapobiec przepływowi prądów pomiędzy równoległymi źródłami zasilania (patrz rysunki 2 i 3).

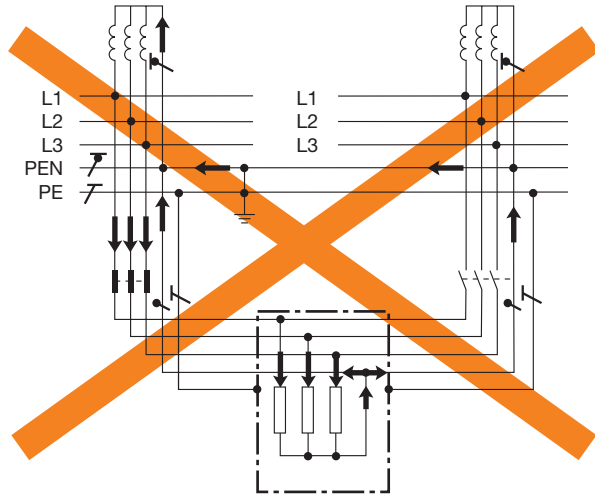
Rysunek 2: Trójfazowe zasilanie prądem przemiennym z wyłącznikiem czterobiegunowym



UWAGA - Ta metoda zapobiega powstawaniu pól elektromagnetycznych wywoływanych przez prądy błądzące w głównym układzie zasilania instalacji. Suma prądów w jednym przewodzie musi pozostać równa zero. Robi się tak w celu zagwarantowania, że prąd neutralny będzie płynął wyłącznie w przewodzie neutralnym właściwego, łączonego obwodu. Trzecia harmoniczna (150 Hz) prądu przewodów linii zostanie dodana do prądu przewodu neutralnego z takim samym kątem przesunięcia fazowego.

1 Ochrona linii zasilających

Rysunek 3: Trójfazowe zasilanie prądem przemiennym z niewłaściwym wyłącznikiem trzybiegunowym



UWAGA – Trójfazowe zasilanie prądem przemiennym, z niewłaściwym wyłącznikiem trzybiegunowym, z niezamierzonymi prądami błądzącymi wirowymi generującymi pole elektromagnetyczne.

1SDC010014F0001

Układ IT:

Norma odradza rozprowadzanie przewodu neutralnego w instalacjach typu IT. Jeśli przewód neutralny zostanie rozprowadzony, przetężenia muszą zostać wykryte w przewodzie neutralnym każdego z obwodów, w celu rozłączenia wszystkich przewodów danego obwodu pod napięciem, w tym także przewodu neutralnego (przewód neutralny zabezpieczony i rozłączany).

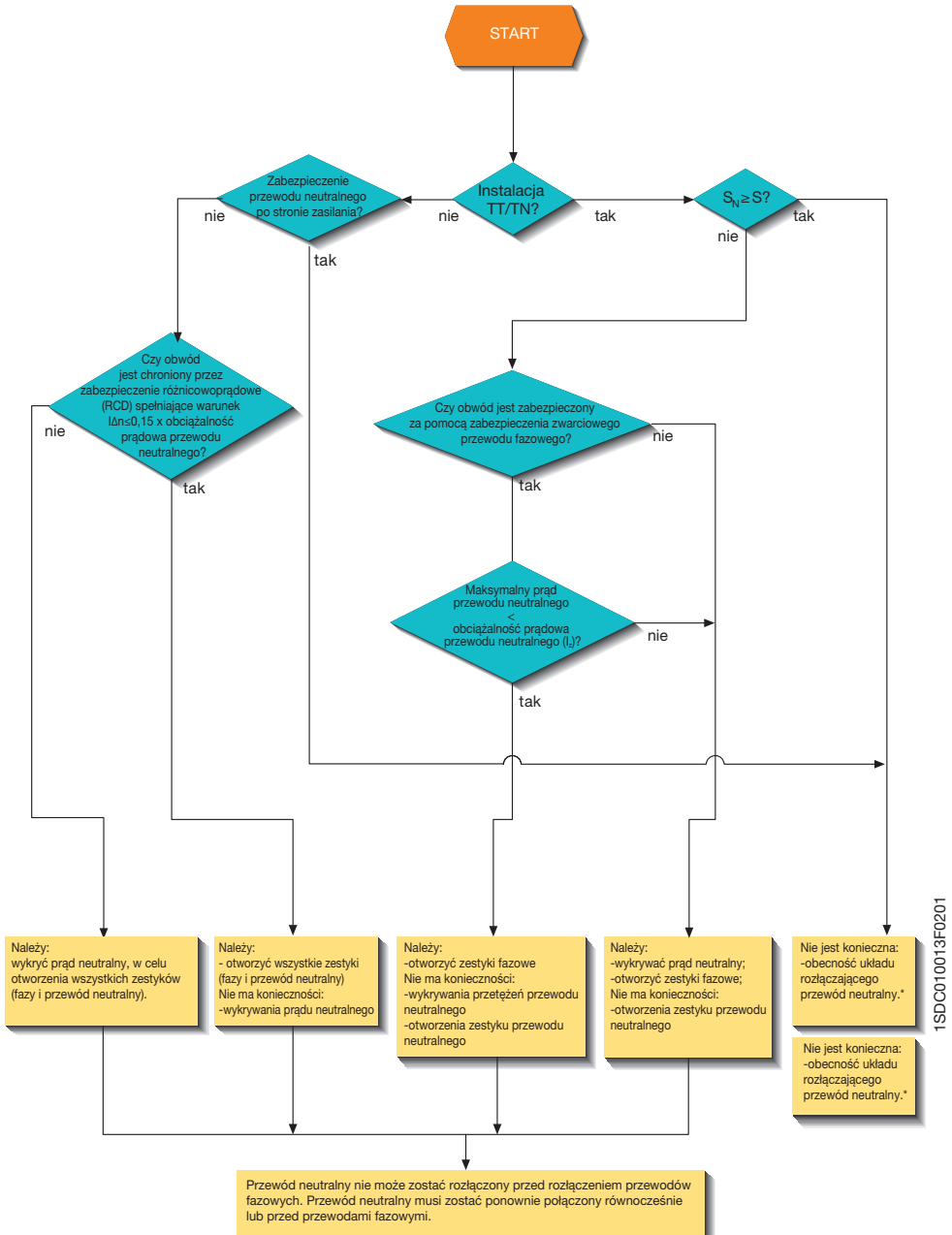
Przetężeń w przewodzie neutralnym nie trzeba wykrywać w żadnym z poniższych przypadków:

- przewód neutralny jest zabezpieczony przed zwarcie przez zabezpieczenie zamontowane po stronie zasilania;
- obwód jest zabezpieczony przez zabezpieczenie różnicowe o progu zadziałania poniżej 0,15x wartość obciążalności prądowej zabezpieczanego przewodu neutralnego. Zabezpieczenie musi rozłączyć wszystkie przewody pod napięciem, w tym i przewód neutralny.

Dla wszystkich instalacji rozdzielczych, jeśli jest to niezbędne, łączenie i rozłączanie przewodu neutralnego musi zagwarantować, że:

- przewód neutralny nie zostanie rozłączony przed przewodem fazowym;
- przewód neutralny zostanie połączony w tej samej chwili, co przewód fazowy.

1 Ochrona linii zasilających



1 Ochrona linii zasilających

Określenie minimalnego przekroju przewodu neutralnego

Przewód neutralny, jeśli występuje, musi mieć taki sam przekrój, co przewód linii:

- w obwodach jednofazowych dwuprzewodowych, niezależnie od przekroju;
- w obwodach wielofazowych i jednofazowych trójprzewodowych, jeśli przekrój przewodów jest mniejszy lub równy 16 mm^2 (przewody miedziane) lub 25 mm^2 (przewody aluminiowe).¹

Przekrój przewodu neutralnego może być mniejszy od przekroju przewodu fazowego, jeśli przekrój przewodu fazowego przekracza 16 mm^2 (przewody miedziane) lub 25 mm^2 (przewody aluminiowe) oraz, jeśli spełnione są obydwa poniższe warunki:

- przekrój przewodu neutralnego wynosi przynajmniej 16 mm^2 (przewody miedziane) lub 25 mm^2 (przewody aluminiowe);
- nie ma dużych zniekształceń harmonicznych prądu obciążenia. Jeśli występują duże zniekształcenia harmoniczne (zawartość harmonicznych przekracza 10%), tak jak ma to miejsce, przykładowo, w instalacjach lamp wyładowczych, to wtedy przekrój przewodu neutralnego nie może być mniejszy, niż przekrój przewodów fazowych.

Tabela 1: Minimalny przekrój przewodu neutralnego

| | Przekrój przewodu fazowego S [mm ²] | Min. przekrój przewodu neutralnego S _N [mm ²] |
|-------------------------------------|---|--|
| Obwody jednofazowe/dwufazowe | | |
| Cu/Al | Każdy | S |
| Obwody trójfazowe | | |
| Cu | S ≤ 16 | S |
| | S > 16 | 16 |
| Obwody trójfazowe | | |
| Al | S ≤ 25 | S |
| | S > 25 | 25 |

¹ W przypadku instalacji typu TN-C, normy zalecają minimalny przekrój wynoszący 10 mm^2 dla przewodów miedzianych i 16 mm^2 dla przewodów aluminiowych.

¹ Przekrój przewodów fazowych należy dobrać zgodnie z instrukcjami zamieszczonymi w punkcie 1.2.1 „Obciążalność prądowa i metody układania”.

1 Ochrona linii zasilających

Przewód ochronny

Określenie minimalnego przekroju

Minimalny przekrój przewodu ochronnego można określić, korzystając z poniższej tabeli:

Tabela 2: Przekrój przewodu ochronnego

| Przekrój przewodu linii S [mm ²] | Minimalny przekrój odpowiadającego mu przewodu ochronnego [mm ²] | |
|--|---|--|
| | Jeśli przewód ochronny jest wykonany z takiego samego materiału, co przewód linii | Jeśli przewód ochronny jest wykonany z innego materiału, niż przewód linii |
| S " 16 | S | $\frac{k_1}{k_2} \cdot S$ |
| 16 < S " 35 | 16* | $\frac{k_1}{k_2} \cdot 16$ |
| S > 35 | $\frac{S^*}{2}$ | $\frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{S}{2}$ |

Gdzie:

k_1 jest wartością współczynnika k dla przewodu linii, wybranym z tabeli 1, punkt 1.4, stosownie do materiału przewodnika i materiału izolacji;

k_2 jest wartością współczynnika k dla przewodu ochronnego.

* Dla przewodu PEN, zmniejszenie przekroju jest dopuszczalne tylko zgodnie z zasadami doboru wielkości przewodu neutralnego.

1SDC010014F0201

W celu dokładniejszego obliczenia oraz określenia, czy przewód ochronny podlega adyabatycznemu nagrzewaniu, od znanej temperatury początkowej do określonej temperatury końcowej (dopuszczalne dla czasów wyłączenia awarii nieprzekraczających 5 s), minimalny przekrój przewodu ochronnego SPE można obliczyć, korzystając z następującego wzoru:

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \quad (1)$$

gdzie:

- S_{PE} jest przekrojem przewodu ochronnego [mm²];
- I jest wartością skuteczną prądu płynącego przez przewód ochronny w przypadku zwarcia niskoimpedancyjnego [A];
- t jest czasem zwłoki zadziałania zabezpieczenia [s];

1 Ochrona linii zasilających

- Współczynnik k jest stałą, która zależy od materiału przewodu ochronnego, rodzaju izolacji oraz od temperatury początkowej i temperatury końcowej. Typowe wartości współczynnika zostały podane w tabelach 3 i 4.

Tabela 3: Wartości współczynnika k dla niezależnych, izolowanych przewodów ochronnych, niepołączonych w wiązkę z innymi przewodami

| Izolacja przewodu | Temperatura °C ^b | | Materiał przewodnika | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| | Początkowa | Końcowa | Miedź | Aluminium | Stal |
| | | | Wartości współczynnika k | | |
| PCV 70°C | 30 | 160/140 ^a | 143/133 ^a | 95/88 ^a | 52/49 ^a |
| PCV 90°C | 30 | 143/133 ^a | 143/133 ^a | 95/88 ^a | 52/49 ^a |
| Termoutwardzalna 90°C | 30 | 250 | 176 | 116 | 64 |
| Guma 60°C | 30 | 200 | 159 | 105 | 58 |
| Guma 85°C | 30 | 220 | 168 | 110 | 60 |
| Guma silikonowa | 30 | 350 | 201 | 133 | 73 |

^a Mniejsza wartość dotyczy przewodów z izolacją PCV o przekroju przekraczającym 300 mm².
^b Granice temperatury dla różnych typów izolacji podano w normie IEC 60724.

Tabela 4: Wartości współczynnika k dla przewodów ochronnych zawartych jako żyła w przewodzie wielożyłowym lub połączonych w wiązkę z innymi przewodami

| Izolacja przewodu | Temperatura °C ^b | | Materiał przewodnika | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| | Początkowa | Końcowa | Miedź | Aluminium | Stal |
| | | | Wartości współczynnika k | | |
| PCV 70°C | 70 | 160/140 ^a | 115/103 ^a | 76/68 ^a | 42/37 ^a |
| PCV 90°C | 90 | 160/140 ^a | 100/86 ^a | 66/57 ^a | 36/31 ^a |
| Termoutwardzalna 90°C | 90 | 250 | 143 | 94 | 52 |
| Guma 60°C | 60 | 200 | 141 | 93 | 51 |
| Guma 85°C | 85 | 220 | 134 | 89 | 48 |
| Guma silikonowa | 180 | 350 | 132 | 87 | 47 |

^a Mniejsza wartość dotyczy przewodów z izolacją PCV o przekroju przekraczającym 300 mm².
^b Granice temperatury dla różnych typów izolacji podano w normie IEC 60724.

1 Ochrona linii zasilających

Dodatkowe wartości współczynnika k zostały zamieszczone w tabelach, w załączniku D, w którym podano wzór do dokładnego obliczania wartości współczynnika k .

Jeśli tabela 2 lub wzór (1) nie podaje jakiegoś standardowego przekroju, należy wybrać najbliższą większą, standardową wartość przekroju przewodu.

Niezależnie od tego, czy korzysta się z tabeli 2, czy też ze wzoru (1), przekrój przewodu ochronnego, który jest częścią przewodu zasilającego, musi wynosić przynajmniej:

- 2,5 mm² Cu/16 mm² Al, jeśli zapewniona jest ochrona mechaniczna;
- 4 mm² Cu/16 mm² Al, jeśli brak jest ochrony mechanicznej;

Dla odbiorników prądu przeznaczonych do trwałego podłączenia oraz dla prądów przewodu ochronnego przekraczających 10 mA należy zastosować wzmocnione przewody o następującej budowie:

- przewód ochronny musi charakteryzować się przekrojem przynajmniej 10 mm² (przewód miedziany) lub 16 mm² (przewód aluminiowy), na całej swojej długości;
- należy ułożyć drugi przewód ochronny o przynajmniej takim samym przekroju, co wymagany do zabezpieczenia przez dotykem pośrednim; przewód taki należy ułożyć do punktu, w którym przewód ochronny ma przekrój nie mniejszy niż 10 mm² (przewód miedziany) lub 16 mm² (przewód aluminiowy). W takim przypadku urządzenie musi posiadać oddzielny zacisk dla drugiego przewodu ochronnego.

Jeśli do ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym wykorzystywane są zabezpieczenia nadprądowe, przewód ochronny musi zostać włączony do tego samego układu okablowania, co przewody pod napięciem lub też musi zostać ułożony bezpośrednio w ich pobliżu.

1 Ochrona linii zasilających

1.6 Systemy przewodów szynowych (BTS)

W instalacjach elektrycznych przeznaczonych dla środowisk przemysłowych, systemy przewodów szynowych (BTS) optymalizują dystrybucję mocy, niezależnie od wprowadzania nieuniknionych zmian (dodawanie, przenoszenie, zamiana obciążeń) oraz ułatwiają prace konserwacyjne i kontrole bezpieczeństwa.

Są one wykorzystywane głównie:

- do zasilania źródeł oświetlenia, w instalacjach bezpieczeństwa i instalacjach rozdzielczych małej mocy;
- w liniach oświetleniowych (średniej mocy);
- do zasilania i dystrybucji zasilania (średniej i dużej mocy);
- do zasilania ruchomych urządzeń (suwnice bramowe).

Systemy przewodów szynowych podlegają następującym normom:

- IEC 61439 – 1 „Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 1: Postanowienia ogólne”
- IEC 60439 – 2 „Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe – Część 2: Rozdzielnice i sterownice do rozdzielenia energii elektrycznej.”

Systemy przewodów szynowych (BTS) składają się z:

- przewodów/szyn zbiorczych;
- sprzęgieł: elektrycznych i mechanicznych, łączących różne elementy;
- odcinków prostych: podstawowych elementów linii służących do transmisji energii od źródła do obciążeń;
- elementów doprowadzających: elastycznych połączeń służących do tworzenia łuków lub do omijania przeszkód, do tworzenia pionowych lub poziomych zagięć, połączeń trójnikowych lub krzyżowych i umożliwiających tworzenie dowolnego typu tras;
- puszek przelotowych: elementów umożliwiających bezpośrednio zasilanie lamp lub pracujących maszyn, ze zintegrowanymi zabezpieczeniami (bezpiecznikami lub wyłącznikami);
- wsporników/akcesoriów: elementów podwieszeń i mocowań systemów przewodów szynowych (BTS) oraz wszelkiego typu wsporników niezbędnych dla specjalnych obciążeń (elementy instalacji oświetleniowej, itd...).

Dobór wielkości systemu przewodów szynowych (BTS)

Aby dobrać odpowiednią wielkość systemu przewodów szynowych (BTS), należy najpierw określić prąd obciążenia:

Zasilanie

- Ogólny rodzaj zasilania:
 - jednofazowe;
 - trójfazowe.
- Typ zasilania systemu przewodów szynowych (BTS):
 - od końca;
 - z obydwu końców;
 - zasilanie centralne.
- Napięcie znamionowe
- Prąd zwarciovowy w miejscu zasilania
- Temperatura otoczenia

Obciążenia

- Liczba, rozmieszczenie, moc, $\cos\phi$ oraz rodzaj obciążeń zasilanych przez ten sam system przewodów szynowych (BTS)

1 Ochrona linii zasilających

Geometria systemu przewodów szynowych (BTS)

- Sposób montażu:
 - płaski;
 - krawędziowy;
 - pionowy.
- Długość.

UWAGA: Systemy przewodów szynowych (BTS) muszą być rozmieszczane w pewnej odległości od ścian i sufitów, tak aby umożliwić kontrole wzrokowe połączeń w trakcie montażu oraz w celu ułatwienia montażu modułów odgałęzień.

Jeśli jest to możliwe, preferowany jest montaż krawędziowy systemów przewodów szynowych (BTS). Celem tego jest poprawienie odporności mechanicznej i ograniczenie zbierania się na ich powierzchni pyłów i zanieczyszczeń, które mogą wpłynąć na poziom wewnętrznej izolacji.

Obliczenia prądu obciążenia instalacji trójfazowej

Prąd obciążenia I_b instalacji trójfazowej jest obliczany w oparciu o następujący wzór:

$$I_b = \frac{P_t \cdot b}{\sqrt{3} \cdot U_r \cdot \cos \varphi_m} \quad [\text{A}] \quad (1)$$

gdzie:

- P_t jest sumą mocy czynnych wszystkich zamontowanych obciążeń [W];
- b jest współczynnikiem zasilania, który wynosi:
 - 1, jeśli system przewodów szynowych (BTS) jest zasilany tylko z jednej strony;
 - 1/2, jeśli system przewodów szynowych (BTS) jest zasilany ze środka lub z obydwu końców równocześnie;
- U_r jest napięciem roboczym [V];
- $\cos \varphi_m$ jest średnim współczynnikiem mocy obciążeń.

Dobór obciążalności prądowej systemu przewodów szynowych BTS

System przewodów szynowych (BTS) należy dobrać w taki sposób, aby jego obciążalność prądowa I_z spełniała następującą zależność:

$$I_b \leq I_{z0} \cdot k_t = I_z \quad (2)$$

gdzie:

- I_{z0} jest natężeniem prądu, jaki system przewodów szynowych (BTS) może przenosić przez czas nieokreślony, w temperaturze odniesienia (40°C);
- I_b jest prądem obciążenia;
- k_t jest współczynnikiem korekcyjnym dla temperatury otoczenia innej, niż wzorcowa. Jego wartości podano w tabeli 1.

Tabela 1: Współczynnik korekcyjny k_t dla temperatur otoczenia różnych od 40°C

| Temperatura otoczenia [°C] | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|----------------------------|-----|------|------|------|------|----|------|------|
| k_t | 1,2 | 1,17 | 1,12 | 1,08 | 1,05 | 1 | 0,95 | 0,85 |

1 Ochrona linii zasilających

Uwaga: W tabelach poniżej zamieszczono typowe parametry dostępnych na rynku systemów przewodów szynowych (BTS)

Tabela 2: Obciążalność prądowa I_{z0} miedzianych systemów przewodów szynowych (BTS)

| Wielkość | Typ ogólny | Liczba przewodów | I_{z0} [A] | r_{ph}^* [mΩ/m] | x_{ph} [mΩ/m] | U_n [V] |
|----------|---------------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------|
| 25 | 25A 4 przewody Cu | 4 | 25 | 6,964 | 1,144 | 400 |
| 25 | 25A 4 przewody Cu | 4 | 25 | 6,876 | 1,400 | 400 |
| 25 | 25A 4+4 przewody Cu | 4+4 | 25 | 6,876 | 1,400 | 400 |
| 40 | 40A 4 przewody Cu | 4 | 40 | 3,556 | 0,792 | 400 |
| 40 | 40A 4 przewody Cu | 4 | 40 | 3,516 | 1,580 | 400 |
| 40 | 40A 4+4 przewody Cu | 4+4 | 40 | 3,516 | 1,580 | 400 |
| 40 | 40A 4 przewody Cu | 4 | 40 | 2,173 | 0,290 | 400 |
| 63 | 63A 4 przewody Cu | 4 | 63 | 1,648 | 0,637 | 400 |
| 100 | 100A 4 przewody Cu | 4 | 100 | 0,790 | 0,366 | 400 |
| 160 | 160A 4 przewody Cu | 4 | 160 | 0,574 | 0,247 | 400 |
| 160 | 160A 4 przewody Cu | 4 | 160 | 0,335 | 0,314 | 500 |
| 160 | 160A 5 przewody Cu | 5 | 160 | 0,335 | 0,314 | 500 |
| 250 | 250A 4 przewody Cu | 4 | 250 | 0,285 | 0,205 | 1000 |
| 250 | 250A 5 przewody Cu | 5 | 250 | 0,285 | 0,205 | 1000 |
| 250 | 250A 4 przewody Cu | 4 | 250 | 0,194 | 0,205 | 500 |
| 250 | 250A 5 przewody Cu | 5 | 250 | 0,194 | 0,205 | 500 |
| 315 | 315A 4 przewody Cu | 4 | 315 | 0,216 | 0,188 | 1000 |
| 315 | 315A 5 przewody Cu | 5 | 315 | 0,216 | 0,188 | 1000 |
| 350 | 350A 4 przewody Cu | 4 | 350 | 0,142 | 0,188 | 500 |
| 350 | 350A 5 przewody Cu | 5 | 350 | 0,142 | 0,188 | 500 |
| 400 | 400A 4 przewody Cu | 4 | 400 | 0,115 | 0,129 | 1000 |
| 400 | 400A 5 przewody Cu | 5 | 400 | 0,115 | 0,129 | 1000 |
| 500 | 500A 4 przewody Cu | 4 | 500 | 0,092 | 0,129 | 500 |
| 500 | 500A 5 przewody Cu | 5 | 500 | 0,092 | 0,129 | 500 |
| 630 | 630A 4 przewody Cu | 4 | 630 | 0,073 | 0,122 | 1000 |
| 630 | 630A 5 przewody Cu | 5 | 630 | 0,073 | 0,122 | 1000 |
| 700 | 700A 4 przewody Cu | 4 | 700 | 0,077 | 0,122 | 500 |
| 700 | 700A 5 przewody Cu | 5 | 700 | 0,077 | 0,122 | 500 |
| 700 | 700A 5 przewody Cu | 5 | 700 | 0,077 | 0,122 | 500 |
| 700 | 700A 4 przewody Cu | 4 | 700 | 0,077 | 0,122 | 500 |

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 2

| Wielkość | Typ ogólny | Liczba przewodów | I_{z0} [A] | r_{ph}^* [mΩ/m] | x_{ph} [mΩ/m] | U_i [V] |
|----------|---------------------|------------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------|
| 800 | 800A 4 przewody Cu | 4 | 800 | 0,047 | 0,122 | 1000 |
| 800 | 800A 5 przewody Cu | 5 | 800 | 0,047 | 0,122 | 1000 |
| 800 | 800A 4 przewody Cu | 4 | 800 | 0,038 | 0,027 | 1000 |
| 800 | 800A 4 przewody Cu | 4 | 800 | 0,072 | 0,122 | 500 |
| 800 | 800A 5 przewody Cu | 5 | 800 | 0,072 | 0,122 | 500 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 4 | 1000 | 0,038 | 0,120 | 1000 |
| 1000 | 1000A 5 przewody Cu | 5 | 1000 | 0,038 | 0,120 | 1000 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 4 | 1000 | 0,037 | 0,026 | 1000 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 4 | 1000 | 0,038 | 0,097 | 1000 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 4 | 1000 | 0,068 | 0,120 | 500 |
| 1000 | 1000A 5 przewody Cu | 5 | 1000 | 0,068 | 0,120 | 500 |
| 1200 | 1200A 4 przewody Cu | 4 | 1200 | 0,035 | 0,021 | 1000 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Cu | 4 | 1250 | 0,034 | 0,023 | 1000 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Cu | 4 | 1250 | 0,035 | 0,076 | 1000 |
| 1500 | 1500A 4 przewody Cu | 4 | 1500 | 0,030 | 0,022 | 1000 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Cu | 4 | 1600 | 0,025 | 0,018 | 1000 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Cu | 4 | 1600 | 0,034 | 0,074 | 1000 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Cu | 4 | 2000 | 0,020 | 0,015 | 1000 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Cu | 4 | 2000 | 0,025 | 0,074 | 1000 |
| 2400 | 2400A 4 przewody Cu | 4 | 2400 | 0,019 | 0,012 | 1000 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Cu | 4 | 2500 | 0,016 | 0,011 | 1000 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Cu | 4 | 2500 | 0,019 | 0,040 | 1000 |
| 3000 | 3000A 4 przewody Cu | 4 | 3000 | 0,014 | 0,011 | 1000 |
| 3000 | 3000A 4 przewody Cu | 4 | 3000 | 0,017 | 0,031 | 1000 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Cu | 4 | 3200 | 0,013 | 0,009 | 1000 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Cu | 4 | 3200 | 0,015 | 0,031 | 1000 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Cu | 4 | 4000 | 0,011 | 0,007 | 1000 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Cu | 4 | 4000 | 0,011 | 0,026 | 1000 |
| 5000 | 5000A 4 przewody Cu | 4 | 5000 | 0,008 | 0,005 | 1000 |
| 5000 | 5000A 4 przewody Cu | 4 | 5000 | 0,008 | 0,023 | 1000 |

* Rezystancja fazowa dla prądu I_{z0}

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 3: Obciążalność prądowa I_{Z0} aluminiowych systemów przewodów szynowych (BTS)

| Wielkość | Typ ogólny | Liczba przewodów | I _{Z0} [A] | r _{ph} * [mΩ/m] | x _{ph} [mΩ/m] | U _r [V] |
|----------|---------------------|------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|--------------------|
| 160 | 160A 4 przewody Al | 4 | 160 | 0,591 | 0,260 | 1000 |
| 160 | 160A 5 przewody Al | 5 | 160 | 0,591 | 0,260 | 1000 |
| 160 | 160A 4 przewody Al | 4 | 160 | 0,431 | 0,260 | 500 |
| 160 | 160A 5 przewody Al | 5 | 160 | 0,431 | 0,260 | 500 |
| 250 | 250A 4 przewody Al | 4 | 250 | 0,394 | 0,202 | 1000 |
| 250 | 250A 5 przewody Al | 5 | 250 | 0,394 | 0,202 | 1000 |
| 250 | 250A 4 przewody Al | 4 | 250 | 0,226 | 0,202 | 500 |
| 250 | 250A 5 przewody Al | 5 | 250 | 0,226 | 0,202 | 500 |
| 315 | 315A 4 przewody Al | 4 | 315 | 0,236 | 0,186 | 1000 |
| 315 | 315A 5 przewody Al | 5 | 315 | 0,236 | 0,186 | 1000 |
| 315 | 315A 4 przewody Al | 4 | 315 | 0,181 | 0,186 | 500 |
| 315 | 315A 5 przewody Al | 5 | 315 | 0,181 | 0,186 | 500 |
| 400 | 400A 4 przewody Al | 4 | 400 | 0,144 | 0,130 | 1000 |
| 400 | 400A 5 przewody Al | 5 | 400 | 0,144 | 0,130 | 1000 |
| 400 | 400A 4 przewody Al | 4 | 400 | 0,125 | 0,130 | 500 |
| 400 | 400A 5 przewody Al | 5 | 400 | 0,125 | 0,130 | 500 |
| 500 | 500A 4 przewody Al | 4 | 500 | 0,102 | 0,127 | 500 |
| 500 | 500A 5 przewody Al | 5 | 500 | 0,102 | 0,127 | 500 |
| 630 | 630A 4 przewody Al | 4 | 630 | 0,072 | 0,097 | 1000 |
| 630 | 630A 5 przewody Al | 5 | 630 | 0,072 | 0,097 | 1000 |
| 630 | 630A 4 przewody Al | 4 | 630 | 0,072 | 0,029 | 1000 |
| 630 | 630A 4 przewody Al | 4 | 630 | 0,073 | 0,097 | 500 |
| 630 | 630A 5 przewody Al | 5 | 630 | 0,073 | 0,097 | 500 |
| 800 | 800A 4 przewody Al | 4 | 800 | 0,062 | 0,096 | 1000 |
| 800 | 800A 5 przewody Al | 5 | 800 | 0,062 | 0,096 | 1000 |
| 800 | 800A 4 przewody Al | 4 | 800 | 0,067 | 0,027 | 1000 |
| 800 | 800A 4 przewody Al | 4 | 800 | 0,071 | 0,096 | 500 |
| 800 | 800A 5 przewody Al | 5 | 800 | 0,071 | 0,096 | 500 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Al | 4 | 1000 | 0,062 | 0,023 | 1000 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Al | 4 | 1000 | 0,068 | 0,087 | 1000 |
| 1200 | 1200A 4 przewody Al | 4 | 1200 | 0,054 | 0,023 | 1000 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Al | 4 | 1250 | 0,044 | 0,021 | 1000 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Al | 4 | 1250 | 0,044 | 0,066 | 1000 |
| 1500 | 1500A 4 przewody Al | 4 | 1500 | 0,041 | 0,023 | 1000 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Al | 4 | 1600 | 0,035 | 0,017 | 1000 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Al | 4 | 1600 | 0,041 | 0,066 | 1000 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Al | 4 | 2000 | 0,029 | 0,016 | 1000 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Al | 4 | 2000 | 0,034 | 0,053 | 1000 |
| 2250 | 2250A 4 przewody Al | 4 | 2250 | 0,032 | 0,049 | 1000 |
| 2400 | 2400A 4 przewody Al | 4 | 2400 | 0,028 | 0,012 | 1000 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Al | 4 | 2500 | 0,022 | 0,011 | 1000 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Al | 4 | 2500 | 0,022 | 0,034 | 1000 |
| 3000 | 3000A 4 przewody Al | 4 | 3000 | 0,020 | 0,011 | 1000 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Al | 4 | 3200 | 0,017 | 0,009 | 1000 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Al | 4 | 3200 | 0,020 | 0,034 | 1000 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Al | 4 | 4000 | 0,014 | 0,008 | 1000 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Al | 4 | 4000 | 0,017 | 0,024 | 1000 |
| 4500 | 4500A 4 przewody Al | 4 | 4500 | 0,014 | 0,024 | 1000 |

* Rezystancja fazowa dla prądu I_{Z0}

1 Ochrona linii zasilających

Zabezpieczenie systemów przewodów szynowych (BTS)

Zabezpieczenie przeciążeniowe

Systemy przewodów szynowych (BTS) są zabezpieczane przed przeciążeniami, wykorzystując te same kryteria, co w przypadku przewodów. Należy sprawdzić, czy spełniona jest następująca zależność:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (3)$$

where:

- I_b jest wartością projektową prądu obwodu;
- I_n jest prądem znamionowym zabezpieczenia; w przypadku zabezpieczeń regulowanych, prąd znamionowy I_n odpowiada nastawie natężenia prądu;
- I_z jest obciążalnością prądową ciągłą systemu przewodów szynowych (BTS);

UWAGA - Nie ma potrzeby sprawdzania zabezpieczenia zwarciovego, jeśli wykorzystywane są wyłączniki miniaturowe do 63 A, przy prawidłowym dobraniu zabezpieczenia przeciążeniowego. W takich przypadkach zabezpieczenie przed zjawiskami termicznymi i elektrodynamicznymi jest na pewno odpowiednie, co wynika z ograniczenia energii i wartości szczytowych, zapewnionego przez te zabezpieczenia.

Ochrona zwarciova

System przewodów szynowych (BTS) musi zostać zabezpieczony przed przeciążeniem termicznym i zjawiskami elektrodynamicznymi spowodowanymi przez prądy zwarciove.

Ochrona przed przeciążeniem termicznym

Musi zostać spełniony następujący warunek:

$$I^2 t_{CB} \leq I^2 t_{BTS} \quad (4)$$

where:

- $I^2 t_{WYL.}$ jest wartością energii przepływającej przez wyłącznik, dla maksymalnego natężenia prądu zwarciovego w punkcie zamontowania. Można tę wartość uzyskać poprzez ekstrapolację charakterystyk zamieszczonych w punkcie 1.4, w części 1 niniejszego dokumentu;
- $I^2 t_{BTS}$ jest energią wytrzymawaną systemu przewodów szynowych (BTS) i jest to wartość podawana normalnie przez producenta (patrz tabele 4 i 5).

Zabezpieczenia przed zjawiskami elektrodynamicznymi

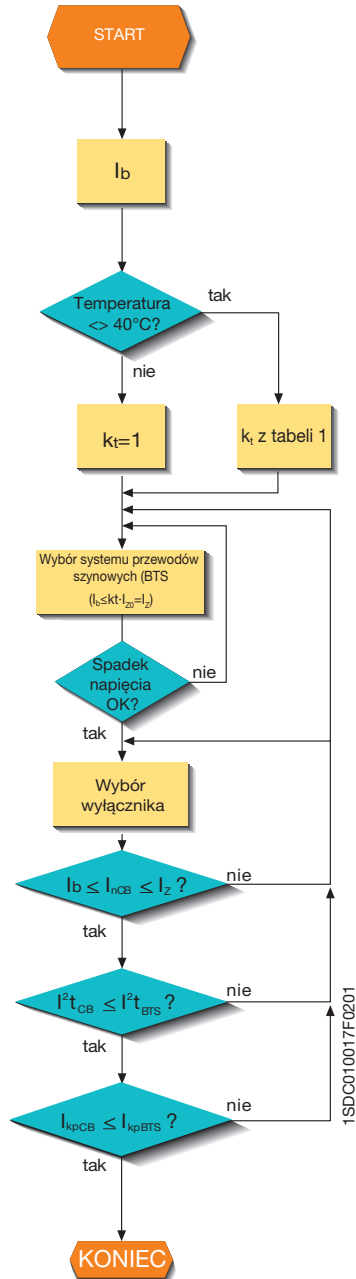
Musi zostać spełniony następujący warunek:

$$I_{kp CB} \leq I_{kp BTS} \quad (5)$$

gdzie:

- $I_{kp WYL.}$ jest wartością szczytową prądu, ograniczoną przez wyłącznik, dla maksymalnego natężenia prądu zwarciovego w punkcie zamontowania. Można uzyskać ją poprzez ekstrapolację na podstawie charakterystyk ograniczeń;
- I_{BTS} jest maksymalną wartością szczytową prądu systemu przewodów szynowych (BTS) (patrz tabele 4 i 5).

1 Ochrona linii zasilających



1 Ochrona linii zasilających

Tabela 4: Wartość energii wytrzymywanej oraz prądu szczytowego miedzianego systemu przewodów szynowych (BTS)

| Wielkość | Typ ogólny | I_{th}^2 [(kA) ² s] | I_N^2 [(kA) ² s] | I_{PE}^2 [(kA) ² s] | I_{peakH} [kA] | I_{peakN} [kA] |
|----------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|---------------------|
| 25 | 25A 4 przewody Cu | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 10 | 10 |
| 25 | 25A 4 przewody Cu | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 10 | 10 |
| 25 | 25A 4+4 przewody Cu | 0,64 | 0,64 | 0,64 | 10 | 10 |
| 40 | 40A 4 przewody Cu | 0,73 | 0,73 | 0,73 | 10 | 10 |
| 40 | 40A 4 przewody Cu | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 |
| 40 | 40A 4+4 przewody Cu | 1 | 1 | 1 | 10 | 10 |
| 40 | 40A 4 przewody Cu | 7,29 | 7,29 | 7,29 | 10 | 10 |
| 63 | 63A 4 przewody Cu | 7,29 | 7,29 | 7,29 | 10 | 10 |
| 100 | 100A 4 przewody Cu | 20,25 | 20,25 | 20,25 | 10 | 10 |
| 160 | 160A 4 przewody Cu | 30,25 | 30,25 | 30,25 | 10 | 10 |
| 160 | 160A 4 przewody Cu | 100 | 60 | 60 | 17 | 10,2 |
| 160 | 160A 5 przewody Cu | 100 | 100 | 100 | 17 | 10,2 |
| 160 | 160A 4 przewody Cu | 100 | 100 | 100 | 17 | 10,2 |
| 250 | 250A 4 przewody Cu | 312,5 | 187,5 | 187,5 | 52,5 | 31,5 |
| 250 | 250A 5 przewody Cu | 312,5 | 312,5 | 312,5 | 52,5 | 31,5 |
| 250 | 250A 4 przewody Cu | 169 | 101,4 | 101,4 | 26 | 15,6 |
| 250 | 250A 5 przewody Cu | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 250 | 250A 4 przewody Cu | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 315 | 315A 4 przewody Cu | 312,5 | 187,5 | 187,5 | 52,5 | 31,5 |
| 315 | 315A 5 przewody Cu | 312,5 | 312,5 | 312,5 | 52,5 | 31,5 |
| 350 | 350A 4 przewody Cu | 169 | 101,4 | 101,4 | 26 | 15,6 |
| 350 | 350A 5 przewody Cu | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 350 | 350A 4 przewody Cu | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 400 | 400A 4 przewody Cu | 900 | 540 | 540 | 63 | 37,8 |
| 400 | 400A 5 przewody Cu | 900 | 900 | 900 | 63 | 37,8 |
| 500 | 500A 4 przewody Cu | 756,25 | 453,75 | 453,75 | 58 | 34,8 |
| 500 | 500A 5 przewody Cu | 756,25 | 756,25 | 756,25 | 58 | 34,8 |
| 500 | 500A 4 przewody Cu | 756,25 | 756,25 | 756,25 | 58 | 34,8 |
| 630 | 630A 4 przewody Cu | 1296 | 777,6 | 777,6 | 75,6 | 45,4 |
| 630 | 630A 5 przewody Cu | 1296 | 1296 | 1296 | 75,6 | 45,4 |
| 700 | 700A 4 przewody Cu | 756,25 | 453,75 | 453,75 | 58 | 34,8 |
| 700 | 700A 5 przewody Cu | 756,25 | 756,25 | 756,25 | 58 | 34,8 |
| 700 | 700A 4 przewody Cu | 756,25 | 756,25 | 756,25 | 58 | 34,8 |

1 Ochrona linii zasilających

| Wielkość | Typ ogólny | I_{oh}^2 [(kA) ² s] | I_N^2 [(kA) ² s] | I_{PE}^2 [(kA) ² s] | I_{peakgh} [kA] | I_{peakN} [kA] |
|----------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 800 | 800A 4 przewody Cu | 1296 | 777,6 | 777,6 | 75,6 | 45,4 |
| 800 | 800A 5 przewody Cu | 1296 | 1296 | 1296 | 75,6 | 45,4 |
| 800 | 800A 4 przewody Cu | 3969 | 3969 | 2381,4 | 139 | 83,4 |
| 800 | 800A 4 przewody Cu | 756,25 | 453,75 | 453,75 | 58 | 34,8 |
| 800 | 800A 5 przewody Cu | 756,25 | 756,25 | 756,25 | 58 | 34,8 |
| 800 | 800A 4 przewody Cu | 756,25 | 756,25 | 756,25 | 58 | 34,8 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 1296 | 777,6 | 777,6 | 75,6 | 45,4 |
| 1000 | 1000A 5 przewody Cu | 1296 | 1296 | 1296 | 75,6 | 45,4 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 3969 | 3969 | 2381,4 | 139 | 83,4 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 1600 | 1600 | 960 | 84 | 50,4 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 1024 | 614,4 | 614,4 | 60 | 36 |
| 1000 | 1000A 5 przewody Cu | 1024 | 1024 | 1024 | 60 | 36 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Cu | 1024 | 1024 | 1024 | 60 | 36 |
| 1200 | 1200A 4 przewody Cu | 7744 | 7744 | 4646,4 | 194 | 116,4 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Cu | 7744 | 7744 | 4646,4 | 194 | 116,4 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Cu | 2500 | 2500 | 1500 | 105 | 63 |
| 1500 | 1500A 4 przewody Cu | 7744 | 7744 | 4646,4 | 194 | 116,4 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Cu | 7744 | 7744 | 4646,4 | 194 | 116,4 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Cu | 2500 | 2500 | 1500 | 105 | 63 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Cu | 7744 | 7744 | 4646,4 | 194 | 116,4 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Cu | 3600 | 3600 | 2160 | 132 | 79,2 |
| 2400 | 2400A 4 przewody Cu | 7744 | 7744 | 4646,4 | 194 | 116,4 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Cu | 7744 | 7744 | 4646,4 | 194 | 116,4 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Cu | 4900 | 4900 | 2940 | 154 | 92,4 |
| 3000 | 3000A 4 przewody Cu | 30976 | 30976 | 18585,6 | 387 | 232,2 |
| 3000 | 3000A 4 przewody Cu | 8100 | 8100 | 4860 | 198 | 118,8 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Cu | 30976 | 30976 | 18585,6 | 387 | 232,2 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Cu | 8100 | 8100 | 4860 | 198 | 118,8 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Cu | 30976 | 30976 | 18585,6 | 387 | 232,2 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Cu | 8100 | 8100 | 4860 | 198 | 118,8 |
| 5000 | 5000A 4 przewody Cu | 30976 | 30976 | 18585,6 | 387 | 232,2 |
| 5000 | 5000A 4 przewody Cu | 10000 | 10000 | 6000 | 220 | 132 |

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 5: Wartość energii wytrzymywanej oraz prądu szczytowego aluminiowego systemu przewodów szynowych (BTS)

| Wielkość | Typ ogólny | I_{ph}^2 [(kA) ² s] | I_N^2 [(kA) ² s] | I_{PE}^2 [(kA) ² s] | I_{peakph} [kA] | I_{peakN} [kA] |
|----------|--------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------|
| 160 | 160A 4 przewody Al | 112,5 | 67,5 | 67,5 | 30 | 18 |
| 160 | 160A 5 przewody Al | 112,5 | 112,5 | 112,5 | 30 | 18 |
| 160 | 160A 4 przewody Al | 100 | 60 | 60 | 17 | 10,2 |
| 160 | 160A 5 przewody Al | 100 | 100 | 100 | 17 | 10,2 |
| 160 | 160A 4 przewody Al | 100 | 100 | 100 | 17 | 10,2 |
| 250 | 250A 4 przewody Al | 312,5 | 187,5 | 187,5 | 52,5 | 31,5 |
| 250 | 250A 5 przewody Al | 312,5 | 312,5 | 312,5 | 52,5 | 31,5 |
| 250 | 250A 4 przewody Al | 169 | 101,4 | 101,4 | 26 | 15,6 |
| 250 | 250A 5 przewody Al | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 250 | 250A 4 przewody Al | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 315 | 315A 4 przewody Al | 625 | 375 | 375 | 52,5 | 31,5 |
| 315 | 315A 5 przewody Al | 625 | 625 | 625 | 52,5 | 31,5 |
| 315 | 315A 4 przewody Al | 169 | 101,4 | 101,4 | 26 | 15,6 |
| 315 | 315A 5 przewody Al | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 315 | 315A 4 przewody Al | 169 | 169 | 169 | 26 | 15,6 |
| 400 | 400A 4 przewody Al | 900 | 540 | 540 | 63 | 37,8 |
| 400 | 400A 5 przewody Al | 900 | 900 | 900 | 63 | 37,8 |
| 400 | 400A 4 przewody Al | 625 | 375 | 375 | 52,5 | 31,5 |
| 400 | 400A 5 przewody Al | 625 | 625 | 625 | 52,5 | 31,5 |
| 400 | 400A 4 przewody Al | 625 | 625 | 625 | 52,5 | 31,5 |
| 500 | 500A 4 przewody Al | 625 | 375 | 375 | 52,5 | 31,5 |
| 500 | 500A 5 przewody Al | 625 | 625 | 625 | 52,5 | 31,5 |
| 500 | 500A 4 przewody Al | 625 | 625 | 625 | 52,5 | 31,5 |
| 630 | 630A 4 przewody Al | 1296 | 777,6 | 777,6 | 75,6 | 45,4 |
| 630 | 630A 5 przewody Al | 1296 | 1296 | 1296 | 75,6 | 45,4 |
| 630 | 630A 4 przewody Al | 1444 | 1444 | 866,4 | 80 | 48 |
| 630 | 630A 4 przewody Al | 1024 | 614,4 | 614,4 | 67,5 | 40,5 |
| 630 | 630A 5 przewody Al | 1024 | 1024 | 1024 | 67,5 | 40,5 |

1 Ochrona linii zasilających

| Wielkość | Typ ogólny | I_{ph}^{2t} [(kA) ² s] | I_N^{2t} [(kA) ² s] | I_{PE}^{2t} [(kA) ² s] | I_{peakph} [kA] | I_{peakN} [kA] |
|----------|---------------------|--|-------------------------------------|--|----------------------|---------------------|
| 630 | 630A 4 przewody Al | 1024 | 1024 | 1024 | 67,5 | 40,5 |
| 800 | 800A 4 przewody Al | 1296 | 777,6 | 777,6 | 75,6 | 45,4 |
| 800 | 800A 5 przewody Al | 1296 | 1296 | 1296 | 75,6 | 45,4 |
| 800 | 800A 4 przewody Al | 1764 | 1764 | 1058,4 | 88 | 52,8 |
| 800 | 800A 4 przewody Al | 1024 | 614,4 | 614,4 | 67,5 | 40,5 |
| 800 | 800A 5 przewody Al | 1024 | 1024 | 1024 | 67,5 | 40,5 |
| 800 | 800A 4 przewody Al | 1024 | 1024 | 1024 | 67,5 | 40,5 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Al | 6400 | 6400 | 3840 | 176 | 105,6 |
| 1000 | 1000A 4 przewody Al | 1600 | 1600 | 960 | 84 | 50,4 |
| 1200 | 1200A 4 przewody Al | 6400 | 6400 | 3840 | 176 | 105,6 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Al | 6400 | 6400 | 3840 | 176 | 105,6 |
| 1250 | 1250A 4 przewody Al | 2500 | 2500 | 1500 | 105 | 63 |
| 1500 | 1500A 4 przewody Al | 6400 | 6400 | 3840 | 176 | 105,6 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Al | 6400 | 6400 | 3840 | 176 | 105,6 |
| 1600 | 1600A 4 przewody Al | 2500 | 2500 | 1500 | 105 | 63 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Al | 6400 | 6400 | 3840 | 176 | 105,6 |
| 2000 | 2000A 4 przewody Al | 3600 | 3600 | 2160 | 132 | 79,2 |
| 2250 | 2250A 4 przewody Al | 4900 | 4900 | 2940 | 154 | 92,4 |
| 2400 | 2400A 4 przewody Al | 25600 | 25600 | 15360 | 352 | 211,2 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Al | 25600 | 25600 | 15360 | 352 | 211,2 |
| 2500 | 2500A 4 przewody Al | 8100 | 8100 | 4860 | 198 | 118,8 |
| 3000 | 3000A 4 przewody Al | 25600 | 25600 | 15360 | 352 | 211,2 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Al | 25600 | 25600 | 15360 | 352 | 211,2 |
| 3200 | 3200A 4 przewody Al | 8100 | 8100 | 4860 | 198 | 118,8 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Al | 25600 | 25600 | 15360 | 352 | 211,2 |
| 4000 | 4000A 4 przewody Al | 8100 | 8100 | 4860 | 198 | 118,8 |
| 4500 | 4500A 4 przewody Al | 10000 | 10000 | 6000 | 220 | 132 |

1 Ochrona linii zasilających

Ochrona wyjściowych linii zasilających

Jeśli wyjściowa linia zasilająca, która zazwyczaj składa się z osłony kablowej, nie jest już zabezpieczona przed zwarciami i przeciążeniami przez układ znajdujący się przed przewodem, należy wtedy przedsięwziąć następujące środki:

- *ochrona zwarciowa:*

Nie ma potrzeby zabezpieczania linii zasilających przed zwarciami, jeśli równocześnie:

- a. długość nie przekracza 3 m;
- b. niebezpieczeństwo zwarcia zostało zminimalizowane;
- c. w pobliżu nie ma żadnych materiałów łatwopalnych.

W przestrzeniach zagrożonych wybuchem i w środowiskach o podwyższonym zagrożeniu pożarowym, zabezpieczenie zwarciowe jest zawsze wymagane;

- *ochrona przeciążeniowa:*

Obciążalność prądowa linii zasilającej jest zazwyczaj mniejsza od obciążalności prądowej systemu przewodów szynowych (BTS). Należy więc również koniecznie zabezpieczyć przed przeciążeniami linię zasilającą.

Zabezpieczenie przeciążeniowe można umieścić wewnątrz puszki przelotowej lub też panelu wejściowego.

W tym drugim przypadku zabezpieczenie przeciążeniowe może być również realizowane przez wyłączniki chroniące pojedynczą linię zasilającą, wychodzącą z panelu, ale tylko jeśli suma ich prądów znamionowych będzie mniejsza lub równa obciążalności prądowej I_z wyjściowej linii zasilającej.

W miejscach o podwyższonym zagrożeniu pożarowym, zabezpieczenie przeciążeniowe musi zostać zamontowane w punkcie wyjściowym, np. w puszcze przelotowej.

Spadek napięcia

Jeśli system przewodów szynowych (BTS) jest szczególnie długi, należy wtedy obliczyć wartość spadku napięcia.

W instalacjach trójfazowych o współczynniku mocy ($\cos\varphi_m$) nie mniejszym niż 0,8, spadek napięcia można obliczyć wykorzystując poniższy, uproszczony wzór:

$$\Delta u = \frac{a \cdot \sqrt{3} \cdot I_b \cdot L \cdot (r_t \cdot \cos\varphi_m + x \cdot \sin\varphi_m)}{1000} \text{ [V]} \quad (6a)$$

W przypadku jednofazowych systemów przewodów szynowych (BTS), wzór ma następującą postać:

$$\Delta u = \frac{a \cdot 2 \cdot I_b \cdot L \cdot (r_t \cdot \cos\varphi_m + x \cdot \sin\varphi_m)}{1000} \text{ [V]} \quad (6b)$$

gdzie:

- a jest współczynnikiem dystrybucji prądu, który zależy od obwodu zasilania oraz od rozmieszczenia obciążeń elektrycznych wzdłuż systemu przewodów szynowych (BTS), jak przedstawiono to w tabeli 6:

1 Ochrona linii zasilających

Tabela 6: Współczynnik dystrybucji prądu

| Rodzaj zasilania | Rozmieszczenie obciążeń | Współczynnik dystrybucji prądu |
|-------------------|---------------------------------------|--------------------------------|
| From one end only | Obciążenia skoncentrowane na końcu | 1 |
| | Obciążenia rozmieszczone równomiernie | 0,5 |
| From both ends | Obciążenia rozmieszczone równomiernie | 0,25 |
| | Obc. skoncentrowane na obydwu końcach | 0,25 |
| Central | Obc. skoncentrowane na obydwu końcach | 0,25 |
| | Obciążenia rozmieszczone równomiernie | 0,125 |

- I_b jest prądem obciążenia [A];
- L jest długością systemu przewodów szynowych (BTS) [m];
- r_t jest rezystancją fazową na jednostkę długości systemu przewodów szynowych (BTS), mierzona w warunkach ustalonych cieplnie [$m\Omega/m$];
- x jest reaktancją fazową na jednostkę długości systemu przewodów szynowych (BTS) [$m\Omega/m$];
- $\cos\varphi_m$ jest średnim współczynnikiem mocy obciążeń.

Procentowy spadek napięcia otrzymuje się ze wzoru:

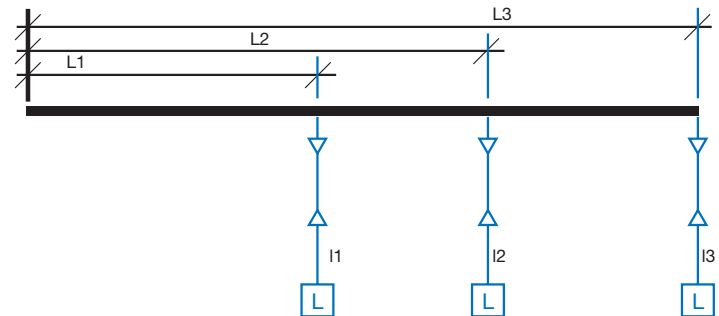
$$\Delta u\% = \frac{\Delta u}{U_r} \cdot 100 \quad (7)$$

gdzie U_r jest napięciem znamionowym.

Aby zmniejszyć spadek napięcia na bardzo długim systemie przewodów szynowych (BTS), zasilanie może zostać doprowadzone w punkcie pośrednim, zamiast na końcu (patrz tabela 6).

Obliczenia spadku napięcia dla nierównomiernie rozmieszczonych obciążeń

Jeśli nie można traktować obciążeń jako równomiernie rozmieszczonych, spadek napięcia można obliczyć dokładniej, wykorzystując przedstawione poniżej wzory.



W instalacji trójfazowej, dla rozmieszczania obciążeń w sposób przedstawiony na rysunku, spadek napięcia można obliczyć wykorzystując przedstawiony poniżej wzór, pod warunkiem, że system przewodów szynowych (BTS) będzie charakteryzował się stałym przekrojem (typowy przypadek):

$$u = \sqrt{3}[r_t(I_1L_1 \cos\varphi_1 + I_2L_2 \cos\varphi_2 + I_3L_3 \cos\varphi_3) + x(I_1L_1 \sin\varphi_1 + I_2L_2 \sin\varphi_2 + I_3L_3 \sin\varphi_3)]$$

1 Ochrona linii zasilających

Ogólnie, wzór przyjmuje następującą postać:

$$u = \frac{\sqrt{3} \cdot r_t \cdot \sum I_i \cdot L_i \cdot \cos \varphi_{mi} + x \cdot \sum I_i \cdot L_i \cdot \sin \varphi_{mi}}{1000} \text{ [V]} \quad (8)$$

gdzie:

- r_t jest rezystancją fazową na jednostkę długości systemu przewodów szynowych (BTS), mierzona w warunkach ustalonych cieplnie [mΩ/m];
- x jest reaktancją fazową na jednostkę długości systemu przewodów szynowych (BTS) [mΩ/m];
- $\cos \varphi_{mi}$ jest średnim współczynnikiem mocy dla i-tego obciążenia;
- I_i jest prądem i-tego obciążenia [A];
- L_i jest odległością i-tego obciążenia od początku systemu przewodów szynowych (BTS) [m].

Straty Joule'a

Straty Joule'a są związane z rezystancją elektryczną systemu przewodów szynowych (BTS).

Tracona energia jest rozpraszana i powoduje nagrzewanie się systemu przewodów szynowych (BTS) oraz otoczenia. Obliczenia strat mocy są potrzebne do prawidłowego doboru wielkości instalacji klimatyzacji w budynku.

Straty trójfazowe wynoszą:

$$P_j = \frac{3 \cdot r_t \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} \text{ [W]} \quad (9a)$$

a dla przypadku jednofazowego wynoszą:

$$P_j = \frac{2 \cdot r_t \cdot I_b^2 \cdot L}{1000} \text{ [W]} \quad (9b)$$

gdzie:

- I_b jest pobieranym prądem [A];
- r_t jest rezystancją fazową na jednostkę długości systemu przewodów szynowych (BTS), mierzona w warunkach ustalonych cieplnie [mΩ/m];
- L jest długością systemu przewodów szynowych (BTS) [m];

W celu przeprowadzenia dokładnych obliczeń, straty należy szacować segmentami, opierając się na przepływającym przez nie prądzie, np. w sytuacji obciążeń rozmieszczonych jak na poprzednim rysunku:

| | Długość | Prąd | Straty |
|---|-------------|-------------------|--|
| 1° segment | L_1 | $I_1 + I_2 + I_3$ | $P_1 = 3r_t L_1 (I_1 + I_2 + I_3)^2$ |
| 2° segment | $L_2 - L_1$ | $I_2 + I_3$ | $P_2 = 3r_t (L_2 - L_1) (I_2 + I_3)^2$ |
| 3° segment | $L_3 - L_2$ | I_3 | $P_3 = 3r_t (L_3 - L_2) I_3^2$ |
| Całkowite straty w systemie przewodów szynowych (BTS) | | | $P_{\text{tot}} = P_1 + P_2 + P_3$ |

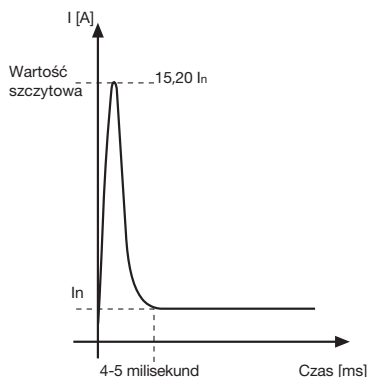
2 Ochrona urządzeń elektrycznych

2.1 Ochrona i łączenie instalacji oświetleniowych

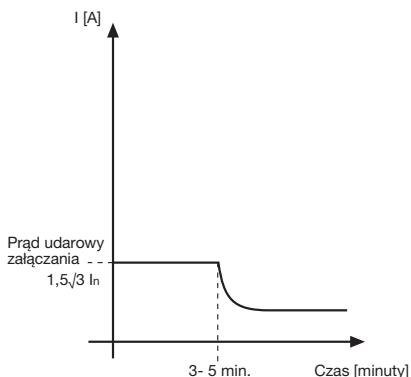
Wprowadzenie

W przypadku zasilania instalacji oświetleniowej, przez krótki czas w sieci płynie prąd początkowy przekraczający wartość znamionową (odpowiadającą mocy lamp). Jego wartość szczytowa może odpowiadać, w przybliżeniu, $15\div 20$ x wartości prądu znamionowego i występuje przez kilka milisekund, w zależności od rodzaju oświetlenia. Może również pojawić się trwający kilka minut prąd udarowy załączania o wartości, w przybliżeniu, $1,5\div 3$ x wartości prądu znamionowego. Prawidłowy dobór wielkości urządzeń łączeniowych i zabezpieczeń musi uwzględniać powyższe problemy.

Przebieg prądu szczytowego



Przebieg prądu udarowego załączania



Najczęściej stosuje się następujące rodzaje lamp:

- żarowe;
- halogenowe;
- fluorescencyjne;
- wyładowcze dużej jasności: rtęciowe, sodowe i metahalogenkowe.

Lampy żarowe

Lampy żarowe są zbudowane z bańki szklanej zawierającej gaz obojętny lub próżnię oraz z wolframowego żarnika. Prąd przepływa przez żarnik i nagrzewa go, aż dojdzie do emisji światła.

Działanie elektryczne tych lamp obejmuje prądy szczytowe o dużej wartości, wynoszącej w przybliżeniu 15 x natężenie prądu znamionowego. Po kilku milisekundach prąd powraca do natężenia znamionowego. Taki prąd szczytowy jest powodowany przez żarnik lampy, który początkowo zimny, charakteryzuje się bardzo małą rezystancją elektryczną. Następnie, w wyniku bardzo szybkiego nagrzania żarnika, jego rezystancja rośnie znacząco, powodując spadek poboru prądu.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Lampy halogenowe

Lampy halogenowe są specjalnego typu lampami żarowymi, w których gaz zawarty w bańce zapobiega osiadaniu na powierzchni bańki odparowanych cząsteczek wolframowego żarnika i wymusza ich osadzanie się z powrotem na żarniku.

Zjawisko to spowalnia niszczenie żarnika, poprawia jakość emitowanego światła i wydłuża czas eksploatacji lampy.

Działanie elektryczne tego typu lamp jest takie samo, co lamp żarowych.

Lampy fluorescencyjne

Lampy fluorescencyjne są tak zwanymi lampami wyładowcowymi. Światło jest generowane przez wyładowanie zachodzące w przezroczystej obudowie (szklanej, kwarcowej, itp., w zależności od typu lampy), która zawiera pary rtęci pod małym ciśnieniem.

Kiedy rozpoczyna się wyładowanie, gaz wewnątrz obudowy emituje energię w paśmie ultrafioletu, która uderza w luminofor. Następnie, materiał ten przekształca promieniowanie ultrafioletowe w promieniowanie w zakresie widzialnego. Barwa emitowanego światła zależy od użytego luminoforu.

Wyładowanie jest inicjowane przez odpowiednią wartość szczytową napięcia, generowaną przez starter. Po włączeniu lampy, gaz stanowi coraz mniejszą rezystancję i konieczna jest stabilizacja natężenia prądu, wykorzystując dławik. Powoduje to obniżenie współczynnika mocy do około $0,4 \div 0,6$. Normalnie dodaje się do układu kondensator, którego zadaniem jest zwiększenie wartości współczynnika mocy powyżej $0,9$.

Istnieją dwa rodzaje sterowników: magnetyczny (konwencjonalny) oraz elektroniczny, który pobiera od 10% do 20% mocy znamionowej lampy. Sterowniki elektroniczne oferują specyficzne zalety, takie jak oszczędności poboru energii, mniej wydzielanego ciepła i zapewniają stabilne, pozbawione migotania oświetlenie. Niektóre typy lamp fluorescencyjnych z dławikami elektronicznymi nie wymagają starterów.

Kompaktowe lampy fluorescencyjne składają się ze zwiniętej rurki oraz z plastikowej podstawy, która zawiera w niektórych przypadkach konwencjonalny lub elektroniczny sterownik.

Wartość prądu udarowego załączania będzie zależała od obecności kondensatora poprawy współczynnika mocy.

- Lampy, które nie zawierają układu poprawy współczynnika mocy charakteryzują się prądami o natężeniu około 2 razy większym od wartości prądu znamionowego oraz czasem załączenia wynoszącym około 10 s.
- W lampach z układem poprawy współczynnika mocy, kondensator umożliwia skrócenie czasu załączenia do kilku sekund, ale lampy te charakteryzują się wartościami szczytowymi prądu, wyznaczonymi przez ładowanie kondensatora, które mogą sięgać 20x wartość prądu znamionowego.

Jeśli lampa jest wyposażona w elektroniczny sterownik, początkowe stany przejściowe mogą prowadzić do prądów szczytowych o wartościach sięgających maksymalnie 10x wartość prądu znamionowego.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Lampy wyładowcze dużej jasności: rtęciowe, sodowe i metahalogenkowe

Zasada działania lamp wyładowczych dużej jasności jest taka sama, co lamp fluorescencyjnych, z tą różnicą, że wyładowanie następuje w gazie znajdującym się pod dużym ciśnieniem. W takim przypadku łuk elektryczny jest w stanie odparować metalowe cząsteczki zawarte w gazie, uwalniając energię w postaci promieniowania w zakresie ultrafioletu i w zakresie widzialnym. Specjalnego typu bańka szklana blokuje promieniowanie ultrafioletowe i przepuszcza jedynie promieniowanie z zakresu widzialnego widma. Istnieją trzy rodzaje lamp wyładowczych o dużej jasności: rtęciowe, sodowe i metahalogenkowe. Charakterystyka barwowa i sprawność lamp zależy od substancji metalicznych zawartych w gazie, które są poddawane wyładowaniom elektrycznym.

Lampy wyładowcze dużej jasności wymagają odpowiednio dobranego sterownika oraz okresu nagrzewania, który może trwać kilka minut, zanim rozpocznie się emisja światła. Chwilowa utrata zasilania wymaga ponownego uruchomienia systemu i ponownego nagrzewania.

Lampy bez układu poprawy współczynnika mocy charakteryzują się prądami udarowymi załączania sięgającymi 2x wartość prądu znamionowego, przez około 5 minut.

Lampy z układem poprawy współczynnika mocy charakteryzują się prądami szczytowymi sięgającymi 20x wartość prądu znamionowego oraz prądami udarowymi załączania sięgającymi 2x wartość prądu znamionowego, przez około 5 minut.

| Typ lampy | Prąd szczytowy | Prąd udarowy załącz. | Czas załączania |
|---------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------|
| Lampy żarowe | 15In | – | – |
| Lampy halogenowe | 15In | – | – |
| Lampy fluorescencyjne | bez poprawy wsp. mocy | – | – |
| | z poprawą wsp. mocy | 20In | 1÷6 s |
| Lampy wyładowcze dużej jasności | bez poprawy wsp. mocy | – | 2÷8 min |
| | z poprawą wsp. mocy | 20In | 2÷8 min |

Zabezpieczenia i układy łączeniowe

Norma IEC 60947-4-1 identyfikuje dwie specjalne kategorie użytkowania dla styczników sterujących pracą lamp:

- AC-5a - sterowanie łączeniem elektrycznych lamp wyładowczych;
- AC-5b - łączenie lamp żarowych.

Dokumentacja dostarczana przez producenta zawiera tabele doboru styczników, w zależności od liczby sterowanych lamp i ich rodzaju.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

W celu dokonania wyboru zabezpieczenia należy sprawdzić następujące kwestie:

- charakterystyka wyzwolenia musi przebiegać ponad charakterystyką załączenia oświetlenia, w celu uniknięcia niezamierzonych wyzwoleń; przybliżony przykład przedstawiono na rysunku 1;
- należy zapewnić koordynację ze stycznikiem w warunkach zwarcia (w instalacjach oświetleniowych nie występują zazwyczaj przeciążenia).

W oparciu o powyższe kryteria, w tabelach poniżej podano maksymalne liczby lamp na fazę, które mogą być sterowane przez kombinację wyłączników i styczników firmy ABB, dla niektórych typów lamp, w funkcji ich mocy i poboru prądu I_b (*), dla instalacji trójfazowych o napięciu znamionowym 400 V i maksymalnym prądzie zwarciovym 15 kA.

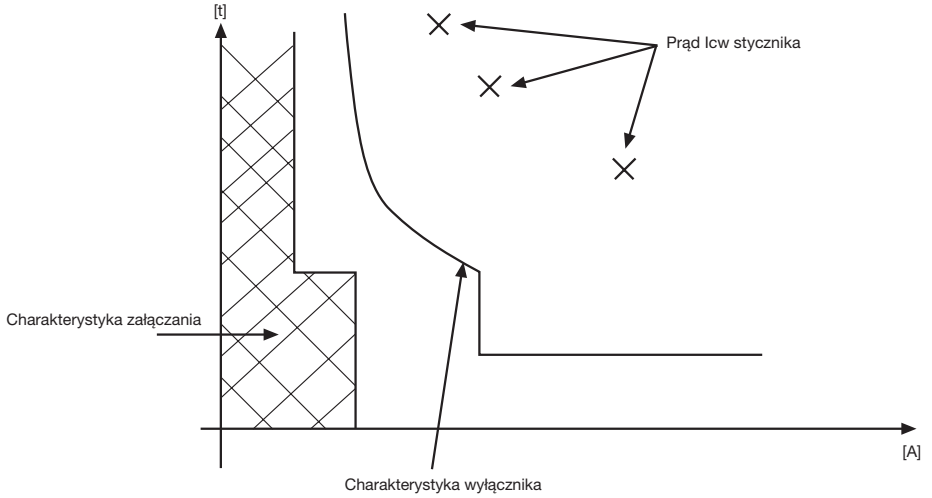
(*) Obliczenia zostały zamieszczone w załączniku B Obliczenia prądu obciążenia I_b

Tabela 1: Lampy żarowe i halogenowe

| U _r =400 V | | I _k =15 kA | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Lampy fluorescencyjne bez poprawy współczynnika mocy | | | | | | |
| Typ wyłącznika | | S200P D20 | S200P D20 | S200P D25 | S200P D32 | S200P D50 |
| Nastawy wyzwalacza Ekip LS/I | | ---- | ---- | ---- | ---- | ---- |
| Typ stycznika | | A26 | A26 | A26 | A26 | A30 |
| Moc znamionowa [W] | Prąd znamionowy I _b [A] | | | | | |
| 60 | 0,27 | 57 | 65 | 70 | 103 | 142 |
| 100 | 0,45 | 34 | 38 | 42 | 62 | 85 |
| 200 | 0,91 | 17 | 19 | 20 | 30 | 42 |
| 300 | 1,37 | 11 | 12 | 13 | 20 | 28 |
| 500 | 2,28 | 6 | 7 | 8 | 12 | 16 |
| 1000 | 4,55 | 3 | 4 | 4 | 6 | 8 |

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Rysunek 1: Przybliżony schemat koordynacji lamp z urządzeniami zabezpieczającymi i łączeniowymi



1SDC010004F0901

| XT2N160 In63 L= 0,68-12s S=8-0,1 | XT2N160 In63 L= 0,96-12s S=10-0,1 | XT2N160 In100 L= 0,68-12s S=8-0,1 | XT2N160 In100 L= 0,76-12s S=8-0,1 | XT2N160 In100 L= 0,96-12s S=10-0,1 | XT2N160 In160 L= 0,72-12s S=7-0,1 |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| A40 | A50 | A63 | A75 | A95 | A110 |
| Liczba lamp na fazę | | | | | |
| 155 | 220 | 246 | 272 | 355 | 390 |
| 93 | 132 | 147 | 163 | 210 | 240 |
| 46 | 65 | 73 | 80 | 105 | 120 |
| 30 | 43 | 48 | 53 | 70 | 80 |
| 18 | 26 | 29 | 32 | 42 | 48 |
| 9 | 13 | 14 | 16 | 21 | 24 |

1SDC010032F0201

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 2: Lampy fluorescencyjne

| $U_r=400\text{ V}$ | | $I_k=15\text{ kA}$ | | | | | |
|---|---------------------------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| Lampy fluorescencyjne bez poprawy współczynnika mocy | | | | | | | |
| Typ wyłącznika | | S200P D16 | S200P D20 | S200P D20 | S200P D32 | S200P D40 | |
| Nastawy wyzwalacza Ekip LS/I | | | | | | | |
| Typ stycznika | | A26 | A26 | A26 | A26 | A30 | |
| Moc znamionowa [W] | Prąd znamionowy I_b [A] | | | | | | |
| 20 | 0,38 | 40 | 44 | 50 | 73 | 100 | |
| 40 | 0,45 | 33 | 37 | 42 | 62 | 84 | |
| 65 | 0,7 | 21 | 24 | 27 | 40 | 54 | |
| 80 | 0,8 | 18 | 21 | 23 | 35 | 47 | |
| 100 | 1,15 | 13 | 14 | 16 | 24 | 33 | |
| 110 | 1,2 | 12 | 14 | 15 | 23 | 31 | |

| $U_r=400\text{ V}$ | | $I_k=15\text{ kA}$ | | | |
|---|---------------------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----|
| Lampy fluorescencyjne z poprawą współczynnika mocy | | | | | |
| Typ wyłącznika | | S200P D25 | S200P D25 | S200P D32 | |
| Nastawy wyzwalacza Ekip LS/I | | --- | --- | --- | |
| Typ stycznika | | A26 | A26 | A26 | |
| Moc znamionowa [W] | Prąd znamionowy I_b [A] | Kondensator [μF] | | | |
| 20 | 0,18 | 5 | 83 | 94 | 105 |
| 40 | 0,26 | 5 | 58 | 65 | 75 |
| 65 | 0,42 | 7 | 35 | 40 | 45 |
| 80 | 0,52 | 7 | 28 | 32 | 36 |
| 100 | 0,65 | 16 | 23 | 26 | 29 |
| 110 | 0,7 | 18 | 21 | 24 | 27 |

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

| S200P D50 | S200P D63 | XT2N160 In100 | XT2N160 In100 | XT2N160 In100 | XT2N160 In160 |
|---------------------|-----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | L=0,68-12s S=10-0,1 | L=0,76-12s S=10-0,1 | L=0,96-12s S=10-0,1 | L=0,68-12s S=10-0,1 |
| A40 | A50 | A63 | A75 | A95 | A110 |
| Liczba lamp na fazę | | | | | |
| 110 | 157 | 173 | 192 | 250 | 278 |
| 93 | 133 | 145 | 162 | 210 | 234 |
| 60 | 85 | 94 | 104 | 135 | 150 |
| 52 | 75 | 82 | 91 | 118 | 132 |
| 36 | 52 | 57 | 63 | 82 | 92 |
| 35 | 50 | 55 | 60 | 79 | 88 |

1SDC010033F0201

| S200P D40 | S200P D63 | XT2N160 In63 | XT2N160 In63 | XT2N160 In100 | XT2N160 In100 | XT2N160 In100 |
|---------------------|-----------|--------------------|------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| --- | -- | L=0,68-12s S=8-0,1 | L=1-12s S=10-0,1 | L=0,68-12s S=10-0,1 | L=0,76-12s S=10-0,1 | L=0,96-12s S=10-0,1 |
| A26 | A30 | A40 | A50 | A63 | A75 | A95 |
| Liczba lamp na fazę | | | | | | |
| 155 | 215 | 233 | 335 | 360 | 400 | 530 |
| 107 | 150 | 160 | 230 | 255 | 280 | 365 |
| 66 | 92 | 100 | 142 | 158 | 173 | 225 |
| 53 | 74 | 80 | 115 | 126 | 140 | 180 |
| 43 | 59 | 64 | 92 | 101 | 112 | 145 |
| 40 | 55 | 59 | 85 | 94 | 104 | 135 |

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 3: Lampy wyładowcze o dużej jasności

| U _n =400 V | | I _k =15 kA | | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|--|
| Lampy fluorescencyjne bez poprawy współczynnika mocy | | | | | | | |
| Typ wyłącznika | | S200P D16 | S200P D20 | S200P D20 | S200P D32 | S200P D40 | |
| Nastawy wyzwalacza Ekip LS/I | | | | | | | |
| Typ stycznika | | A26 | A26 | A26 | A26 | A30 | |
| Moc znamionowa [W] | Prąd znamionowy I _b [A] | | | | | | |
| 150 | 1,8 | 6 | 7 | 8 | 11 | 15 | |
| 250 | 3 | 4 | 4 | 5 | 7 | 9 | |
| 400 | 4,4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 6 | |
| 600 | 6,2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | |
| 1000 | 10,3 | - | 1 | 1 | 2 | 3 | |

| U _n =400 V | | I _k =15 kA | | | | | |
|--|------------------------------------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----|
| Lampy fluorescencyjne z poprawą współczynnika mocy | | | | | | | |
| Typ wyłącznika | | S200P D16 | S200P D20 | S200P D20 | S200P D32 | S200P D40 | |
| Nastawy wyzwalacza Ekip LS/I | | --- | --- | --- | --- | --- | |
| Typ stycznika | | A26 | A26 | A26 | A26 | A30 | |
| Moc znamionowa [W] | Prąd znamionowy I _b [A] | Kondensator [μF] | | | | | |
| 150 | 1 | 20 | 13 | 14 | 15 | 23 | 28 |
| 250 | 1,5 | 36 | 8 | 9 | 10 | 15 | 18 |
| 400 | 2,5 | 48 | 5 | 5 | 6 | 9 | 11 |
| 600 | 3,3 | 65 | 4 | 4 | 5 | 7 | 8 |
| 1000 | 6,2 | 100 | - | - | - | 4 | 4 |

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

| S200P D40 | S200P D50 | S200P D63 | XT2N160 In100 | XT2N160 In100 | XT2N160 In160 |
|---------------------|-----------|-----------|----------------------|------------------|----------------------|
| | | | L=0,8-12s S=6,5-0,1s | L=1-12s S=8-0,1s | L=0,8-12s S=6,5-0,1s |
| A40 | A50 | A63 | A75 | A95 | A110 |
| Liczba lamp na fazę | | | | | |
| 17 | 23 | 26 | 29 | 38 | 41 |
| 10 | 14 | 16 | 17 | 23 | 25 |
| 7 | 9 | 10 | 12 | 15 | 17 |
| 5 | 7 | 8 | 8 | 11 | 12 |
| 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 |

| S200P D40 | XT2N160 In100 | XT2N160 In100 | XT2N160 In100 | XT2N160 In160 | XT2N160 In160 |
|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|------------------------|-----------------------|
| --- | L= 0,8-12s S=6,5-0,1s | L= 0,88-12s S=6,5-0,1s | L= 1-12s S=6,5-0,1s | L= 0,84-12s S=4,5-0,1s | L=0,88-12s S=4,5-0,1s |
| A40 | A50 | A63 | A75 | A95 | A110 |
| Liczba lamp na fazę | | | | | |
| 30 | 50 | 58 | 63 | 81 | 88 |
| 20 | 33 | 38 | 42 | 54 | 59 |
| 12 | 20 | 23 | 25 | 32 | 36 |
| 9 | 15 | 17 | 19 | 24 | 27 |
| 5 | 8 | 9 | 10 | 13 | 14 |

Przykład:

Łączenie i zabezpieczenie instalacji oświetleniowej, zasilanej z sieci trójfazowej 400 V 15 kA, wykonanej z maksymalnie 55 lamp żarowych na fazę, o mocy 200 W każda.

W tabeli 1, w wierszu odpowiadającym mocy 200 W należy wybrać komórkę odpowiadającą liczbie lamp, zaraz powyżej liczby lamp na fazę podaną w przykładzie. W tym konkretnym przypadku, odpowiadającemu komórce dla 65 lamp na fazę, sugerowane są następujące urządzenia:

- Wyłącznik SACE Tmax XT2N160 In63 z wyzwalaczem elektronicznym Ekip LS/I, z zabezpieczeniem L ustawionym na 0,96, t1 na 12 s, a funkcja zabezpieczająca S na 10, t2 na 0,1 s;
- Stycznik A50.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

2.2 Ochrona i łączenie generatorów

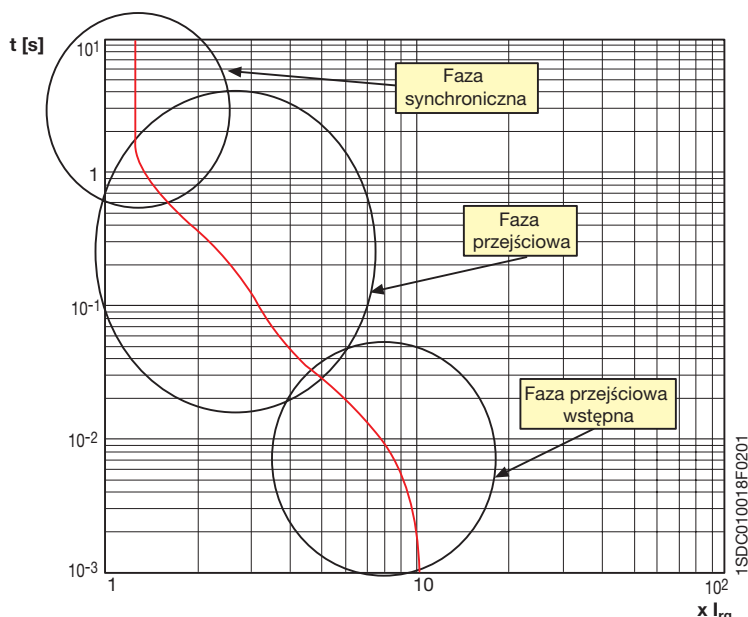
Coraz większa potrzeba zagwarantowania ciągłości działania doprowadziła do rosnącego wykorzystania generatorów zasilania awaryjnego jako alternatywy lub pracujących równoległe z elektroenergetyczną siecią zasilającą.

Typowe konfiguracje obejmują:

- „Zasilanie wyspowe” (praca niezależna) obciążeń priorytetowych, w przypadku braku zasilania z sieci energetycznej;
- Zasilanie instalacji użytkownika równoległe z siecią energetyczną.

W przeciwieństwie do sieci energetycznej, która charakteryzuje się stałą wydajnością, w przypadku zwarcia, prąd doprowadzany z generatora jest funkcją parametrów samej maszyny i maleje wraz z upływem czasu. Można wskazać następujące, kolejne etapy:

1. faza przejściową wstępną: krótkotrwała ($10 \div 50$ ms), charakteryzująca się reaktancją przejściową wstępną X''_d ($5 \div 20\%$ impedancji znamionowej) oraz przejściową wstępną stałą czasową T''_d ($5 \div 30$ ms);
2. faza przejściowa: może trwać do kilku sekund ($0,5 \div 2,5$ s), charakteryzująca się reaktancją przejściową X'_d ($15 \div 40\%$ impedancji znamionowej) oraz przejściową stałą czasową T'_d ($0,03 \div 2,5$ s);
3. faza synchroniczna: może trwać aż do wyzwolenia zewnętrznego zabezpieczenia i charakteryzuje się reaktancją synchroniczną X_d ($80 \div 300\%$ impedancji znamionowej).



2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Jako pierwsze przybliżenie można oszacować, że maksymalna wartość prądu zwarciego generatora, dla mocy znamionowej S_{rg} , dla napięcia znamionowego instalacji U_r , będzie równa:

$$I_{kg} = \frac{I_{rg} \cdot 100}{X_d'' \%}$$

gdzie

I_{rg} jest to prąd znamionowy generatora:

$$I_{rg} = \frac{S_{rg}}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

Wyłącznik zabezpieczający generator należy wybrać w oparciu o następujące kryteria:

- prąd nastawczy większy, niż prąd znamionowy generatora: $I_1 \geq I_{rg}$;
- prąd wyłączalny I_{cu} lub I_{cs} większy, niż maksymalna wartość prądu zwarciego w miejscu zamontowania:
 - w przypadku pojedynczego generatora: $I_{cu}(I_{cs}) \geq I_{kg}$;
 - w przypadku n identycznych generatorów połączonych równolegle: $I_{cu}(I_{cs}) \geq I_{kg} \cdot (n-1)$;
 - w przypadku pracy równoległej z siecią: $I_{cu}(I_{cs}) \geq I_{kNet}$, ponieważ wartość prądu zwarciego pochodzącego z sieci energetycznej jest zazwyczaj większa, niż wartość prądu zwarciego pochodzącego z generatora;
- w przypadku wyłączników z wyzwaczami termomagnetycznymi: niski próg wyzwolenia magnetycznego: $I_3 = 2,5/3 \cdot I_n$;
- w przypadku wyłączników z wyzwaczami elektronicznymi:
 - próg wyzwolenia funkcji zwłocznego zabezpieczenia zwarciego (S), ustawiony w zakresie pomiędzy 1,5- 4x wartość prądu znamionowego generatora, w taki sposób, aby „przechwycić” charakterystykę zwarciegą generatora: $I_2 = (1,5 \div 4) \cdot I_{rg}$; Jeśli brak funkcji zabezpieczającej S, można ustawić funkcję I z następującymi nastawami $I_3 = (1,5 \div 4) \cdot I_{rg}$;
 - próg wyzwolenia funkcji bezzwłocznego zabezpieczenia zwarciego (I_3) ustawiony na wartość większą od prądu znamionowego zwarciego generatora, tak aby zapewnić dyskryminację z urządzeniami zamontowanymi za zabezpieczeniem i umożliwić wyzwolenie w przypadku zwarcia przed urządzeniem (pracującym równoległe z innymi generatorami lub z siecią energetyczną):

$$I_3 \geq I_{kg}$$

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

W tabelach poniżej zamieszczono sugestie firmy ABB SACE, dotyczące zabezpieczenia i łączenia generatorów. Tabele odnoszą się do napięcia 400 V (tabela 1), 440 V (tabela 2), 500 V (tabela 3) i 690 V (tabela 4). Wyłączniki kompaktowe mogą być wyposażane zarówno w wyłączalce termomagnetyczne (TMG), jak i w wyłączalce elektroniczne.

Tabela 1

400 V

| S _g [kVA] | Wyłącznik kompaktowy | Wyłącznik miniaturowy | Wyłącznik powietrzny | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|--|
| 4 | S200 B6 | XT1 160 XT2 160 | | | |
| 6 | S200 B10 | | | | |
| 7 | S200 B13 | | | | |
| 9 | S200 B16 | | | | |
| 11 | S200 B25 | | | | |
| 14 | S200 B32 | | | | |
| 17 | S200 B50 | | | | |
| 19 | S200 B63 | | | | |
| 21 | S280 B80 | | | | |
| 22 | S280 B100 | | | | |
| 28 | | | | XT3 250 XT4 250 | |
| 31 | | | | | |
| 35 | | | | | |
| 38 | | | | | |
| 42 | | | | | |
| 44 | | T4 320 | | | |
| 48 | | T5 400 | | | |
| 55 | | | | | |
| 69 | | | | | |
| 80 | | | | | |
| 87 | | | | | |
| 100 | | | | | |
| 111 | | | | | |
| 138 | | | | | |
| 159 | | | | | |
| 173 | | | | | |
| 180 | | | | | |
| 190 | | | | | |
| 208 | | | | | |
| 218 | | | | | |
| 242 | | | | | |
| 277 | | | | | |
| 308 | | | | | |
| 311 | | | | | |
| 346 | | | | | |
| 381 | | | | | |
| 415 | | | | | |
| 436 | | | | | |
| 484 | | | | | |
| 554 | | | | | |
| 692 | | | | | |
| 727 | | | | | |
| 865 | | | | | |
| 1107 | | | | | |
| 1730 | | | | | |
| 2180 | | | | | |
| 2214 | | | | | |
| 2250 | | | | | |
| 2500 | | | | | |
| 2800 | | | | | |
| 3150 | | | | | |
| 3500 | | | | | |

Tabela 2

440 V

| S _g [kVA] | Wyłącznik kompaktowy | Wyłącznik miniaturowy | Wyłącznik powietrzny | | |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------|--|
| 4 | S200 B6 | XT1 160 XT2 160 | | | |
| 6 | S200 B8 | | | | |
| 7 | S200 B10 | | | | |
| 9 | S200 B13 | | | | |
| 11 | S200 B16 | | | | |
| 14 | S200 B20 | | | | |
| 17 | S200 B25 | | | | |
| 19 | S200 B32 | | | | |
| 21 | S200 B40 | | | | |
| 22 | S200 B50 | | | | |
| 28 | S200 B63 | | | | |
| 31 | S280 B80 | | | | |
| 35 | S280 B100 | | | | |
| 38 | | | | XT3 250 XT4 250 | |
| 42 | | | | | |
| 44 | | | | | |
| 48 | | | | | |
| 55 | | | | | |
| 69 | | | | | |
| 80 | | | | | |
| 87 | | | | | |
| 100 | | | | | |
| 111 | | | | | |
| 138 | | | | | |
| 159 | | | | | |
| 173 | | | | | |
| 180 | | | | | |
| 190 | | | | | |
| 208 | | | | | |
| 218 | | | | | |
| 242 | | | | | |
| 277 | | | | | |
| 308 | | | | | |
| 311 | | | | | |
| 346 | | | | | |
| 381 | | | | | |
| 415 | | | | | |
| 436 | | | | | |
| 484 | | | | | |
| 554 | | | | | |
| 692 | | | | | |
| 727 | | | | | |
| 865 | | | | | |
| 1107 | | | | | |
| 1730 | | | | | |
| 2180 | | | | | |
| 2214 | | | | | |
| 2250 | | | | | |
| 2500 | | | | | |
| 2800 | | | | | |
| 3150 | | | | | |
| 3500 | | | | | |

** Można do tego zastosowania wykorzystać również wyłączniki Emax typu E1.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 3

500 V

| S_{10} [kVA] | Wyłącznik kompaktowy | Wyłącznik miniaturowy | Wyłącznik powietrzny |
|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 4 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 9 | | | |
| 11 | | | |
| 14 | | | |
| 17 | | | |
| 19 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 28 | | | |
| 31 | | | |
| 35 | | | |
| 38 | | | |
| 42 | | XT1 160 XT2 160 | |
| 44 | | | |
| 48 | | | |
| 55 | | | |
| 69 | | | |
| 80 | | | |
| 87 | | | |
| 100 | | | |
| 111 | | | |
| 138 | | | |
| 159 | | | |
| 173 | | XT3 250 XT4 250 | |
| 180 | | | |
| 190 | | | |
| 208 | | | |
| 218 | | T4 320 | |
| 242 | | | |
| 277 | | | |
| 308 | | T5 400 | |
| 311 | | | |
| 346 | | | |
| 381 | | | |
| 415 | | T5 630 | X1 630 |
| 436 | | | |
| 484 | | | |
| 554 | | T6 800 | X1 800** |
| 692 | | | |
| 727 | | T7 1000 | X1 1000** |
| 865 | | | |
| 1107 | | T7 1600 | X1 1600** |
| 1730 | | | E2 2000 |
| 2180 | | | |
| 2214 | | | E3 3200 |
| 2250 | | | |
| 2500 | | | |
| 2800 | | | E4 4000 |
| 3150 | | | |
| 3500 | | | E6 5000 |

Tabela 4

690 V

| S_{10} [kVA] | Wyłącznik kompaktowy | Wyłącznik miniaturowy | Wyłącznik powietrzny |
|----------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| 4 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 9 | | | |
| 11 | | | |
| 14 | | | |
| 17 | | | |
| 19 | | | |
| 21 | | | |
| 22 | | | |
| 28 | | | |
| 31 | | | |
| 35 | | | |
| 38 | | | |
| 42 | | XT1 160 XT2 160 | |
| 44 | | | |
| 48 | | | |
| 55 | | | |
| 69 | | | |
| 80 | | | |
| 87 | | | |
| 100 | | | |
| 111 | | | |
| 138 | | | |
| 159 | | | |
| 173 | | | |
| 180 | | | |
| 190 | | | |
| 208 | | | |
| 218 | | XT3 250 XT4 250 | |
| 242 | | | |
| 277 | | | |
| 308 | | | |
| 311 | | T4 320 | |
| 346 | | | |
| 381 | | | |
| 415 | | T5 400 | |
| 436 | | | |
| 484 | | | |
| 554 | | T5 630 | X1 630 |
| 692 | | | |
| 727 | | | |
| 865 | | T6 800 | X1 800** |
| 1107 | | T7 1000 | X1 1000** |
| 1730 | | T7 1600 | X1 1600** |
| 2180 | | | |
| 2214 | | | E2 2000 |
| 2250 | | | |
| 2500 | | | E3 2500 |
| 2800 | | | |
| 3150 | | | E3 3200 |
| 3500 | | | |

** Można do tego zastosowania wykorzystać również wyłączniki Emax typu E1.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Przykład:

Zabezpieczenie generatora o mocy $S_{rg} = 100 \text{ kVA}$, w instalacji o napięciu znamionowym 440 V .

Parametry generatora są następujące:

$$U_r = 440 \text{ V}$$

$$S_{rg} = 100 \text{ kVA}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$I_{rg} = 131,2 \text{ A}$$

$$X_{d'}^n = 6,5\% \text{ (reaktancja przejściowa wstępna)}$$

$$X_d' = 17,6\% \text{ (reaktancja przejściowa)}$$

$$X_{s2} = 230\% \text{ (reaktancja synchroniczna)}$$

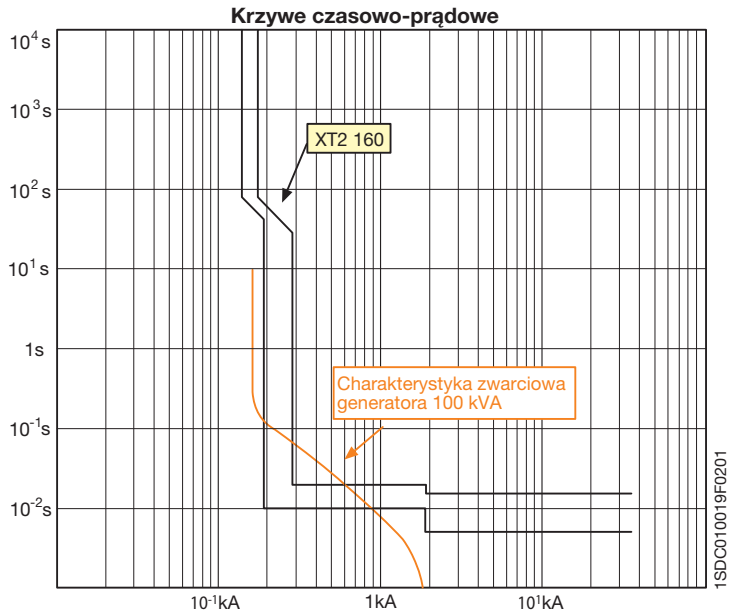
$$T_d'' = 5,5 \text{ ms (stała czasowa przejściowa wstępna)}$$

$$T_d' = 39,3 \text{ ms (stała czasowa przejściowa)}$$

Na podstawie tabeli 2 zostaje wybrany wyłącznik SACE Tmax XT2N160, o prądzie $I_n = 160 \text{ A}$, z wyzwaczem elektronicznym Ekip G LS/I. W celu zapewnienia prawidłowego zabezpieczenia generatora zostają wybrane następujące nastawy:

funkcja L: 0,84 - 3 s, co odpowiada 134,4 A, czyli wartości większej od I_{rg}

funkcja I: 1,5



2 Ochrona urządzeń elektrycznych

2.3 Ochrona i łączenie silników

Elektromechaniczny rozrusznik

Zadaniem rozrusznika jest:

- uruchamianie silników;
 - zapewnienie ciągłości pracy silników;
 - odłączanie silników od zasilania;
 - zapewnienie zabezpieczenia silników przed przeciążeniami w trakcie pracy.
- Rozrusznik składa się zazwyczaj z łącznika (stycznika) i zabezpieczenia przeciążeniowego (wyzwalacza termicznego).

Obydwa te układy muszą być koordynowane z urządzeniami będącymi w stanie zapewnić zabezpieczenie przed zwarciami (jest to zazwyczaj wyłącznik wyposażony jedynie w wyzwalacz magnetyczny), które nie muszą być elementami rozrusznika.

Parametry rozrusznika muszą spełniać wymagania normy międzynarodowej IEC 60947-4-1, która zawiera następujące definicje:

Stycznik: łącznik mechanizmowy przestawiany w inny sposób niż ręcznie, o tylko jednym położeniu spoczynkowym, zdolny do załączania, przewodzenia i wyłączania prądów w normalnych warunkach pracy obwodu, także przy przeciążeniach mogących powstawać w roboczych warunkach pracy.

Wyzwalacz termiczny: przekaźnik przeciążeniowy termiczny lub wyzwalacz działający w przypadku przeciążenia lub w przypadku zaniku fazy.

Wyłącznik: definiowany przez normę IEC 60947-2 jako łącznik mechanizmowy zdolny do załączania, przewodzenia i wyłączania prądów w warunkach normalnej pracy układu oraz zdolny do załączania, przewodzenia przez określony czas i rozłączania prądów w określonych, anormalnych warunkach pracy obwodu.

Główne typy silników, które mogą być sterowane i, które determinują parametry rozrusznika, zostały podzielone na następujące kategorie użytkowania:

Tabela 1: Kategorie użytkowania i typowe zastosowania

| Rodzaj prądu | Kategorie użytkowania | Typowe zastosowania |
|-----------------|-----------------------|---|
| Prąd przemienny | AC-2 | Silniki pierścieniowe: rozruch, wyłączenie |
| | | Silniki klatkowe: rozruch, wyłączenie w trakcie pracy ⁽¹⁾ |
| | AC-3 | Silniki klatkowe: rozruch, hamowanie |
| | AC-4 | przez przełączanie faz, obracanie |

⁽¹⁾ Silniki kategorii AC-3 mogą być wykorzystywane do okazjonalnego przełączania faz lub obracania przez ograniczony okres czasu, np. w trakcie regulacji maszyny. W trakcie takiego ograniczonego okresu czasu liczba wyżej wymienionych czynności nie powinna przekraczać 5 na minutę lub 10 w trakcie 10 minut.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Wybór metody rozruchu oraz w razie konieczności, rodzaju użytego silnika zależy od typowego momentu oporowego obciążenia oraz od mocy zwarciowej sieci zasilającej silnik.

W przypadku instalacji prądu przemiennego, najczęściej stosuje się następującego typu silników:

- Trójfazowe synchroniczne silniki klatkowe (AC-3): najbardziej rozpowszechniony rodzaj, ze względu na prostotę konstrukcji, ekonomikę pracy i wytrzymałość. Tego typu silniki zapewniają duże momenty obrotowe i krótkie czasy przyspieszania, ale wymagają dużych natężeń prądów rozruchowych.
- Silniki pierścieniowe (AC-2): charakteryzujące się mniej wymagającymi warunkami rozruchu, dosyć dużym momentem rozruchowym, nawet w przypadku sieci zasilającej małej mocy.

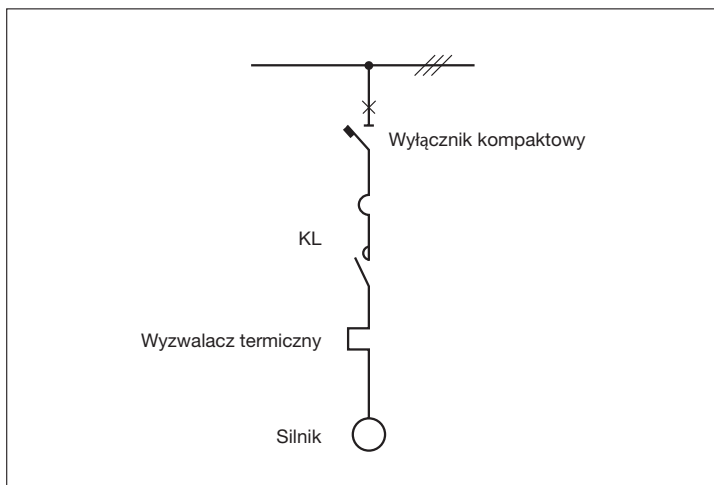
Sposoby rozruchu

Poniżej podano najczęściej spotykane sposoby rozruchu asynchronicznych silników klatkowych:

Rozruch bezpośredni

W przypadku rozruchu bezpośredniego, rozrusznik DOL (Direct On Line), wraz z zamknięciem stycznika linii KL, doprowadza napięcie do zacisków silnika, wszystko to w ramach pojedynczej czynności. W związku z powyższym silnik klatkowy wytwarza duży moment rozruchowy, przy relatywnie skróconym czasie przyspieszania. Powyższy sposób rozruchu jest najczęściej stosowany w silnikach małej i średniej mocy, które osiągają w krótkim czasie pełną prędkość obrotową. Powyższe zalety wiążą się jednak z szeregiem wad, w tym przykładowo:

- z dużym poborem prądu i związanym z nim spadkiem napięcia, który może spowodować uszkodzenia innych systemów podłączonych do sieci;
- gwałtowne przyspieszenie, które ma negatywny wpływ na mechaniczne elementy układu przeniesienia napędu (pasy, łańcuchy i połączenia mechaniczne), skracając ich żywotność.



1SDC010018F0001

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Innym sposobem rozruchu silników klatkowych jest jego wykonanie poprzez obniżenie napięcia zasilania silnika. Prowadzi to do obniżenia wartości prądu rozruchowego i momentu silnika oraz do wydłużenia czasu rozruchu.

Rozrusznik gwiazda-trójkąt

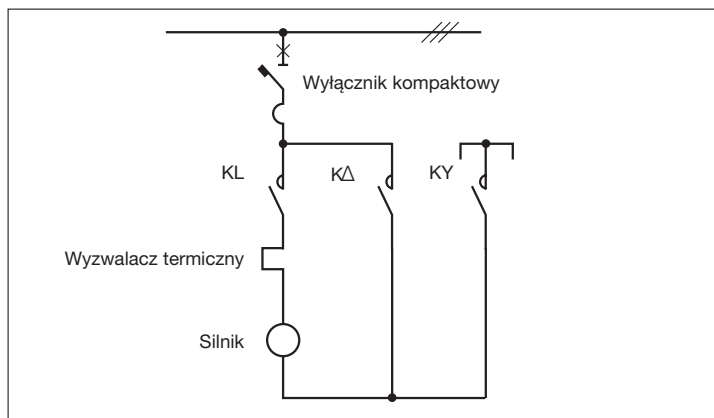
Najczęściej spotykanym typem rozruszników obniżających napięcie są rozruszniki typu gwiazda-trójkąt ($Y-\Delta$), w których:

- w chwili rozruchu, uzwojenia stojana są połączone w układzie gwiazdowym, co pozwala ograniczyć wartość prądu rozruchowego;
- po osiągnięciu prawie normalnej prędkości pracy silnika, następuje przełączenie gwiazda-trójkąt.

Po przełączeniu, wartości prądu i momentu obrotowego rosną zgodnie z charakterystykami dla normalnej pracy silnika, dla połączeń roboczych (trójkąt).

Jak można to łatwo sprawdzić, rozruch silnika, wykorzystując połączenie gwiazdowe, pozwala uzyskać obniżenie napięcia $\sqrt{3}$ razy, a pobór prądu z linii zasilającej zostaje zmniejszony do $1/3$ w porównaniu do poboru w układzie trójkąta. Moment rozruchowy, proporcjonalny do kwadratu wartości napięcia, zostaje zmniejszony trzykrotnie w porównaniu do momentu tego samego silnika zasilanego w układzie trójkąta.

Powyższy sposób rozruchu jest zazwyczaj stosowany dla silników o mocy od 15 do 355 kW, ale jest przeznaczony do rozruchu z małą wartością początkowego momentu oporowego.



Sekwencja rozruchu

Naciśnięcie przycisku uruchomienia powoduje zamknięcie styczników KL i KY. Zegar rozpoczyna pomiar czasu rozruchu dla silnika połączonego w układzie gwiazdowym. Po upływie ustawionego czasu, pierwszy zestyk zegara zostaje otwarty, co powoduje otwarcie stycznika KY, a drugi zestyk zegara zostaje zamknięty z opóźnieniem około 50 ms, co powoduje zamknięcie stycznika K Δ . W tej nowej konfiguracji, z zamkniętymi stycznikami KL i K Δ , silnik jest podłączony w układzie trójkąta.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Wyzwalacz termiczny TOR, zamontowany w obwodzie typu trójkąt, może wykrywać prądy trzeciej harmonicznej, które mogą pojawić się w wyniku nasycenia rdzenia magnetycznego i, dodając się do prądu harmonicznej podstawowej, przeciążyć silnik bez udziału linii zasilającej.

Opierając się na schemacie odniesienia, urządzenia wykorzystywane w rozruszniku gwiazda-trójkąt muszą być w stanie przewodzić następujące prądy:

$$\frac{I_r}{\sqrt{3}} \quad \text{stycznik linii KL i stycznik układu trójkąta KY}$$

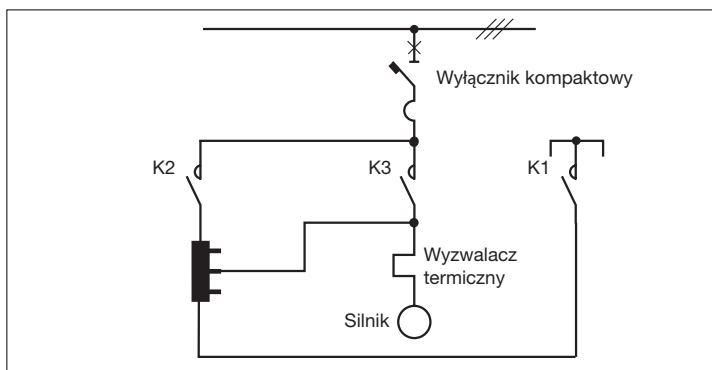
$$\frac{I_r}{3} \quad \text{stycznik układu gwiazdy KY}$$

$$\frac{I_r}{\sqrt{3}} \quad \text{wyzwalacz zabezpieczenia przeciążeniowego}$$

gdzie I_r jest prądem znamionowym silnika.

Rozruch z wykorzystaniem autotransformatora

Rozruch z wykorzystaniem autotransformatora jest najbardziej funkcjonalnym sposobem wykorzystywanym do obniżenia napięcia rozruchowego, ale i najdroższym. Obniżenie napięcia zasilania uzyskuje się stosując autotransformator ze stałym odczepem lub wykorzystując droższy autotransformator wieloodczepowy.



1SDC010020F0001

Można spotkać się z rozwiązaniami tego typu z silnikami klatkowymi o mocach od 50 kW do kilkuset kW lub w układach z silnikami dwuklatkowymi o większej mocy.

Autotransformator obniża napięcie sieciowe o współczynnik K ($K=1,25 \div 1,8$) i, w rezultacie, obniża moment rozruchowy K_r razy w porównaniu do sytuacji, w której wykorzystano by pełną wartość napięcia znamionowego.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

W trakcie rozruchu silnik jest podłączony do odczepów autotransformatora, a styczniki K_2 i K_1 są zamknięte.

W związku z tym, rozruch silnika jest realizowany z obniżonym napięciem, a po osiągnięciu około 80% jego normalnej prędkości, stycznik K_1 zostaje otwarty, a główny stycznik K_3 zostaje zamknięty. Następnie zostaje otwarty stycznik K_2 , odłączając autotransformator i zapewniając zasilanie pełnym napięciem sieciowym.

Rozruch z dławikami indukcyjnymi lub rezystorami

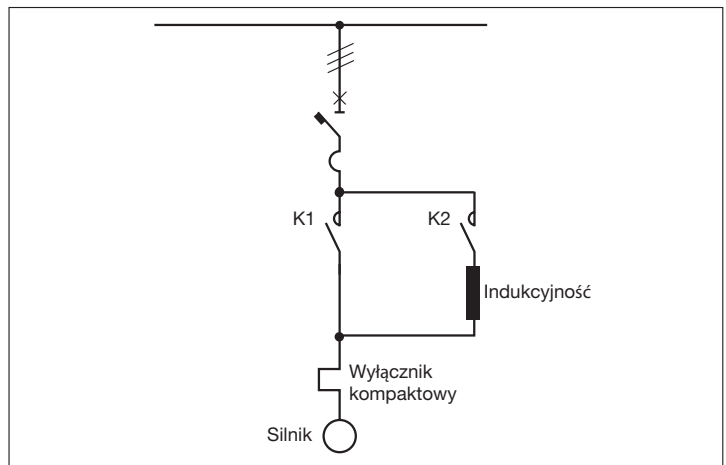
Ten sposób rozruchu jest stosowany w przypadku silników klatkowych z pojedynczą klatką lub silników dwuklatkowych. Obniżenie napięcia zasilania uzyskuje się poprzez zamontowanie szeregowo ze stojanem dławików indukcyjnych lub rezystorów. W trakcie rozruchu, wartość prądu zostaje ograniczona do $2,5 \div 3,5$ wartości znamionowej.

W trakcie rozruchu silnik jest zasilany poprzez stycznik K_2 . Po osiągnięciu normalnej prędkości, dławiki zostają zwarte poprzez zamknięcie stycznika K_1 , a następnie zostają odłączone poprzez otwarcie stycznika K_2 .

Istnieje możliwość stopniowego odłączania rezystorów lub dławików, stosując polecenia zwłoczne, nawet w przypadku silników o mocy przekraczającej 100 kW.

Zastosowanie dławików indukcyjnych znacząco zmniejsza współczynnik mocy, podczas gdy zastosowanie rezystorów powoduje wydzielanie się dużej mocy (zjawisko Joule'a), nawet jeśli jest ono ograniczone tylko do fazy rozruchu.

Dla współczynnika obniżenia K ($0,6 \div 0,8$) napięcia silnika, jego moment zostaje zmniejszony K_2 razy ($0,36 \div 0,64$).



Zgodnie z podaną powyżej normą, rozruszniki mogą być klasyfikowane w zależności od czasu wyzwolenia (klasy zadziałania) oraz w zależności od typu koordynacji uzyskanej z układem zabezpieczenia zwarciovego (typ 1 i typ 2).

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Klasa zadziałania

Klasy zadziałania rozróżniają wyzwalacze termiczne w funkcji ich charakterystyk wyzwolenia.

Klasy zadziałania zostały przedstawione w tabeli 2 poniżej:

Tabela 2: Klasa zadziałania

| Klasa zadziałania | Zwłoka wyzwolenia w sekundach |
|-------------------|-------------------------------|
| 10A | $2 < T_p \leq 10$ |
| 10 | $4 < T_p \leq 10$ |
| 20 | $6 < T_p \leq 20$ |
| 30 | $9 < T_p \leq 30$ |

gdzie T_p jest zwłoką wyzwolenia na zimno wyzwalacza termicznego, dla natężenia prądu odpowiadającego $7,2x$ wartość prądu nastawczego (przykładowo: wyzwalacz klasy 10, dla $7,2x$ wartość prąd nastawczego nie może ulec wyzwoleniu w ciągu 4 s, ale musi ulec wyzwoleniu w ciągu 10 s).

Normalną procedurą jest łączenie klasy 10 z normalnym rozruchem i klasy 30 z rozruchem o dużej mocy.

Rodzaj koordynacji

Typ 1

Dopuszcza się, aby w przypadku zwarcia stycznik i wyzwalacz termiczny uległy uszkodzeniu. Rozrusznik może nie być, mimo wszystko, w stanie pracować i będzie musiał zostać skontrolowany. W razie konieczności, stycznik i/lub wyzwalacz termiczny będą musiały zostać wymienione, a wyzwalacz wyłącznika zresetowany.

Typ 2

W przypadku zwarcia, wyzwalacz termiczny nie może ulec uszkodzeniu, podczas gdy dopuszczalne jest zespawanie zestyków stycznika, ponieważ można je łatwo rozdzielić (na przykład za pomocą wkrętaka), bez znaczącego ich zniekształcenia.

W celu jasnego określenia typu koordynacji i, tym samym, wyposażenia niezbędnego do jej osiągnięcia, należy posiadać następujące informacje:

- moc silnika w kW i jego typ;
- napięcie znamionowe silnika;
- prąd znamionowy silnika;
- prąd zwarciovowy w miejscu montażu;
- sposób rozruchu: rozruch bezpośredni (DOL) lub Y/ Δ - normalny lub o dużej mocy - typu 1 lub typu 2.

Niezbędne urządzenia muszą zostać skoordynowane ze sobą, zgodnie z zaleceniami normy.

Dla typowych napięć i wartości prądów zwarciovowych (400 V - 440 V - 500 V - 690 V 35 kA - 50 kA) oraz dla najczęściej stosowanych sposobów rozruchu, takich jak rozruch bezpośredni i rozruch gwiazda-trójkąt, dla asynchronicznych silników klatkowych (AC-3) firma ABB oferuje następujące rozwiązania:

- wyłącznik magnetyczny - stycznik - wyzwalacz termiczny;
- wyłącznik termomagnetyczny - stycznik;
- wyłącznik z wyzwalaczem elektronicznym Ekyp M LIU-LRIU lub PR222MP - stycznik.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Poniżej przedstawiono przykład typu dostępnych tabel:

Tabela 3: 400 V, 35 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,5 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,9 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,7 | XT2N160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU4 | 2,8 | 4 |
| 1,5 | 3,6 | XT2N160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU5 | 3,5 | 5 |
| 2,2 | 4,9 | XT2N160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| 3 | 6,5 | XT2N160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU8.5 | 6 | 8,5 |
| 4 | 8,5 | XT2N160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 11,5 | XT2N160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU14 | 10 | 14 |
| 7,5 | 15,5 | XT2N160 MA 20 | 210 | A30 | TA25DU19 | 13 | 19 |
| 11 | 22 | XT2N160 MA 32 | 288 | A30 | TA42DU25 | 18 | 25 |
| 15 | 29 | XT2N160 MA 52 | 392 | A50 | TA75DU42 | 29 | 42 |
| 18,5 | 35 | XT2N160 MA 52 | 469 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 22 | 41 | XT2N160 MA 52 | 547 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 30 | 55 | XT2N160 MA 80 | 840 | A63 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 37 | 66 | XT2N160 MA 80 | 960 | A75 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 45 | 80 | XT2N160 MA 100 | 1200 | A95 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 55 | 97 | XT3N250 MA 160 | 1440 | A110 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 75 | 132 | XT3N250 MA 200 | 1800 | A145 | TA200DU175 | 130 | 175 |
| 90 | 160 | XT3N250 MA 200 | 2400 | A185 | TA200DU200 | 150 | 200 |
| 110 | 195 | T4N320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5N400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5N400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5N630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6N630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6N800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6N800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6N800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 4: 400 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny, typ 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,5 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,9 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,7 | XT2S160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU4 | 2,8 | 4 |
| 1,5 | 3,6 | XT2S160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU5 | 3,5 | 5 |
| 2,2 | 4,9 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| 3 | 6,5 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU8.5 | 6 | 8,5 |
| 4 | 8,5 | XT2S160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 11,5 | XT2S160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU14 | 10 | 14 |
| 7,5 | 15,5 | XT2S160 MA 20 | 210 | A30 | TA25DU19 | 13 | 19 |
| 11 | 22 | XT2S160 MA 32 | 288 | A30 | TA42DU25 | 18 | 25 |
| 15 | 29 | XT2S160 MA 52 | 392 | A50 | TA75DU42 | 29 | 42 |
| 18,5 | 35 | XT2S160 MA 52 | 469 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 22 | 41 | XT2S160 MA 52 | 547 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 30 | 55 | XT2S160 MA 80 | 840 | A63 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 37 | 66 | XT2S160 MA 80 | 960 | A75 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 45 | 80 | XT2S160 MA 100 | 1200 | A95 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 55 | 97 | XT3S250 MA 160 | 1440 | A110 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 75 | 132 | XT3S250 MA 200 | 1800 | A145 | TA200DU175 | 130 | 175 |
| 90 | 160 | XT3S250 MA 200 | 2400 | A185 | TA200DU200 | 150 | 200 |
| 110 | 195 | T4S320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5S400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5S400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5S630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6S630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6S800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6S800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6S800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 5: 400 V, 70 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,5 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,9 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,7 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 | 2,8 | 4 |
| 1,5 | 3,6 | XT2H160 MF 4 | 56 | A26 | TA25DU5 | 3,5 | 5 |
| 2,2 | 4,9 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| 3 | 6,5 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU8.5 | 6 | 8,5 |
| 4 | 8,5 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 11,5 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A50 | TA25DU14 | 10 | 14 |
| 7,5 | 15,5 | XT2H160 MA 20 | 210 | A50 | TA25DU19 | 13 | 19 |
| 11 | 22 | XT2H160 MA 32 | 288 | A50 | TA42DU25 | 18 | 25 |
| 15 | 29 | XT2H160 MA 52 | 392 | A50 | TA75DU42 | 29 | 42 |
| 18,5 | 35 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 22 | 41 | XT2H160 MA 52 | 547 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 30 | 55 | XT2H160 MA 80 | 840 | A63 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 37 | 66 | XT2H160 MA 80 | 960 | A75 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 45 | 80 | XT2H160 MA 100 | 1200 | A95 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 55 | 97 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1360 | A110 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 75 | 132 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1875 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 160 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2500 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 195 | T4H320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5H400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5H400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5H630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6H800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 6: 400 V, 80 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2L160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,5 | XT2L160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,9 | XT2L160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,7 | XT2L160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 | 2,8 | 4 |
| 1,5 | 3,6 | XT2L160 MF 4 | 56 | A26 | TA25DU5 | 3,5 | 5 |
| 2,2 | 4,9 | XT2L160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| 3 | 6,5 | XT2L160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU8.5 | 6 | 8,5 |
| 4 | 8,5 | XT2L160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 11,5 | XT2L160 MF 12.5 | 175 | A50 | TA25DU14 | 10 | 14 |
| 7,5 | 15,5 | XT2L160 MA 20 | 210 | A50 | TA25DU19 | 13 | 19 |
| 11 | 22 | XT2L160 MA 32 | 288 | A50 | TA42DU25 | 18 | 25 |
| 15 | 29 | XT2L160 MA 52 | 392 | A50 | TA75DU42 | 29 | 42 |
| 18,5 | 35 | XT2L160 MA 52 | 469 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 22 | 41 | XT2L160 MA 52 | 547 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 30 | 55 | XT2L160 MA 80 | 840 | A63 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 37 | 66 | XT2L160 MA 80 | 960 | A75 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 45 | 80 | XT2L160 MA 100 | 1200 | A95 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 55 | 97 | XT4L250 Ekip-I In160 | 1360 | A110 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 75 | 132 | XT4L250 Ekip-I In250 | 1875 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 160 | XT4L250 Ekip-I In250 | 2500 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 195 | T4L320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5L400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5L400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5L630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6L630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6L800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6L800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6L800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 7: 400 V, 35 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,55 | 1,5 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,75 | 1,9 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,1 | 2,7 | XT2N160 MF 4 | 56 | A9 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 1,5 | 3,6 | XT2N160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 2,2 | 4,9 | XT2N160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 3 | 6,5 | XT2N160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 4 | 8,5 | XT2N160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 5,5 | 11,5 | XT2N160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 7,5 | 15,5 | XT2N160 MA 20 | 210 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 11 | 22 | XT2N160 MA 32 | 288 | A30 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 15 | 29 | XT2N160 MA 52 | 392 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 18,5 | 35 | XT2N160 MA 52 | 469 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 22 | 41 | XT2N160 MA 52 | 547 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 30 | 55 | XT2N160 MA 80 | 840 | A63 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 37 | 66 | XT2N160 MA 80 | 960 | A75 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 45 | 80 | XT2N160 MA 100 | 1200 | A95 | E140DU140 | 50 | 140 |
| 55 | 97 | XT3N250 MA 160 | 1440 | A110 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 75 | 132 | XT3N250 MA 200 | 1800 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 160 | XT3N250 MA 200 | 2400 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 195 | T4N320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5N400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5N400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5N630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6N630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6N800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6N800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6N800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 8: 400 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,55 | 1,5 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,75 | 1,9 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,1 | 2,7 | XT2S160 MF 4 | 56 | A9 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 1,5 | 3,6 | XT2S160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 2,2 | 4,9 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 3 | 6,5 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 4 | 8,5 | XT2S160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 5,5 | 11,5 | XT2S160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 7,5 | 15,5 | XT2S160 MA 20 | 210 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 11 | 22 | XT2S160 MA 32 | 288 | A30 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 15 | 29 | XT2S160 MA 52 | 392 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 18,5 | 35 | XT2S160 MA 52 | 469 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 22 | 41 | XT2S160 MA 52 | 547 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 30 | 55 | XT2S160 MA 80 | 840 | A63 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 37 | 66 | XT2S160 MA 80 | 960 | A75 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 45 | 80 | XT2S160 MA 100 | 1200 | A95 | E140DU140 | 50 | 140 |
| 55 | 97 | XT3S250 MA 160 | 1440 | A110 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 75 | 132 | XT3S250 MA 200 | 1800 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 160 | XT3S250 MA 200 | 2400 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 195 | T4S320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5S400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5S400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5S630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6S630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6S800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6S800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6S800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 9: 400 V, 70 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,55 | 1,5 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,75 | 1,9 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,1 | 2,7 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 1,5 | 3,6 | XT2H160 MF 4 | 56 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 2,2 | 4,9 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 3 | 6,5 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 4 | 8,5 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 5,5 | 11,5 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A50 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 7,5 | 15,5 | XT2H160 MA 20 | 210 | A50 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 11 | 22 | XT2H160 MA 32 | 288 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 15 | 29 | XT2H160 MA 52 | 392 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 18,5 | 35 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 22 | 41 | XT2H160 MA 52 | 547 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 30 | 55 | XT2H160 MA 80 | 840 | A63 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 37 | 66 | XT2H160 MA 80 | 960 | A75 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 45 | 80 | XT2H160 MA 100 | 1200 | A95 | E140DU140 | 50 | 140 |
| 55 | 97 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1360 | A110 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 75 | 132 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1875 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 160 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2500 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 195 | T4H320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5H400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5H400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5H630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6H800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 10: 400 V, 80 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2L160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,55 | 1,5 | XT2L160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,75 | 1,9 | XT2L160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,1 | 2,7 | XT2L160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 1,5 | 3,6 | XT2L160 MF 4 | 56 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 2,2 | 4,9 | XT2L160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 3 | 6,5 | XT2L160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 4 | 8,5 | XT2L160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 5,5 | 11,5 | XT2L160 MF 12.5 | 175 | A50 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 7,5 | 15,5 | XT2L160 MA 20 | 210 | A50 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 11 | 22 | XT2L160 MA 32 | 288 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 15 | 29 | XT2L160 MA 52 | 392 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 18,5 | 35 | XT2L160 MA 52 | 469 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 22 | 41 | XT2L160 MA 52 | 547 | A50 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 30 | 55 | XT2L160 MA 80 | 840 | A63 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 37 | 66 | XT2L160 MA 80 | 960 | A75 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 45 | 80 | XT2L160 MA 100 | 1200 | A95 | E140DU140 | 50 | 140 |
| 55 | 97 | XT4L250 Ekip-I In160 | 1360 | A110 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 75 | 132 | XT4L250 Ekip-I In250 | 1875 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 160 | XT4L250 Ekip-I In250 | 2500 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 195 | T4L320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5L400 PR221-I In400 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5L400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 350 | T5L630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6L630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6L800 PR221-I In800 | 7200 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6L800 PR221-I In800 | 8000 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6L800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | 250 | 800 |

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 11: 440 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1 | XT2S160 MF 1 | 14 | A9 | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,3 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,7 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,4 | XT2S160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU3.1 | 2,2 | 3,1 |
| 1,5 | 3,2 | XT2S160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 | 2,8 | 4 |
| 2,2 | 4,3 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU5 | 3,5 | 5 |
| 3 | 5,7 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| 4 | 7,4 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A30 | TA25DU11 | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 10,1 | XT2S160 MF 12 | 175 | A30 | TA25DU14 | 10 | 14 |
| 7,5 | 13,6 | XT2S160 MA 20 | 180 | A30 | TA25DU19 | 13 | 19 |
| 11 | 19,3 | XT2S160 MA 32 | 240 | A30 | TA42DU25 | 18 | 25 |
| 15 | 25,4 | XT2S160 MA 32 | 336 | A50 | TA75DU32 | 22 | 32 |
| 18,5 | 30,7 | XT2S160 MA 52 | 469 | A50 | TA75DU42 | 29 | 42 |
| 22 | 35,9 | XT2S160 MA 52 | 547 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 30 | 48,2 | XT2S160 MA 80 | 720 | A63 | TA75DU63 | 45 | 63 |
| 37 | 58 | XT2S160 MA 80 | 840 | A75 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 45 | 70 | XT2S160 MA 100 | 1050 | A95 | TA110DU90 | 65 | 90 |
| 55 | 85 | XT4S250 Ekip-I In160 | 1200 | A110 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 75 | 116 | XT4S250 Ekip-I In250 | 1750 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 140 | XT4S250 Ekip-I In250 | 2000 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 171 | XT4S250 Ekip-I In250 | 2500 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 202 | T5H400 PR221-I In320 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4410 | AF 400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 377 | T6H630 PR221-I In630 | 5355 | AF 460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 448 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF 580 | E500DU500* | 150 | 500 |
| 315 | 473 | T6H800 PR221-I In800 | 7200 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 535 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |

(*) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 12: 440 V, 65 kA, rozruch bezpośredni normalny, tytu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1 | XT2H160 MF 1 | 14 | A9 | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,3 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,7 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,4 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU3.1 | 2,2 | 3,1 |
| 1,5 | 3,2 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 | 2,8 | 4 |
| 2,2 | 4,3 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU5 | 3,5 | 5 |
| 3 | 5,7 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| 4 | 7,4 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | TA25DU11 | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 10,1 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU14 | 10 | 14 |
| 7,5 | 13,6 | XT2H160 MA 20 | 180 | A30 | TA25DU19 | 13 | 19 |
| 11 | 19,3 | XT2H160 MA 32 | 240 | A50 | TA42DU25 | 18 | 25 |
| 15 | 25,4 | XT2H160 MA 32 | 336 | A50 | TA75DU32 | 22 | 32 |
| 18,5 | 30,7 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | TA75DU42 | 29 | 42 |
| 22 | 35,9 | XT2H160 MA 52 | 547 | A50 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 30 | 48,2 | XT2H160 MA 80 | 720 | A63 | TA75DU63 | 45 | 63 |
| 37 | 58 | XT2H160 MA 80 | 840 | A75 | TA75DU80 | 60 | 80 |
| 45 | 70 | XT2H160 MA 100 | 1050 | A95 | TA110DU90 | 65 | 90 |
| 55 | 85 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1200 | A110 | TA110DU110 | 80 | 110 |
| 75 | 116 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1750 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 140 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2000 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 171 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2500 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 202 | T5H400 PR221-I In320 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4410 | AF 400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 377 | T6L630 PR221-I In630 | 5355 | AF 460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 448 | T6L630 PR221-I In630 | 6300 | AF 580 | E500DU500* | 150 | 500 |
| 315 | 473 | T6L800 PR221-I In800 | 7200 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 535 | T6L800 PR221-I In800 | 8000 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |

(*) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 13: 440 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1 | XT2S160 MF 1 | 14 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,55 | 1,3 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,75 | 1,7 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,1 | 2,4 | XT2S160 MF 4 | 56 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,5 | 3,2 | XT2S160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 2,2 | 4,3 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 3 | 5,7 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 4 | 7,4 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 5,5 | 10,1 | XT2S160 MF 12 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 7,5 | 13,6 | XT2S160 MA 20 | 180 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 11 | 19,3 | XT2S160 MA 32 | 240 | A30 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 15 | 25,4 | XT2S160 MA 32 | 336 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 18,5 | 30,7 | XT2S160 MA 52 | 469 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 22 | 35,9 | XT2S160 MA 52 | 547 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 30 | 48,2 | XT2S160 MA 80 | 720 | A63 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 37 | 58 | XT2S160 MA 80 | 840 | A75 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 45 | 70 | XT2S160 MA 100 | 1050 | A95 | E140DU140 | 50 | 140 |
| 55 | 85 | XT4S250 Ekip-I In160 | 1200 | A110 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 75 | 116 | XT4S250 Ekip-I In250 | 1750 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 140 | XT4S250 Ekip-I In250 | 2000 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 171 | XT4S250 Ekip-I In250 | 2500 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 202 | T5H400 PR221-I In320 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4410 | AF 400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 377 | T6H630 PR221-I In630 | 5355 | AF 460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 448 | T6H630 PR221-I In630 | 7560 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 473 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 535 | T6H800 PR221-I In800 | 9600 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 14: 440 V, 65 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1 | XT2H160 MF 1 | 14 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,55 | 1,3 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,75 | 1,7 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,1 | 2,4 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,5 | 3,2 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 2,2 | 4,3 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 3 | 5,7 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 4 | 7,4 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 5,5 | 10,1 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 7,5 | 13,6 | XT2H160 MA 20 | 180 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 11 | 19,3 | XT2H160 MA 32 | 240 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 15 | 25,4 | XT2H160 MA 32 | 336 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 18,5 | 30,7 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 22 | 35,9 | XT2H160 MA 52 | 547 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 30 | 48,2 | XT2H160 MA 80 | 720 | A63 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 37 | 58 | XT2H160 MA 80 | 840 | A75 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 45 | 70 | XT2H160 MA 100 | 1050 | A95 | E140DU140 | 50 | 140 |
| 55 | 85 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1200 | A110 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 75 | 116 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1750 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 140 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2000 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 171 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2500 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 202 | T5H400 PR221-I In320 | 3200 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4410 | AF 400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 377 | T6L630 PR221-I In630 | 5355 | AF 460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 448 | T6L630 PR221-I In630 | 6300 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 473 | T6L800 PR221-I In800 | 7200 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 535 | T6L800 PR221-I In800 | 8000 | AF 580 | E800DU800 | 250 | 800 |

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 15: 500 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 0,88 | XT2H160 MF 1 | 14 | A9 | TA25DU1.0 | 0,63 | 1 |
| 0,55 | 1,2 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 0,75 | 1,5 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 1,1 | 2,2 | XT2H160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU3.1 | 2,2 | 3,1 |
| 1,5 | 2,8 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 | 2,8 | 4 |
| 2,2 | 3,9 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU5 | 3,5 | 5 |
| 3 | 5,2 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| 4 | 6,8 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | TA25DU8.5 | 6 | 8,5 |
| 5,5 | 9,2 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 | 7,5 | 11 |
| 7,5 | 12,4 | XT2H160 MF 12.5 | 163 | A30 | TA25DU14 | 10 | 14 |
| 11 | 17,6 | XT2H160 MA 20 | 240 | A30 | TA25DU19 | 13 | 19 |
| 15 | 23 | XT2H160 MA 32 | 336 | A50 | TA75DU25 | 18 | 25 |
| 18,5 | 28 | XT2H160 MA 52 | 392 | A50 | TA75DU32 | 22 | 32 |
| 22 | 33 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | TA75DU42 | 29 | 42 |
| 30 | 44 | XT2H160 MA 52 | 624 | A63 | TA75DU52 | 36 | 52 |
| 37 | 53 | XT2H160 MA 80 | 840 | A75 | TA75DU63 | 45 | 63 |
| 45 | 64 | XT2H160 MA 80 | 960 | A95 | TA80DU80 | 60 | 80 |
| 55 | 78 | XT2H160 MA 100 | 1200 | A110 | TA110DU90 | 65 | 90 |
| 75 | 106 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1440 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 128 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1875 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 156 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2250 | A185 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 132 | 184 | T4H320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 224 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 280 | T5H400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 250 | 344 | T5H630 PR221-I In630 | 4725 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 394 | T6H630 PR221-I In630 | 5040 | AF460 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 315 | 432 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF580 | E500DU500* | 150 | 500 |
| 355 | 488 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |

(*) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 16: 500 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|---------------------|---------------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znamionowa [kW] | Prąd znamionowy [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 0,88 | XT2H160 MF 1 | 14 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,55 | 1,2 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 0,75 | 1,5 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,1 | 2,2 | XT2H160 MF 4 | 56 | A9 | E16DU2.7 | 0,9 | 2,7 |
| 1,5 | 2,8 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 2,2 | 3,9 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 3 | 5,2 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | E16DU6.3 | 2 | 6,3 |
| 4 | 6,8 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 5,5 | 9,2 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 7,5 | 12,4 | XT2H160 MF 12.5 | 163 | A50 | E16DU18.9 | 5,7 | 18,9 |
| 11 | 17,6 | XT2H160 MA 20 | 240 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 15 | 23 | XT2H160 MA 32 | 336 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 18,5 | 28 | XT2H160 MA 52 | 392 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 22 | 33 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | E45DU45 | 15 | 45 |
| 30 | 44 | XT2H160 MA 52 | 624 | A63 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 37 | 53 | XT2H160 MA 80 | 840 | A75 | E80DU80 | 27 | 80 |
| 45 | 64 | XT2H160 MA 80 | 960 | A95 | E140DU140 | 50 | 140 |
| 55 | 78 | XT2H160 MA 100 | 1200 | A110 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 75 | 106 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1440 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 90 | 128 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1875 | A145 | E200DU200 | 60 | 200 |
| 110 | 156 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2250 | A185 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 132 | 184 | T4H320 PR221-I In320 | 2720 | A210 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 160 | 224 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | A260 | E320DU320 | 100 | 320 |
| 200 | 280 | T5H400 PR221-I In400 | 4000 | A300 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 250 | 344 | T5H630 PR221-I In630 | 4725 | AF400 | E500DU500 | 150 | 500 |
| 290 | 394 | T6H630 PR221-I In630 | 5040 | AF460 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 315 | 432 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |
| 355 | 488 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF580 | E800DU800 | 250 | 800 |

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 17: 690 V, 25 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax XT – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przekładnik prądowy KORC | | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|----------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Liczba zwojów | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 0,64 | XT2V160 MF 1 | 14 | A9 | | | TA25DU1 | 0,6 | 1 |
| 0,55 | 0,87 | XT2V160 MF 1 | 14 | A9 | | | TA25DU1 | 0,6 | 1 |
| 0,75 | 1,1 | XT2V160 MF 2 | 28 | A9 | | | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 1,1 | 1,6 | XT2V160 MF 2 | 28 | A9 | | | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 1,5 | 2,1 | XT2V160 MF 4 | 56 | A9 | | | TA25DU2.4 | 1,7 | 2,4 |
| 2,2 | 2,8 | XT2V160 MF 4 | 56 | A9 | | | TA25DU3.1 * | 2,2 | 3,1 |
| 3 | 3,8 | XT2V160 MF 4 | 56 | A9 | | | TA25DU4 * | 2,8 | 4 |
| 4 | 4,9 | XT2V160 MF 8.5 | 120 | A9 | | | TA25DU5 * | 3,5 | 5 |
| 5,5 | 6,7 | XT2V160 MF 8.5 | 120 | A9 | | | TA25DU6.5 | 6 | 5 |
| | | XT4V250 EKIP-I In 100 | 150 | A95 | 4L185R/4 | 13** | TA25DU2.4 | 6 | 5 |
| 7,5 | 8,9 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 150 | A95 | 4L185R/4 | 10** | TA25DU2.4 | 7,9 | 11,1 |
| 11 | 12,8 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 200 | A95 | 4L185R/4 | 7** | TA25DU2.4 | 11,2 | 15,9 |
| 15 | 17 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 250 | A95 | 4L185R/4 | 7** | TA25DU3.1 | 15,2 | 20,5 |
| 18,5 | 21 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 300 | A95 | 4L185R/4 | 6 | TA25DU3.1 | 17,7 | 23,9 |
| 22 | 24 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 350 | A95 | 4L185R/4 | 6 | TA25DU4 | 21,6 | 30,8 |
| 30 | 32 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 450 | A145 | 4L185R/4 | 6 | TA25DU5 | 27 | 38,5 |
| 37 | 39 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 550 | A145 | 4L185R/4 | 4 | TA25DU4 | 32,4 | 46,3 |
| 45 | 47 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 700 | A145 | 4L185R/4 | 4 | TA25DU5 | 40,5 | 57,8 |
| 55 | 57 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 800 | A145 | 4L185R/4 | 3 | TA25DU5 | 54 | 77,1 |
| 75 | 77 | XT4V250 EKIP-I In 160 | 1120 | A145 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 90 | 93 | XT4V250 EKIP-I In 160 | 1280 | A145 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 110 | 113 | XT4V250 EKIP-I In 250 | 1625 | A145 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 132 | 134 | XT4V250 EKIP-I In 250 | 2000 | A185 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 160 | 162 | XT4V250 EKIP-I In 250 | 2250 | A185 | | | E200DU200 | 65 | 200 |

(*) Koordynacja typu 1

(**) Przekrój przewodu równy 4 mm²

(***) Brak dostępnego zestawu montażowego stycznika

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 18: 690 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny, typu 2 (Tmax T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przekładnik prądowy KORC | | Przełącznik przeciążeniowy | | |
|----------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------------|---------------|----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ | Liczba zwojów | Typ | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 0,64 | T2L160 MF1 | 13 | A9 | | | TA25DU1 | 0,6 | 1 |
| 0,55 | 0,87 | T2L160 MF1 | 13 | A9 | | | TA25DU1 | 0,6 | 1 |
| 0,75 | 1,1 | T2L160 MF 1.6 | 21 | A9 | | | TA25DU1.4 | 1 | 1,4 |
| 1,1 | 1,6 | T2L160 MF 1.6 | 21 | A9 | | | TA25DU1.8 | 1,3 | 1,8 |
| 1,5 | 2,1 | T2L160 MF 2.5 | 33 | A9 | | | TA25DU2.4; | 1,7 | 2,4 |
| 2,2 | 2,8 | T2L160 MF 3.2 | 42 | A9 | | | TA25DU3.1 * | 2,2 | 3,1 |
| 3 | 3,8 | T2L160 MF 4 | 52 | A9 | | | TA25DU4 * | 2,8 | 4 |
| 4 | 4,9 | T2L160 MF 5 | 65 | A9 | | | TA25DU5 * | 3,5 | 5 |
| 5,5 | 6,7 | T2L160 MF 6.5 | 84 | A9 | | | TA25DU6.5 | 4,5 | 6,5 |
| | | T4L250 PR221-I In 100 | 150 | A95 | 4L185R/4 | 13** | TA25DU2.4 | 6 | 8,5 |
| 7,5 | 8,9 | T4L250 PR221-I In 100 | 150 | A95 | 4L185R/4 | 10** | TA25DU2.4 | 7,9 | 11,1 |
| 11 | 12,8 | T4L250 PR221-I In 100 | 200 | A95 | 4L185R/4 | 7** | TA25DU2.4 | 11,2 | 15,9 |
| 15 | 17 | T4L250 PR221-I In 100 | 250 | A95 | 4L185R/4 | 7** | TA25DU3.1 | 15,2 | 20,5 |
| 18,5 | 21 | T4L250 PR221-I In 100 | 300 | A95 | 4L185R/4 | 6 | TA25DU3.1 | 17,7 | 23,9 |
| 22 | 24 | T4L250 PR221-I In 100 | 350 | A95 | 4L185R/4 | 6 | TA25DU4 | 21,6 | 30,8 |
| 30 | 32 | T4L250 PR221-I In 100 | 450 | A145 | 4L185R/4 | 6 | TA25DU5 | 27 | 38,5 |
| 37 | 39 | T4L250 PR221-I In 100 | 550 | A145 | 4L185R/4 | 4 | TA25DU4 | 32,4 | 46,3 |
| 45 | 47 | T4L250 PR221-I In 100 | 700 | A145 | 4L185R/4 | 4 | TA25DU5 | 40,5 | 57,8 |
| 55 | 57 | T4L250 PR221-I In 100 | 800 | A145 | 4L185R/4 | 3 | TA25DU5 | 54 | 77,1 |
| 75 | 77 | T4L250 PR221-I In 160 | 1120 | A145 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 90 | 93 | T4L250 PR221-I In 160 | 1280 | A145 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 110 | 113 | T4L250 PR221-I In 250 | 1625 | A145 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 132 | 134 | T4L250 PR221-I In 250 | 2000 | A185 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 160 | 162 | T4L250 PR221-I In 250 | 2250 | A185 | | | E200DU200 | 65 | 200 |
| 200 | 203 | T5L400 PR221-I In 320 | 2720 | A210 | | | E320DU320 | 105 | 320 |
| 250 | 250 | T5L400 PR221-I In 400 | 3400 | A300 | | | E320DU320 | 105 | 320 |
| 290 | 301 | T5L630 PR221-I In 630 | 4410 | AF400 | | | E500DU500 | 150 | 500 |
| 315 | 313 | T5L630 PR221-I In 630 | 4410 | AF400 | | | E500DU500 | 150 | 500 |
| 355 | 354 | T5L630 PR221-I In 630 | 5355 | AF580 | | | E500DU500*** | 150 | 500 |

(*) Koordynacja typu 1

(**) Przekrój przewodu równy 4 mm²

(***) Brak dostępnego zestawu montażowego stycznika

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 19: 400 V, 35 kA, rozruch bezpośredni, o dużej mocy, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ* | Liczba zwojów przekł. prąd. | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 ^ | | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,5 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 ^ | | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,9 | XT2N160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 ^ | | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,7 | XT2N160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU4 ^ | | 2,8 | 4 |
| 1,5 | 3,6 | XT2N160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU5 ^ | | 3,5 | 5 |
| 2,2 | 4,9 | XT2N160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 ^ | | 4,5 | 6,5 |
| 3 | 6,5 | XT2N160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU8.5 ^ | | 6 | 8,5 |
| 4 | 8,5 | XT2N160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 ^ | | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 11,5 | XT2N160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA450SU60 | 4 | 10 | 15 |
| 7,5 | 15,5 | XT2N160 MA 20 | 210 | A30 | TA450SU60 | 3 | 13 | 20 |
| 11 | 22 | XT2N160 MA 32 | 288 | A30 | TA450SU60 | 2 | 20 | 30 |
| 15 | 29 | XT2N160 MA 52 | 392 | A50 | TA450SU80 | 2 | 23 | 40 |
| 18,5 | 35 | XT2N160 MA 52 | 469 | A50 | TA450SU80 | 2 | 23 | 40 |
| 22 | 41 | XT2N160 MA 52 | 547 | A50 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 30 | 55 | XT2N160 MA 80 | 840 | A63 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 37 | 66 | XT2N160 MA 80 | 960 | A95 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 45 | 80 | XT2N160 MA 100 | 1200 | A110 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 55 | 97 | XT3N250 MA 160 | 1440 | A145 | TA450SU140 | | 95 | 140 |
| 75 | 132 | XT3N250 MA 200 | 1800 | A185 | TA450SU185 | | 130 | 185 |
| 90 | 160 | XT3N250 MA 200 | 2400 | A210 | TA450SU185 | | 130 | 185 |
| 110 | 195 | T4N320 PR221-I ln320 | 2720 | A260 | E320DU320^ | | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5N400 PR221-I ln400 | 3200 | A300 | E320DU320^ | | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5N400 PR221-I ln400 | 4000 | AF400 | E500DU500^ | | 150 | 500 |
| 200 | 350 | T5N630 PR221-I ln630 | 5040 | AF460 | E500DU500^ | | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6N630 PR221-I ln630 | 6300 | AF580 | E500DU500**^ | | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6N800 PR221-I ln800 | 7200 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6N800 PR221-I ln800 | 8000 | AF750 | E800DU800^ | | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6N800 PR221-I ln800 | 8000 | AF750 | E800DU800^ | | 250 | 800 |

Uwagi:

(^) Należy zapewnić stycznik obejściowy w trakcie rozruchu silnika

(*) Należy ustawić charakterystykę wyzwolenia przełącznika przeciążeniowego EOL odpowiadającą klasie 30, użyteczną również dla napięcia 415 V

(**) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 20: 400 V, 50 kA, rozruch bezpośredni, o dużej mocy, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I _a [A] | Typ | Typ* | Liczba zwojów przekł. prąd. | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1,1 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 ^ | | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,5 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 ^ | | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,9 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2.4 ^ | | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,7 | XT2S160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU4 ^ | | 2,8 | 4 |
| 1,5 | 3,6 | XT2S160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU5 ^ | | 3,5 | 5 |
| 2,2 | 4,9 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 ^ | | 4,5 | 6,5 |
| 3 | 6,5 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU8.5 ^ | | 6 | 8,5 |
| 4 | 8,5 | XT2S160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 ^ | | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 11,5 | XT2S160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA450SU60 | 4 | 10 | 15 |
| 7,5 | 15,5 | XT2S160 MA 20 | 210 | A30 | TA450SU60 | 3 | 13 | 20 |
| 11 | 22 | XT2S160 MA 32 | 288 | A30 | TA450SU60 | 2 | 20 | 30 |
| 15 | 29 | XT2S160 MA 52 | 392 | A50 | TA450SU80 | 2 | 23 | 40 |
| 18,5 | 35 | XT2S160 MA 52 | 469 | A50 | TA450SU80 | 2 | 23 | 40 |
| 22 | 41 | XT2S160 MA 52 | 547 | A50 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 30 | 55 | XT2S160 MA 80 | 840 | A63 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 37 | 66 | XT2S160 MA 80 | 960 | A95 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 45 | 80 | XT2S160 MA 100 | 1200 | A110 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 55 | 97 | XT3S250 MA 160 | 1440 | A145 | TA450SU140 | | 95 | 140 |
| 75 | 132 | XT3S250 MA 200 | 1800 | A185 | TA450SU185 | | 130 | 185 |
| 90 | 160 | XT3S250 MA 200 | 2400 | A210 | TA450SU185 | | 130 | 185 |
| 110 | 195 | T4S320 PR221-I In320 | 2720 | A260 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 132 | 230 | T5S400 PR221-I In400 | 3200 | A300 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 160 | 280 | T5S400 PR221-I In400 | 4000 | AF400 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 200 | 350 | T5S630 PR221-I In630 | 5040 | AF460 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 250 | 430 | T6S630 PR221-I In630 | 6300 | AF580 | E500DU500** | | 150 | 500 |
| 290 | 520 | T6S800 PR221-I In800 | 7200 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |
| 315 | 540 | T6S800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |
| 355 | 610 | T6S800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |

Uwagi:

(^) Należy zapewnić stycznik obejściowy w trakcie rozruchu silnika

(*) Należy ustawić charakterystykę wyzwolenia przełącznika przeciążeniowego EOL odpowiadającą klasie 30, użyteczną również dla napięcia 415 V

(**) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800

MA: Regulowany wyzwalacz magnetyczny

MF: Stały wyzwalacz magnetyczny

TOR: Wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 21: 440 V, 50 kA, rozruch bezpośredni, o dużej mocy, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik –TOR)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ* | Liczba zwojów przekt. prąd. | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1 | XT2S160 MF 1 | 14 | A9 | TA25DU1,4 ^ | | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,3 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1,8 ^ | | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,7 | XT2S160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2,4 ^ | | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,2 | XT2S160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU3,1 ^ | | 2,2 | 3,1 |
| 1,5 | 3,2 | XT2S160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 ^ | | 2,8 | 4 |
| 2,2 | 4,3 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU5 ^ | | 3,5 | 5 |
| 3 | 5,7 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6,5 ^ | | 4,5 | 5 |
| 4 | 7,4 | XT2S160 MF 8.5 | 120 | A30 | TA25DU11 ^ | | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 10,1 | XT2S160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU14 ^ | | 10 | 14 |
| 7,5 | 13,6 | XT2S160 MA 20 | 180 | A30 | TA450SU60 | 4 | 10 | 15 |
| 11 | 19,3 | XT2S160 MA 32 | 240 | A30 | TA450SU80 | 3 | 18 | 27 |
| 15 | 25,4 | XT2S160 MA 32 | 336 | A50 | TA450SU60 | 2 | 20 | 30 |
| 18,5 | 30,7 | XT2S160 MA 52 | 469 | A50 | TA450SU80 | 2 | 28 | 40 |
| 22 | 35,9 | XT2S160 MA 52 | 547 | A50 | TA450SU80 | 2 | 28 | 40 |
| 30 | 48,2 | XT2S160 MA 80 | 720 | A63 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 37 | 58 | XT2S160 MA 80 | 840 | A95 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 45 | 70 | XT2S160 MA 100 | 1050 | A110 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 55 | 85 | XT4S250 Ekip-I In160 | 1200 | A145 | E200DU200 | | 60 | 200 |
| 75 | 116 | XT4S250 Ekip-I In250 | 1750 | A185 | E200DU200 | | 60 | 200 |
| 90 | 140 | XT4S250 Ekip-I In250 | 2000 | A210 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 110 | 171 | XT4S250 Ekip-I In250 | 2500 | A260 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 132 | 202 | T5H400 PR221-I In320 | 3200 | A300 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | AF400 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4410 | AF460 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 250 | 377 | T6H630 PR221-I In630 | 5355 | AF580 | E500DU500*** | | 150 | 500 |
| 290 | 448 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF750 | E500DU500*** | | 150 | 500 |
| 315 | 473 | T6H800 PR221-I In800 | 7200 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |
| 355 | 535 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |

(^) Należy zapewnić stycznik obejściowy w trakcie rozruchu silnika

(x) Należy ustawić charakterystykę wyzwolenia przełącznika przeciążeniowego EOL odpowiadającą klasie 30

(***) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800 (x)

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 22: 440 V, 65 kA, rozruch bezpośredni o dużej mocy, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ* | Liczba zwojów przekł. prąd. | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 1 | XT2H160 MF 1 | 14 | A9 | TA25DU1,4 ^ | | 1 | 1,4 |
| 0,55 | 1,3 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1,8 ^ | | 1,3 | 1,8 |
| 0,75 | 1,7 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU2,4 ^ | | 1,7 | 2,4 |
| 1,1 | 2,4 | XT2H160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU3,1 ^ | | 2,2 | 3,1 |
| 1,5 | 3,2 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 ^ | | 2,8 | 4 |
| 2,2 | 4,3 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU5 ^ | | 3,5 | 5 |
| 3 | 5,7 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6,5 ^ | | 4,5 | 6,5 |
| 4 | 7,4 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | TA25DU11 ^ | | 7,5 | 11 |
| 5,5 | 10,1 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU14 ^ | | 10 | 14 |
| 7,5 | 13,6 | XT2H160 MA 20 | 180 | A30 | TA450SU60 | 4 | 10 | 15 |
| 11 | 19,3 | XT2H160 MA 32 | 240 | A30 | TA450SU80 | 3 | 18 | 27 |
| 15 | 25,4 | XT2H160 MA 32 | 336 | A50 | TA450SU60 | 2 | 20 | 30 |
| 18,5 | 30,7 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | TA450SU80 | 2 | 28 | 40 |
| 22 | 35,9 | XT2H160 MA 52 | 547 | A50 | TA450SU80 | 2 | 28 | 40 |
| 30 | 48,2 | XT2H160 MA 80 | 720 | A63 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 37 | 58 | XT2H160 MA 80 | 840 | A95 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 45 | 70 | XT2H160 MA 100 | 1050 | A110 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 55 | 85 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1200 | A145 | E200DU200 | | 60 | 200 |
| 75 | 116 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1750 | A185 | E200DU200 | | 60 | 200 |
| 90 | 140 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2000 | A210 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 110 | 171 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2500 | A260 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 132 | 202 | T5H400 PR221-I In320 | 3200 | A300 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | AF400 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4410 | AF460 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 250 | 377 | T6H630 PR221-I In630 | 5355 | AF580 | E500DU500*** | | 150 | 500 |
| 290 | 448 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF750 | E500DU500*** | | 150 | 500 |
| 315 | 473 | T6H800 PR221-I In800 | 7200 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |
| 355 | 535 | T6H800 PR221-I In800 | 8000 | AF750 | E800DU800 | | 250 | 800 |

(^) Należy zapewnić stycznik obejściowy w trakcie rozruchu silnika

(x) Należy ustawić charakterystykę wyzwolenia przełącznika przeciążeniowego EOL odpowiadającą klasie 30 (***) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800 (x)

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 23: 500 V, 50 kA, rozruch bezpośredni o dużej mocy, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I _a [A] | Typ | Typ* | Liczba zwojów przekł. prąd. | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 0,88 | XT2H160 MF 1 | 14 | A9 | TA25DU1.0 ^ | | 0,63 | 1 |
| 0,55 | 1,2 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 ^ | | 1 | 1,4 |
| 0,75 | 1,5 | XT2H160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.8 ^ | | 1,3 | 1,8 |
| 1,1 | 2,2 | XT2H160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU3.1 ^ | | 2,2 | 3,1 |
| 1,5 | 2,8 | XT2H160 MF 4 | 56 | A16 | TA25DU4 ^ | | 2,8 | 4 |
| 2,2 | 3,9 | XT2H160 MF 4 | 56 | A26 | TA25DU5 ^ | | 3,5 | 5 |
| 3 | 5,2 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A26 | TA25DU6.5 ^ | | 4,5 | 6,5 |
| 4 | 6,8 | XT2H160 MF 8.5 | 120 | A30 | TA25DU8.5 ^ | | 6 | 8,5 |
| 5,5 | 9,2 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA25DU11 ^ | | 7,5 | 11 |
| 7,5 | 12,4 | XT2H160 MF 12.5 | 175 | A30 | TA450SU60 | 4 | 10 | 15 |
| 11 | 17,6 | XT2H160 MA 20 | 240 | A30 | TA450SU60 | 3 | 13 | 20 |
| 15 | 23 | XT2H160 MA 32 | 336 | A50 | TA450SU60 | 2 | 20 | 30 |
| 18,5 | 28 | XT2H160 MA 52 | 392 | A50 | TA450SU80 | 2 | 27,5 | 40 |
| 22 | 33 | XT2H160 MA 52 | 469 | A50 | TA450SU80 | 2 | 27,5 | 40 |
| 30 | 44 | XT2H160 MA 52 | 624 | A63 | TA450SU60 | | 40 | 80 |
| 37 | 53 | XT2H160 MA 80 | 840 | A75 | TA450SU60 | | 40 | 80 |
| 45 | 64 | XT2H160 MA 80 | 960 | A95 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 55 | 78 | XT2H160 MA 100 | 1200 | A145 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 75 | 106 | XT4H250 Ekip-I In160 | 1440 | A145 | E200DU200 | | 60 | 200 |
| 90 | 128 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1875 | A185 | E200DU200 | | 60 | 200 |
| 110 | 156 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2125 | A210 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 132 | 184 | T4H320 PR221-I In320 | 2720 | A260 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 160 | 224 | T5H400 PR221-I In400 | 3200 | A300 | E320DU320 | | 100 | 320 |
| 200 | 280 | T5H400 PR221-I In400 | 3600 | AF400 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 250 | 344 | T5H630 PR221-I In630 | 4725 | AF460 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 290 | 394 | T6L630 PR221-I In630 | 5040 | AF580 | E500DU500*** | | 150 | 500 |
| 315 | 432 | T6L630 PR221-I In630 | 6300 | AF750 | E500DU500*** | | 150 | 500 |
| 355 | 488 | T6L630 PR221-I In630 | 6300 | AF750 | E500DU500*** | | 150 | 500 |

(^) Należy zapewnić stycznik obejściowy w trakcie rozruchu silnika

(x) Należy ustawić charakterystykę wyzwolenia przełącznika przeciążeniowego EOL odpowiadającą klasie 30

(***) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800 (x)

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 24: 690 V, 25 kA, rozruch bezpośredni o dużej mocy, typu 2 (TmaxT – stycznik – TOR)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | | |
|----------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ* | Liczba zwojów przekł. prąd. | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 0,64 | XT2V160 MF1 | 14 | A9 | TA25DU0.63 ^ | | 0,4 | 0,63 |
| 0,55 | 0,87 | XT2V160 MF1 | 14 | A9 | TA25DU1 ^ | | 0,63 | 1 |
| 0,75 | 1,1 | XT2V160 MF 2 | 28 | A9 | TA25DU1.4 ^ | | 1 | 1,4 |
| 1,1 | 1,6 | XT2V160 MF 2 | 28 | A9 | TA25D1.8 ^ | | 1,3 | 1,8 |
| 1,5 | 2,1 | XT2V160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU2.4 ^ | | 1,7 | 2,4 |
| 2,2 | 2,8 | XT2V160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU3.1 ^ | | 2,2 | 3,1 |
| 3 | 3,8 | XT2V160 MF 4 | 56 | A9 | TA25DU4 ^ | | 2,8 | 4 |
| 4 | 4,9 | XT2V160 MF 8.5 | 120 | A9 | TA25DU5 ^ | | 3,5 | 5 |
| 5,5 | 6,7 | XT2V160 MF 8.5 | 120 | A9 | TA25DU6.5 ^ | | 4,5 | 6,5 |
| | | XT4V250 EKIP-I In 100 | 150 | A95 | TA450SU60 | 7(+) | 5,7 | 8,6 |
| 7,5 | 8,9 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 150 | A95 | TA450SU60 | 5(+) | 8 | 12 |
| 11 | 12,8 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 200 | A95 | TA450SU60 | 4(+) | 10 | 15 |
| 15 | 17 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 250 | A95 | TA450SU60 | 3(+) | 10 | 20 |
| 18,5 | 21 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 300 | A95 | TA450SU60 | 3 | 18 | 27 |
| 22 | 24 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 350 | A95 | TA450SU60 | 2 | 20 | 30 |
| 30 | 32 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 450 | A145 | TA450SU80 | 2 | 27,5 | 40 |
| 37 | 39 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 550 | A145 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 45 | 47 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 700 | A145 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 55 | 57 | XT4V250 EKIP-I In 100 | 800 | A145 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 75 | 77 | XT4V250 EKIP-I In 160 | 1120 | A145 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 90 | 93 | XT4V250 EKIP-I In 160 | 1280 | A145 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 110 | 113 | XT4V250 EKIP-I In 250 | 1625 | A185 | TA450SU140 | | 95 | 140 |
| 132 | 134 | XT4V250 EKIP-I In 250 | 2000 | A210 | E320DU320 | | 105 | 320 |
| 160 | 162 | XT4V250 EKIP-I In 250 | 2250 | A210 | E320DU320 | | 105 | 320 |

(^) Należy zapewnić stycznik obejściowy w trakcie rozruchu silnika

(x) Należy ustawić charakterystykę wyzwolenia przełącznika przeciążeniowego EOL odpowiadającą klasie 30

(***) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800 (x)

(+) przekrój przewodu równy 4 mm²

TOR: wyzwalacz termiczny

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 25: 690 V, 50 kA, rozruch bezpośredni o dużej mocy, typu 2 (TmaxT – stycznik – TOR)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | Przełącznik przeciążeniowy | | | |
|----------------|----------------|-----------------------|--------------------|----------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Typ | Typ* | Liczba zwojów przekł. prąd. | Zakres nastaw prądu [A] | |
| | | | | | | | min. | maks. |
| 0,37 | 0,64 | T2L160 MF1 | 13 | A9 | TA25DU0.63 ^ | | 0,4 | 0,63 |
| 0,55 | 0,87 | T2L160 MF1 | 13 | A9 | TA25DU1 ^ | | 0,63 | 1 |
| 0,75 | 1,1 | T2L160 MF 1.6 | 21 | A9 | TA25DU1.4 ^ | | 1 | 1,4 |
| 1,1 | 1,6 | T2L160 MF 1.6 | 21 | A9 | TA25D1.8 ^ | | 1,3 | 1,8 |
| 1,5 | 2,1 | T2L160 MF 2.5 | 33 | A9 | TA25DU2.4 ^ | | 1,7 | 2,4 |
| 2,2 | 2,8 | T2L160 MF 3.2 | 42 | A9 | TA25DU3.1 ^ | | 2,2 | 3,1 |
| 3 | 3,8 | T2L160 MF 4 | 52 | A9 | TA25DU4 ^ | | 2,8 | 4 |
| 4 | 4,9 | T2L160 MF 5 | 65 | A9 | TA25DU5 ^ | | 3,5 | 5 |
| 5,5 | 6,7 | T2L160 MF 6.5 | 84 | A9 | TA25DU6.5 ^ | | 4,5 | 6,5 |
| | | T4L250 PR221-I In 100 | 150 | A95 | TA450SU60 | 7(+) | 5,7 | 8,6 |
| 7,5 | 8,9 | T4L250 PR221-I In 100 | 150 | A95 | TA450SU60 | 5(+) | 8 | 12 |
| 11 | 12,8 | T4L250 PR221-I In 100 | 200 | A95 | TA450SU60 | 4(+) | 10 | 15 |
| 15 | 17 | T4L250 PR221-I In 100 | 250 | A95 | TA450SU60 | 3(+) | 13 | 20 |
| 18,5 | 21 | T4L250 PR221-I In 100 | 300 | A95 | TA450SU60 | 3 | 18 | 27 |
| 22 | 24 | T4L250 PR221-I In 100 | 350 | A95 | TA450SU60 | 2 | 20 | 30 |
| 30 | 32 | T4L250 PR221-I In 100 | 450 | A145 | TA450SU80 | 2 | 27,5 | 40 |
| 37 | 39 | T4L250 PR221-I In 100 | 550 | A145 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 45 | 47 | T4L250 PR221-I In 100 | 700 | A145 | TA450SU60 | | 40 | 60 |
| 55 | 57 | T4L250 PR221-I In 100 | 800 | A145 | TA450SU80 | | 55 | 80 |
| 75 | 77 | T4L250 PR221-I In 160 | 1120 | A145 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 90 | 93 | T4L250 PR221-I In 160 | 1280 | A145 | TA450SU105 | | 70 | 105 |
| 110 | 113 | T4L250 PR221-I In 250 | 1625 | A185 | TA450SU140 | | 95 | 140 |
| 132 | 134 | T4L250 PR221-I In 250 | 2000 | A210 | E320DU320 | | 105 | 320 |
| 160 | 162 | T4L250 PR221-I In 250 | 2250 | A210 | E320DU320 | | 105 | 320 |
| 200 | 203 | T5L400 PR221-I In 320 | 2720 | A260 | E320DU320 | | 105 | 320 |
| 250 | 250 | T5L400 PR221-I In 400 | 3400 | AF400 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 290 | 301 | T5L630 PR221-I In 630 | 4410 | AF400 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 315 | 313 | T5L630 PR221-I In 630 | 4410 | AF460 | E500DU500 | | 150 | 500 |
| 355 | 354 | T5L630 PR221-I In 630 | 5355 | AF580 | E500DU500*** | | 150 | 500 |

(^) Należy zapewnić stycznik obejściowy w trakcie rozruchu silnika

(x) Należy ustawić charakterystykę wyzwolenia przełącznika przeciążeniowego EOL odpowiadającą klasie 30

(***) Brak zestawu połączeniowego. Aby wykorzystać zestaw połączeniowy, należy zastosować przełącznik przeciążeniowy E800DU800 (x)

(+) przekrój przewodu równy 4 mm²

TOR: wyzwalacz termiczny

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 26: 400 V, 35 kA, rozruch Y/Δ normalny,
typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | | | Przełącznik | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Stycznik główny | Stycznik układu typu trójkąt | Stycznik układu gwiazdowego | Typ | Zakres nastaw prądu [A] |
| 18,5 | 35 | XT2N160 MA52 | 469 | A50 | A50 | A26 | TA75DU25 | 18-25 |
| 22 | 41 | XT2N160 MA52 | 547 | A50 | A50 | A26 | TA75DU32 | 22-32 |
| 30 | 55 | XT2N160 MA80 | 720 | A63 | A63 | A30 | TA75DU42 | 29-42 |
| 37 | 66 | XT2N160 MA80 | 840 | A75 | A75 | A30 | TA75DU52 | 36-52 |
| 45 | 80 | XT2N160 MA100 | 1050 | A75 | A75 | A30 | TA75DU63 | 45 - 63 |
| 55 | 97 | XT2N160 MA100 | 1200 | A75 | A75 | A40 | TA75DU63 | 45 - 63 |
| 75 | 132 | XT3N250 MA160 | 1700 | A95 | A95 | A75 | TA110DU90 | 66 - 90 |
| 90 | 160 | XT3N250 MA200 | 2000 | A110 | A110 | A95 | TA110DU110 | 80 - 110 |
| 110 | 195 | XT4N250 MA200 | 2400 | A145 | A145 | A95 | TA200DU135 | 100 - 135 |
| 132 | 230 | T4N320 PR221-I In320 | 2880 | A145 | A145 | A110 | E200DU200 | 60 - 200 |
| 160 | 280 | T5N400 PR221-I In400 | 3600 | A185 | A185 | A145 | E200DU200 | 60 - 200 |
| 200 | 350 | T5N630 PR221-I In630 | 4410 | A210 | A210 | A185 | E320DU320 | 100 - 320 |
| 250 | 430 | T5N630 PR221-I In630 | 5670 | A260 | A260 | A210 | E320DU320 | 100 - 320 |
| 290 | 520 | T6N630 PR221-I In630 | 6300 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 315 | 540 | T6N800 PR221-I In800 | 7200 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 355 | 610 | T6N800 PR221-I In800 | 8000 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

Tabela 27: 400 V, 50 kA, rozruch Y/Δ normalny,
typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | | | Przełącznik | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Stycznik główny | Stycznik układu typu trójkąt | Stycznik układu gwiazdowego | Type | Zakres nastaw prądu [A] |
| 18,5 | 35 | XT2S160 MA52 | 469 | A50 | A50 | A26 | TA75DU25 | 18-25 |
| 22 | 41 | XT2S160 MA52 | 547 | A50 | A50 | A26 | TA75DU32 | 22-32 |
| 30 | 55 | XT2S160 MA80 | 720 | A63 | A63 | A30 | TA75DU42 | 29-42 |
| 37 | 66 | XT2S160 MA80 | 840 | A75 | A75 | A30 | TA75DU52 | 36-52 |
| 45 | 80 | XT2S160 MA100 | 1050 | A75 | A75 | A30 | TA75DU63 | 45 - 63 |
| 55 | 97 | XT2S160 MA100 | 1200 | A75 | A75 | A40 | TA75DU63 | 45 - 63 |
| 75 | 132 | XT3S250 MA160 | 1700 | A95 | A95 | A75 | TA110DU90 | 66 - 90 |
| 90 | 160 | XT3S250 MA200 | 2000 | A110 | A110 | A95 | TA110DU110 | 80 - 110 |
| 110 | 195 | XT3S250 MA200 | 2400 | A145 | A145 | A95 | TA200DU135 | 100 - 135 |
| 132 | 230 | T4S320 PR221-I In320 | 2880 | A145 | A145 | A110 | E200DU200 | 60 - 200 |
| 160 | 280 | T5S400 PR221-I In400 | 3600 | A185 | A185 | A145 | E200DU200 | 60 - 200 |
| 200 | 350 | T5S630 PR221-I In630 | 4410 | A210 | A210 | A185 | E320DU320 | 100 - 320 |
| 250 | 430 | T5S630 PR221-I In630 | 5670 | A260 | A260 | A210 | E320DU320 | 100 - 320 |
| 290 | 520 | T6S630 PR221-I In630 | 6300 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 315 | 540 | T6S800 PR221-I In800 | 7200 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 355 | 610 | T6S800 PR221-I In800 | 8000 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 28: 440 V, 50 kA, rozruch Y/Δ normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Włącznik kompaktowy | | Stycznik | | | Przełącznik | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Stycznik główny | Stycznik układu typu trójkąt | Stycznik układu gwiazdowego | Typ | Zakres nastaw prądu [A] |
| 18,5 | 30,7 | XT2S160 MA52 | 392 | A50 | A50 | A16 | TA75DU25 | 18-25 |
| 22 | 35,9 | XT2S160 MA52 | 469 | A50 | A50 | A26 | TA75DU25 | 18-25 |
| 30 | 48,2 | XT2S160 MA80 | 720 | A63 | A63 | A26 | TA75DU42 | 29-42 |
| 37 | 58 | XT2S160 MA80 | 840 | A75 | A75 | A30 | TA75DU42 | 29-42 |
| 45 | 70 | XT2S160 MA80 | 960 | A75 | A75 | A30 | TA75DU52 | 36-52 |
| 55 | 85 | XT2S160 MA100 | 1150 | A75 | A75 | A40 | TA75DU63 | 45-63 |
| 75 | 116 | XT4S250 Ekip-I In250 | 1625 | A95 | A95 | A75 | TA80DU80 | 60-80 |
| 90 | 140 | XT4S250 Ekip-I In250 | 1875 | A95 | A95 | A75 | TA110DU110 | 80-110 |
| 110 | 171 | XT4S250 Ekip-I In250 | 2250 | A145 | A145 | A95 | E200DU200 | 60-200 |
| 132 | 202 | T4H320 PR221-I In320 | 2720 | A145 | A145 | A110 | E200DU200 | 60-200 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3200 | A185 | A185 | A145 | E200DU200 | 60-200 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4095 | A210 | A210 | A185 | E320DU320 | 100-320 |
| 250 | 377 | T5H630 PR221-I In630 | 5040 | A260 | A260 | A210 | E320DU320 | 100-320 |
| 290 | 448 | T6H630 PR221-I In630 | 5670 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 315 | 473 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 355 | 535 | T6H800 PR221-I In800 | 7200 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

Tabela 29: 440 V, 65 kA, rozruch Y/Δ normalny, typu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Włącznik kompaktowy | | Stycznik | | | Przełącznik | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Stycznik główny | Stycznik układu typu trójkąt | Stycznik układu gwiazdowego | Type | Zakres nastaw prądu [A] |
| 18,5 | 30,7 | XT2H160 MA52 | 392 | A50 | A50 | A16 | TA75DU25 | 18-25 |
| 22 | 35,9 | XT2H160 MA52 | 469 | A50 | A50 | A26 | TA75DU25 | 18-25 |
| 30 | 48,2 | XT2H160 MA80 | 720 | A63 | A63 | A26 | TA75DU42 | 29-42 |
| 37 | 58 | XT2H160 MA80 | 840 | A75 | A75 | A30 | TA75DU42 | 29-42 |
| 45 | 70 | XT2H160 MA80 | 960 | A75 | A75 | A30 | TA75DU52 | 36-52 |
| 55 | 85 | XT2H160 MA100 | 1150 | A75 | A75 | A40 | TA75DU63 | 45-63 |
| 75 | 116 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1625 | A95 | A95 | A75 | TA80DU80 | 60-80 |
| 90 | 140 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1875 | A95 | A95 | A75 | TA110DU110 | 80-110 |
| 110 | 171 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2250 | A145 | A145 | A95 | E200DU200 | 60-200 |
| 132 | 202 | T4H320 PR221-I In320 | 2720 | A145 | A145 | A110 | E200DU200 | 60-200 |
| 160 | 245 | T5H400 PR221-I In400 | 3200 | A185 | A185 | A145 | E200DU200 | 60-200 |
| 200 | 307 | T5H630 PR221-I In630 | 4095 | A210 | A210 | A185 | E320DU320 | 100-320 |
| 250 | 377 | T5H630 PR221-I In630 | 5040 | A260 | A260 | A210 | E320DU320 | 100-320 |
| 290 | 448 | T6H630 PR221-I In630 | 5670 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 315 | 473 | T6H630 PR221-I In630 | 6300 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 355 | 535 | T6H800 PR221-I In800 | 7200 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 30: 500 V, 50 kA, rozruch Y/Δ, normalny, tytu 2 (Tmax XT/T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | | | Przełącznik | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|-----------------|------------------------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Stycznik główny | Stycznik układu typu trójkąt | Stycznik układu gwiazdowego | Type | Zakres nastaw prądu [A] |
| 22 | 33 | XT2H160 MA52 | 430 | A50 | A50 | A16 | TA75DU25 | 18-25 |
| 30 | 44 | XT2H160 MA52 | 547 | A63 | A63 | A26 | TA75DU32 | 22-32 |
| 37 | 53 | XT2H160 MA80 | 720 | A75 | A75 | A30 | TA75DU42 | 29-42 |
| 45 | 64 | XT2H160 MA80 | 840 | A75 | A75 | A30 | TA75DU52 | 36-52 |
| 55 | 78 | XT2H160 MA100 | 1050 | A75 | A75 | A30 | TA75DU52 | 36-52 |
| 75 | 106 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1375 | A95 | A95 | A50 | TA80DU80 | 60-80 |
| 90 | 128 | XT4H250 Ekip-I In250 | 1750 | A95 | A95 | A75 | TA110DU90 | 65-90 |
| 110 | 156 | XT4H250 Ekip-I In250 | 2000 | A110 | A110 | A95 | TA110DU110 | 80-110 |
| 132 | 184 | T4H320 PR221-I In320 | 2560 | A145 | A145 | A95 | E200DU200 | 60-200 |
| 160 | 224 | T4H320 PR221-I In320 | 2880 | A145 | A145 | A110 | E200DU200 | 60-200 |
| 200 | 280 | T5H400 PR221-I In400 | 3400 | A210 | A210 | A145 | E320DU320 | 100-320 |
| 250 | 344 | T5H630 PR221-I In630 | 4410 | A210 | A210 | A185 | E320DU320 | 100-320 |
| 290 | 394 | T5H630 PR221-I In630 | 5040 | A260 | A260 | A210 | E320DU320 | 100-320 |
| 315 | 432 | T6L630 PR221-I In630 | 5760 | AF400 | AF400 | A210 | E500DU500 | 150 - 500 |
| 355 | 488 | T6L630 PR221-I In630 | 6300 | AF400 | AF400 | A260 | E500DU500 | 150 - 500 |

TOR: wywalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

Tabela 31: 690 V, 25 kA, rozruch Y/Δ normalny, tytu 2 (Tmax XT – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | | | Przekł. prąd. KORC | | Przełącznik przeciążeń. | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Stycz. główny | Stycz. ukł. typu trójkąt | Stycz. ukł. gwiazd. | Typ | Liczba zwojów | Typ | Zakres nastaw prądu [A] |
| 5,5 | 6.7* | XT4V250 Ekip-I In100 | 150 | A95 | A95 | A26 | 185R/4** | 13 | TA25DU2.4** | 6-8.5 |
| 7,5 | 8.9* | XT4V250 Ekip-I In100 | 150 | A95 | A95 | A26 | 185R/4** | 10 | TA25DU2.4** | 7.9-11.1 |
| 11 | 12.8* | XT4V250 Ekip-I In100 | 200 | A95 | A95 | A26 | 185R/4** | 7 | TA25DU2.4** | 11.2-15.9 |
| 15 | 17* | XT4V250 Ekip-I In100 | 250 | A95 | A95 | A26 | 185R/4** | 7 | TA25DU3.1** | 15.2-20.5 |
| 18,5 | 21 | XT4V250 Ekip-I In100 | 300 | A95 | A95 | A30 | 185R/4** | 6 | TA25DU3.1** | 17.7-23.9 |
| 22 | 24 | XT4V250 Ekip-I In100 | 350 | A95 | A95 | A30 | 185R/4** | 6 | TA25DU4** | 21.6-30.8 |
| 30 | 32 | XT4V250 Ekip-I In100 | 450 | A145 | A145 | A30 | 185R/4** | 6 | TA25DU5** | 27-38.5 |
| 37 | 39 | XT4V250 Ekip-I In100 | 550 | A145 | A145 | A30 | | | TA75DU52** | 36-52 |
| 45 | 47 | XT4V250 Ekip-I In100 | 650 | A145 | A145 | A30 | | | TA75DU52** | 36 - 52 |
| 55 | 57 | XT4V250 Ekip-I In100 | 800 | A145 | A145 | A40 | | | TA75DU52** | 36-52 |
| 75 | 77 | XT4V250 Ekip-I In160 | 1120 | A145 | A145 | A50 | | | TA75DU52 | 36 - 52 |
| 90 | 93 | XT4V250 Ekip-I In160 | 1280 | A145 | A145 | A75 | | | TA75DU63 | 45-63 |
| 110 | 113 | XT4V250 Ekip-I In160 | 1600 | A145 | A145 | A75 | | | TA75DU80 | 60-80 |
| 132 | 134 | XT4V250 Ekip-I In250 | 1875 | A145 | A145 | A95 | | | TA200DU110 | 80-110 |
| 160 | 162 | XT4V250 Ekip-I In250 | 2125 | A145 | A145 | A110 | | | TA200DU110 | 80-110 |

Uwagi:

* przekrój przewodu 4 mm²

**podłączyć przełącznik przeciążeniowy TOL po stronie zasilania linia-trójkąt

TOR: wywalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 32: 690 V, 50 kA, rozruch Y/Δ normalny, typu 2 (Tmax T – stycznik – TOR/EOL)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | Stycznik | | | Przekł. prąd. KORC | | Przełącznik przeciążeń. | |
|----------------|----------------|----------------------|--------------------|---------------|--------------------------|---------------------|--------------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ | I ₃ [A] | Stycz. główny | Stycz. ukł. typu trójkąt | Stycz. ukł. gwiazd. | Typ | Liczba zwojów | Typ | Zakres nastaw prądu [A] |
| 5,5 | 6.7* | T4L250 PR221-I In100 | 150 | A95 | A95 | A26 | 4L185R/4** | 13 | TA25DU2.4** | 6-8.5 |
| 7,5 | 8.9* | T4L250 PR221-I In100 | 150 | A95 | A95 | A26 | 4L185R/4** | 10 | TA25DU2.4** | 7.9-11.1 |
| 11 | 12.8* | T4L250 PR221-I In100 | 200 | A95 | A95 | A26 | 4L185R/4** | 7 | TA25DU2.4** | 11.2-15.9 |
| 15 | 17* | T4L250 PR221-I In100 | 250 | A95 | A95 | A26 | 4L185R/4** | 7 | TA25DU3.1** | 15.2-20.5 |
| 18,5 | 21 | T4L250 PR221-I In100 | 300 | A95 | A95 | A30 | 4L185R/4** | 6 | TA25DU3.1** | 17.7-23.9 |
| 22 | 24 | T4L250 PR221-I In100 | 350 | A95 | A95 | A30 | 4L185R/4** | 6 | TA25DU4** | 21.6-30.8 |
| 30 | 32 | T4L250 PR221-I In100 | 450 | A145 | A145 | A30 | 4L185R/4** | 6 | TA25DU5** | 27-38.5 |
| 37 | 39 | T4L250 PR221-I In100 | 550 | A145 | A145 | A30 | | | TA75DU52** | 36-52 |
| 45 | 47 | T4L250 PR221-I In100 | 650 | A145 | A145 | A30 | | | TA75DU52** | 36 - 52 |
| 55 | 57 | T4L250 PR221-I In100 | 800 | A145 | A145 | A40 | | | TA75DU52** | 36-52 |
| 75 | 77 | T4L250 PR221-I In160 | 1120 | A145 | A145 | A50 | | | TA75DU52 | 36 - 52 |
| 90 | 93 | T4L250 PR221-I In160 | 1280 | A145 | A145 | A75 | | | TA75DU63 | 45-63 |
| 110 | 113 | T4L250 PR221-I In160 | 1600 | A145 | A145 | A75 | | | TA75DU80 | 60-80 |
| 132 | 134 | T4L250 PR221-I In250 | 1875 | A145 | A145 | A95 | | | TA200DU110 | 80-110 |
| 160 | 162 | T4L250 PR221-I In250 | 2125 | A145 | A145 | A110 | | | TA200DU110 | 80-110 |
| 200 | 203 | T4L320 PR221-I In320 | 2720 | A185 | A185 | A110 | | | TA200DU135 | 100-135 |
| 250 | 250 | T5L400 PR221-I In400 | 3200 | AF400 | AF400 | A145 | | | E500DU500 | 150-500 |
| 290 | 301 | T5L400 PR221-I In400 | 4000 | AF400 | AF400 | A145 | | | E500DU500 | 150-500 |
| 315 | 313 | T5L630 PR221-I In630 | 4410 | AF400 | AF400 | A185 | | | E500DU500 | 150-500 |
| 355 | 354 | T5L630 PR221-I In630 | 5040 | AF400 | AF400 | A210 | | | E500DU500 | 150-500 |
| 400 | 420 | T5L630 PR221-I In630 | 5670 | AF460 | AF460 | A210 | | | E500DU500 | 150-500 |
| 450 | 470 | T5L630 PR221-I In630 | 6300 | AF460 | AF460 | A260 | | | E500DU500 | 150-500 |

Uwagi:

* przekrój przewodu 4 mm²

**podłączyć przełącznik przeciążeniowy TOL po stronie zasilania linia-trójkąt

TOR: wyzwalacz termiczny

EOL: elektroniczny przełącznik przeciążeniowy

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 33: 400 V, 35 kA, rozruch bezpośredni normalny i dużej mocy, typu 2 (wyłącznik Tmax XT/T z wyzwalaczem Ekip M/PR222MP – stycznik)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | | Stycznik | Dopuszczalna nastawa prądu [A] |
|----------------|----------------|--------------------------|--|--------------------|----------|--------------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ*** | Prąd wyzwolenia z charakterystyką zależną* [A] | I ₃ [A] | Typ | |
| 7,5 | 15,5 | XT2N160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 150 | A63 | 25 |
| 11 | 22 | XT2N160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 225 | A63 | 25 |
| 15 | 29 | XT2N160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 50 |
| 18,5 | 35 | XT2N160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 50 |
| 22 | 41 | XT2N160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 441 | A75 | 50 |
| 30 | 55 | XT4N250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 600 | A95 | 95 |
| 37 | 66 | XT4N250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 700 | A95 | 95 |
| 45 | 80 | XT4N250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 800 | A95 | 95 |
| 55 | 97 | XT4N250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 960 | A145 | 145 |
| 75 | 132 | XT4N250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 1280 | A145 | 145 |
| 90 | 160 | T4N250 PR222 MP In200 | 80-200 | 1600 | A185 | 185 |
| 110 | 195 | T5N400 PR222 MP In320 | 128-320 | 1920 | A210 | 210 |
| 132 | 230 | T5N400 PR222 MP In320 | 128-320 | 2240 | A260 | 260 |
| 160 | 280 | T5N400 PR222 MP In320 | 128-320 | 2560 | AF400** | 320 |
| 200 | 350 | T5N400 PR222 MP In400 | 160-400 | 3200 | AF400 | 400 |
| 250 | 430 | T6N800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5040 | AF460 | 460 |
| 290 | 520 | T6N800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF580 | 580 |
| 315 | 540 | T6N800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF580 | 580 |
| 355 | 610 | T6N800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF750 | 630 |

Uwagi:

* W przypadku rozruchu o dużej mocy, w wyzwalaczu EKIP M lub MP należy wybrać klasę 30

** W przypadku normalnego rozruchu wybrać stycznik AF300

*** Wyzwalacz EKIP M-LIU jest dostępny również w wersji M-LRIU

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 34: 400 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny i dużej mocy, typu 2 (wyłącznik Tmax XT/T z wyzwalaczem Ekip M/PR222MP – stycznik)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | | Stycznik | Dopuszczalna nastawa prądu [A] |
|----------------|----------------|--------------------------|--|--------------------|----------|--------------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ*** | Prąd wyzwolenia z charakterystyką zależną* [A] | I ₃ [A] | Typ | |
| 7,5 | 15,5 | XT2S160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 150 | A63 | 25 |
| 11 | 22 | XT2S160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 225 | A63 | 25 |
| 15 | 29 | XT2S160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 50 |
| 18,5 | 35 | XT2S160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 50 |
| 22 | 41 | XT2S160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 441 | A75 | 50 |
| 30 | 55 | XT4S250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 600 | A95 | 95 |
| 37 | 66 | XT4S250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 700 | A95 | 95 |
| 45 | 80 | XT4S250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 800 | A95 | 95 |
| 55 | 97 | XT4S250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 960 | A145 | 145 |
| 75 | 132 | XT4S250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 1280 | A145 | 145 |
| 90 | 160 | T4S250 PR222 MP In200 | 80-200 | 1600 | A185 | 185 |
| 110 | 195 | T5S400 PR222 MP In320 | 128-320 | 1920 | A210 | 210 |
| 132 | 230 | T5S400 PR222 MP In320 | 128-320 | 2240 | A260 | 260 |
| 160 | 280 | T5S400 PR222 MP In320 | 128-320 | 2560 | AF400** | 320 |
| 200 | 350 | T5S400 PR222 MP In400 | 160-400 | 3200 | AF400 | 400 |
| 250 | 430 | T6S800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5040 | AF460 | 460 |
| 290 | 520 | T6S800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF580 | 580 |
| 315 | 540 | T6S800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF580 | 580 |
| 355 | 610 | T6S800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF750 | 630 |

Uwagi:

* W przypadku rozruchu o dużej mocy, w wyzwalaczu EKIP M lub MP należy wybrać klasę 30

** W przypadku normalnego rozruchu wybrać stycznik AF300

*** Wyzwalacz EKIP M-LIU jest dostępny również w wersji M-LRIU

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 35: 440 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny i dużej mocy, typu 2 (wyciągacz Tmax XT/T z wyłączaczem Ekip M/PR222MP – stycznik)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | | Stycznik | Dopuszczalna nastawa prądu [A] |
|----------------|----------------|--------------------------|--|--------------------|----------|--------------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ*** | Prąd wyzwolenia z charakterystyką zależną* [A] | I ₃ [A] | Typ | |
| 7,5 | 13,6 | XT2S160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 150 | A63 | 25 |
| 11 | 19,3 | XT2S160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 225 | A63 | 25 |
| 15 | 25,4 | XT2S160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 63 |
| 18,5 | 30,7 | XT2S160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 63 |
| 22 | 35,9 | XT2S160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 63 |
| 30 | 48,2 | XT4S250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 600 | A95 | 93 |
| 37 | 58 | XT4S250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 600 | A95 | 93 |
| 45 | 70 | XT4S250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 700 | A95 | 93 |
| 55 | 85 | XT4S250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 960 | A145 | 145 |
| 75 | 116 | XT4S250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 1120 | A145 | 145 |
| 90 | 140 | T4H250 PR222 MP In200 | 80-200 | 1400 | A185 | 185 |
| 110 | 171 | T5H400 PR222 MP In320 | 128-320 | 1920 | A210 | 210 |
| 132 | 202 | T5H400 PR222 MP In320 | 128-320 | 2240 | A260 | 240 |
| 160 | 245 | T5H400 PR222 MP In320 | 128-320 | 2560 | AF400** | 320 |
| 200 | 307 | T5H400 PR222 MP In400 | 160-400 | 3200 | AF400 | 400 |
| 250 | 377 | T6H800 PR222 MP In630 | 252-630 | 4410 | AF460 | 460 |
| 290 | 448 | T6H800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5040 | AF460 | 460 |
| 315 | 473 | T6H800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5040 | AF580 | 580 |
| 355 | 535 | T6H800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF580 | 580 |

Uwagi:

* W przypadku rozruchu o dużej mocy, w wyłączaczu EKIP M lub MP należy wybrać klasę 30

** W przypadku normalnego rozruchu wybrać stycznik AF300

*** Wyłączacz EKIP M-LIU jest dostępny również w wersji M-LRIU

Tabela 36: 690 V, 25 kA, rozruch bezpośredni normalny i dużej mocy, typu 2 (wyciągacz Tmax T z wyłączaczem Ekip M – stycznik)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | | Stycznik | Dopuszczalna nastawa prądu [A] |
|----------------|----------------|--------------------------|--|--------------------|----------|--------------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ*** | Prąd wyzwolenia z charakterystyką zależną* [A] | I ₃ [A] | Typ | |
| 11 | 12,8 | XT2V160 EKIP M-LIU In25 | 10-25 | 150 | A63 | 25 |
| 15 | 17 | XT2V160 EKIP M-LIU In25 | 10-25 | 175 | A63 | 25 |
| 18,5 | 21 | XT2V160 EKIP M-LIU In25 | 10-25 | 225 | A75 | 25 |
| 22 | 24 | XT2V160 EKIP M-LIU In63 | 25-63 | 250 | A75 | 63 |
| 30 | 32 | XT2V160 EKIP M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A95 | 63 |
| 37 | 39 | XT2V250 EKIP M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A95 | 63 |
| 45 | 47 | XT2V250 EKIP M-LIU In63 | 25-63 | 504 | A145 | 63 |
| 55 | 57 | XT4V250 EKIP M-LIU In63 | 25-63 | 567 | A145 | 63 |
| 75 | 77 | XT4V250 EKIP M-LIU In100 | 40-100 | 800 | A145 | 100 |
| 90 | 93 | XT4V250 EKIP M-LIU In160 | 64-160 | 960 | A145 | 120 |
| 110 | 113 | XT4V250 EKIP M-LIU In160 | 64-160 | 1120 | A145 | 120 |
| 132 | 134 | XT4V250 EKIP M-LIU In160 | 64-160 | 1440 | A185 | 160 |

Uwagi:

* W przypadku rozruchu o dużej mocy, w wyłączaczu MP należy wybrać klasę 30

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 37: 500 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny i dużej mocy, typu 2 (wyłącznik Tmax XT/T z wyzwalaczem Ekip M/PR222MP – stycznik)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | | Stycznik | Dopuszczalna nastawa prądu [A] |
|----------------|----------------|--------------------------|--|--------------------|----------|--------------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ*** | Prąd wyzwolenia z charakterystyką zależną* [A] | I ₃ [A] | Typ | |
| 7,5 | 12,4 | XT2H160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 150 | A63 | 25 |
| 11 | 17,6 | XT2H160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 175 | A63 | 25 |
| 15 | 23 | XT2H160 Ekip M-LIU In25 | 10-25 | 250 | A75 | 25 |
| 18,5 | 28 | XT2H160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 63 |
| 22 | 33 | XT2H160 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 378 | A75 | 63 |
| 30 | 44 | XT4H250 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 441 | A95 | 63 |
| 37 | 53 | XT4H250 Ekip M-LIU In63 | 25-63 | 567 | A95 | 63 |
| 45 | 64 | XT4H250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 630 | A145 | 100 |
| 55 | 78 | XT4H250 Ekip M-LIU In100 | 40-100 | 800 | A145 | 100 |
| 75 | 106 | XT4H250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 1120 | A145 | 145 |
| 90 | 128 | XT4H250 Ekip M-LIU In160 | 64-160 | 1280 | A145 | 145 |
| 110 | 156 | T4H250 PR222 MP In200 | 80-200 | 1600 | A185 | 170 |
| 132 | 184 | T5H400 PR222 MP In320 | 128-320 | 1920 | A210 | 210 |
| 160 | 224 | T5H400 PR222 MP In320 | 128-320 | 2240 | A260 | 240 |
| 200 | 280 | T5H400 PR222 MP In400 | 160-400 | 2800 | AF400** | 400 |
| 250 | 344 | T5H400 PR222 MP In400 | 160-400 | 3200 | AF400 | 400 |
| 290 | 394 | T6H800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5040 | AF460 | 460 |
| 315 | 432 | T6H800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5040 | AF460 | 460 |
| 355 | 488 | T6H800 PR222 MP In630 | 252-630 | 5670 | AF580 | 580 |

Uwagi:

* W przypadku rozruchu o dużej mocy, w wyzwalaczu EKIP M lub MP należy wybrać klasę 30

** W przypadku normalnego rozruchu wybrać stycznik AF300

*** Wyzwalacz EKIP M-LIU jest dostępny również w wersji M-LRIU

Tabela 38: 690 V, 50 kA, rozruch bezpośredni normalny i dużej mocy, typu 2 (Tmax T z wyzwalaczem PR222MP – stycznik)

| Silnik | | Wyłącznik kompaktowy | | | Stycznik | Dopuszczalna nastawa prądu [A] |
|----------------|----------------|-----------------------|--|--------------------|----------|--------------------------------|
| Moc znam. [kW] | Prąd znam. [A] | Typ*** | Prąd wyzwolenia z charakterystyką zależną* [A] | I ₃ [A] | Typ | |
| 45 | 47 | T4L250 PR222MP In 100 | 40-100 | 600 | A145 | 100 |
| 55 | 57 | T4L250 PR222MP In 100 | 40-100 | 600 | A145 | 100 |
| 75 | 77 | T4L250 PR222MP In 100 | 40-100 | 800 | A145 | 100 |
| 90 | 93 | T4L250 PR222MP In 160 | 64-160 | 960 | A145 | 120 |
| 110 | 113 | T4L250 PR222MP In 160 | 64-160 | 1120 | A145 | 120 |
| 132 | 134 | T4L250 PR222MP In 160 | 64-160 | 1440 | A185 | 160 |
| 160 | 162 | T4L250 PR222MP In 200 | 80-200 | 1600 | A185 | 170 |
| 200 | 203 | T5L400 PR222MP In320 | 128-320 | 1920 | A210 | 210 |
| 250 | 250 | T5L400 PR222MP In320 | 128-320 | 2240 | AF300 | 280 |
| 290 | 301 | T5L400 PR222MP In400 | 160-400 | 2800 | AF400 | 350 |
| 315 | 313 | T5L400 PR222MP In400 | 160-400 | 3200 | AF400 | 350 |

Uwagi:

* W przypadku rozruchu o dużej mocy, w wyzwalaczu MP należy wybrać klasę 30

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Przykład:

Dla rozruchu bezpośredniego normalnego, typu 2, silnika klatkowego trójfazowego asynchronicznego o następujących parametrach:

napięcie znamionowe $U_r = 400$ V

prąd zwarciovyy $I_k = 50$ kA

moc znamionowa silnika $P_e = 22$ kW

na podstawie tabeli 4, w odpowiednim wierszu można znaleźć następujące informacje:

- I_r (prąd znamionowy): 41 A;
- zabezpieczenie zwarciovyy: wyłącznik typu XT2S160 MA52;
- próg wyzwolenia magnetycznego: $I_3 = 547$ A;
- stycznik: A50;
- wyzwalacz termiczny TA75 DU52, zakres nastaw 36÷52 A

Dla rozruchu normalnego Y/Δ typu 2, silnika klatkowego trójfazowego asynchronicznego o następujących parametrach:

napięcie znamionowe $U_r = 400$ V

prąd zwarciovyy $I_k = 50$ kA

moc znamionowa silnika $P_e = 200$ kW

na podstawie tabeli 27, w odpowiednim wierszu można znaleźć następujące informacje:

- I_r (prąd znamionowy): 350 A;
- zabezpieczenie zwarciovyy: wyłącznik typu T5S630 PR221-I In630;
- próg wyzwolacza magnetycznego: $I_3 = 4410$ A;
- stycznik liniowy: A210;
- stycznik układu typu trójkąt: A210;
- stycznik układu gwiazdowego: A185;
- wyzwalacz termiczny E320DU320, zakres nastaw 100÷320 A (ustawić wartość $\frac{I_r}{\sqrt{3}} = 202$ A).

Dla rozruchu bezpośredniego ciężkiego, typu 2, silnika klatkowego trójfazowego asynchronicznego o następujących parametrach:

napięcie znamionowe $U_r = 400$ V

prąd zwarciovyy $I_k = 50$ kA

moc znamionowa silnika $P_e = 55$ kW

na podstawie tabeli 34, w odpowiednim wierszu można znaleźć następujące informacje:

- I_r (prąd znamionowy): 97 A;
- zabezpieczenie zwarciovyy: wyłącznik typu XT4S250 Ekip M LIU (lub Ekip M LRIU)* In160;
- próg wyzwolacza magnetycznego: $I_3 = 960$ A;
- stycznik: A145.

* Dla rozruchu o dużej mocy należy ustawić charakterystykę wyzwolenia wyzwolacza elektronicznego odpowiadającą klasie 30.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

2.4 Ochrona i łączenie transformatorów

Aspekty ogólne

Transformatory są wykorzystywane do zmiany napięcia zasilania, dla zasilania średniego i niskiego napięcia.

Dobór zabezpieczeń musi uwzględniać zjawiska wywołane stanami przejściowymi, w trakcie których natężenie prądu może osiągnąć wartości większe, niż prąd znamionowy przy pełnym obciążeniu. Zjawisko to zanika po kilku sekundach. Przebieg przedstawiający te zjawiska przejściowe na wykresie czasowo-prądowym, nazywany „prądem udarowym załączania I_0 ”, zależy od wielkości transformatora i może zostać oszacowany w oparciu o następujący wzór (zakłada się, że moc zwarciowa sieci zasilającej jest równa nieskończoności).

$$I_0 = \frac{K \cdot I_{1r} \cdot e^{(-t/\tau)}}{\sqrt{2}}$$

gdzie:

K jest stosunkiem pomiędzy maksymalną wartością szczytową prądu udarowego załączania (I_0) i prądem znamionowym transformatora (I_{1r}): ($K = I_0 / I_{1r}$);

τ jest stałą czasową prądu udarowego załączania;

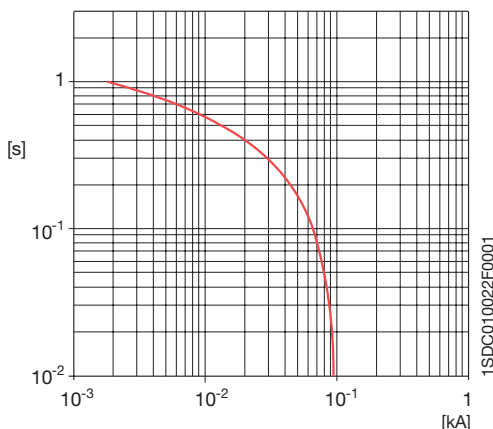
I_{1r} jest prądem znamionowym uzwojenia pierwotnego transformatora;

t oznacza czas.

W tabeli poniżej podano przybliżone wartości parametrów τ i K dla różnych wartości mocy S_r transformatorów olejowych.

| S_r [kVA] | 50 | 100 | 160 | 250 | 400 | 630 | 1000 | 1600 | 2000 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $K = I_0 / I_{1r}$ | 15 | 14 | 12 | 12 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
| τ [s] | 0.10 | 0.15 | 0.20 | 0.22 | 0.25 | 0.30 | 0.35 | 0.40 | 0.45 |

W zawiązku z powyższymi rozważaniami, na wykresie poniżej przedstawiono charakterystykę prądu udarowego załączania dla transformatora 20/0,4 kV o mocy 400 kVA. Ten transformator charakteryzuje się wartością prądu udarowego załączania wynoszącą w pierwszych chwilach około 8x wartość prądu znamionowego; ten stan nieustalony zanika po kilku dziesiątych sekundy.



2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Zabezpieczenia transformatorów muszą zagwarantować również, że transformator nie będzie mógł pracować powyżej maksymalnego punktu przeciążenia termicznego w warunkach zwarcia. Punkt ten jest określany na charakterystyce czasowo-prądowej przez wartość prądu zwarciovego, który może przepływać przez transformator przez 2 s, zgodnie z normą IEC 60076-5. Prąd zwarciovowy (I_k), pojawiający się po zwarciu niskoimpedancyjnym na zaciskach nn transformatora, jest obliczany w oparciu o następujący wzór:

$$I_k = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_{Net} + Z_t)} \quad [A] \quad (1)$$

gdzie:

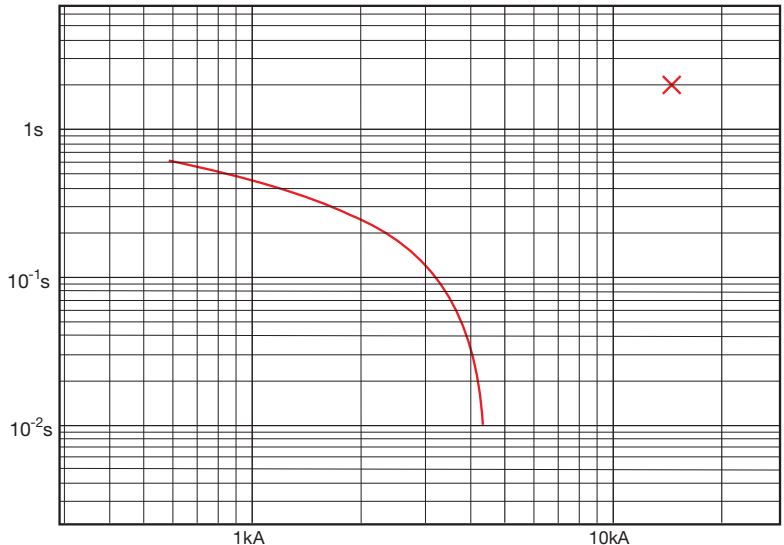
- U_r jest napięciem znamionowym transformatora [V];
- Z_{Net} jest impedancją zwarciovą sieci [Ω];
- Z_t jest impedancją zwarciovą transformatora; na podstawie mocy znamionowej transformatora (S_r [VA]) i procentowego napięcia zwarciovego ($u_k\%$) jest ona równa:

$$Z_t = \frac{u_k\% \cdot U_r^2}{100 \cdot S_r} \quad [\Omega] \quad (2)$$

Zakładając, że moc zwarciovą sieci przed transformatorem jest nieskończona ($Z_{Net}=0$), wzór (1) przyjmuje postać:

$$I_k = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_t)} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{u_k\% \cdot U_r^2}{100 \cdot S_r} \right)} = \frac{100 \cdot S_r}{\sqrt{3} \cdot u_k\% \cdot U_r} \quad [A] \quad (3)$$

Na wykresie poniżej przedstawiono charakterystykę prądu udarowego załączania dla transformatora 20/0,4 kV, o mocy 400 kVA ($u_k\% = 4\%$) i zaznaczono punkt oznaczający termiczną wytrzymałość zwarciovą (I_k ; 2 s).



1SDC010023F0001

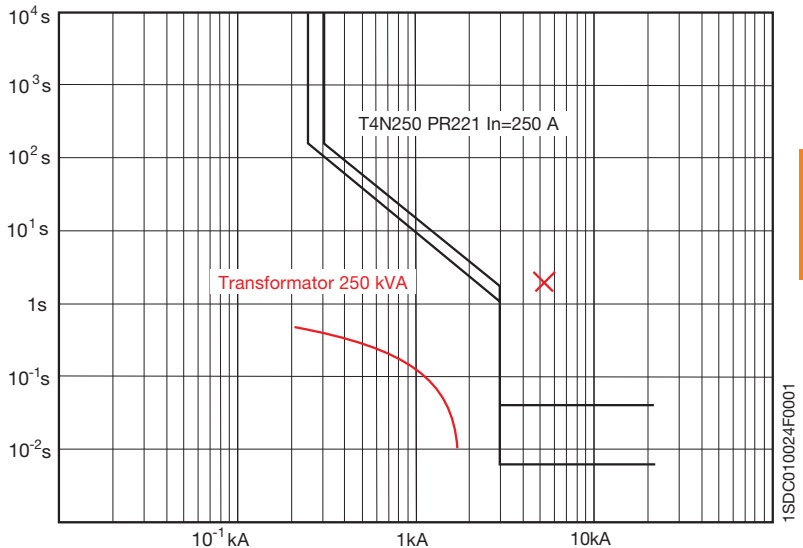
2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Podsumowując, w celu prawidłowego zabezpieczenia transformatora oraz w celu uniknięcia niechcianych działań zabezpieczeń, charakterystyka wyzwalacza musi przebiegać powyżej charakterystyki prądu udarowego załączania, i poniżej punktu przecięcia termicznego podczas zwarcia.

Wybór wyłączników dla obwodu pierwotnego transformatora NN/NN

Takiego typu transformatory są wykorzystywane głównie do obwodów pomocniczych sterowania i sygnalizacji, które wymagają często niższych napięć, niż dostępne w sieci zasilającej. W trakcie doboru i wyboru nastaw wyłącznika po stronie zasilania obwodu pierwotnego transformatora należy uwzględnić zarówno „prąd udarowy załączania”, jak i maksymalną krótkotrwałą obciążalność termiczną transformatora, zgodnie z opisem zamieszczonym na poprzednich stronach.

Na wykresie poniżej przedstawiono możliwe ustawienia charakterystyki wyzolenia wyłącznika zamontowanego po stronie pierwotnej transformatora o mocy 250 kVA, 690/400 i $u_k = 4\%$.



Na dalszych stronach zamieszczono tabele podające odpowiednie wyłączniki, w oparciu o napięcie znamionowe uzwojenia pierwotnego.

Wybierając wersję wyłącznika należy zastosować jeden aparat o wartości prądu I_{cu} większej, niż prąd zwarciovowy w miejscu zamontowania wyłącznika.

W celu uzyskania zabezpieczenia transformatora tak, jak na przykładowym rysunku powyżej, należy wprowadzić prawidłowe nastawy w zalecanym wyłączniku, zwracając szczególną uwagę na zalecenia przytoczone na wcześniejszych stronach.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

V1n = 400

| Transformator | | ABB SACE Wyłącznik | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---|-----------|--|-----------|
| S _r [kVA] | Transformator I _r [A] | Wyłącznik z wyzwalaczem termomagnetycznym | | Wyłącznik z wyzwalaczem elektronicznym | |
| | | Typ | In [A] | Typ | In [A] |
| 1 x 63 | 91 | XT1B-C-N-S-H | 125 | XT2N-S-H-L-V | 160 |
| 1 x 100 | 144 | XT3N-S | 200 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 125 | 180 | XT3N-S | 250 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 160 | 231 | XT4N-S-H-L-V | 250 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 200 | 289 | T5N-S-H-L-V | 320 | T5N-S-H-L-V | 400 |
| 1 x 250 | 361 | T5N-S-H-L-V | 400 | T5N-S-H-L-V | 400 |
| 1 x 315 | 455 | T5N-S-H-L-V | 500 | T5N-S-H-L-V | 630 |
| 1 x 400 | 577 | T6N-S-H-L | 630 | T6N-S-H-L-V | 630 |
| 1 x 500 | 722 | T6N-S-H-L | 800 | T6N-S-H-L | 800 |
| 1 x 630 | 909 | - | - | T7S-H-L-V/ X1B-N | 1000 |
| 1 x 800 | 1155 | - | - | T7S-H-L-V/ X1B-N | 1250 |
| 1 x 1000 | 1443 | - | - | T7S-H-L / X1B-N | 1600 |
| 1 x 1250 | 1804 | - | - | E2B-N-S | 2000 |
| 1 x 1600 | 2309 | - | - | E3N-S-H-V | 2500 |
| 1 x 2000 | 2887 | - | - | E3N-S-H-V | 3200 |

V1n = 440

| Transformator | | ABB SACE Wyłącznik | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---|-----------|--|-----------|
| S _r [kVA] | Transformator I _r [A] | Wyłącznik z wyzwalaczem termomagnetycznym | | Wyłącznik z wyzwalaczem elektronicznym | |
| | | Typ | In [A] | Typ | In [A] |
| 1 x 63 | 83 | XT1B-C-N-S-H | 125 | XT2N-S-H-L-V | 160 |
| 1 x 100 | 131 | XT3N-S | 200 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 125 | 164 | XT3N-S | 200 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 160 | 210 | XT4N-S-H-L-V | 250 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 200 | 262 | T5N-S-H-L-V | 320 | T5N-S-H-L-V | 400 |
| 1 x 250 | 328 | T5N-S-H-L-V | 400 | T5N-S-H-L-V | 400 |
| 1 x 315 | 413 | T5N-S-H-L-V | 500 | T5N-S-H-L-V | 630 |
| 1 x 400 | 526 | T6N-S-H-L | 630 | T6N-S-H-L | 630 |
| 1 x 500 | 656 | T6N-S-H-L | 800 | T6N-S-H-L | 800 |
| 1 x 630 | 827 | - | - | T7S-H-L-V-X1B-N | 1000 |
| 1 x 800 | 1050 | - | - | T7S-H-L-V/ X1B-N | 1250 |
| 1 x 1000 | 1312 | - | - | T7S-H-L / X1B-N | 1600 |
| 1 x 1250 | 1640 | - | - | E2B-N-S | 2000 |
| 1 x 1600 | 2099 | - | - | E3N-S-H-V | 2500 |
| 1 x 2000 | 2624 | - | - | E3N-S-H-V | 3200 |

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Vn = 690

| Transformator | | ABB SACE Wyłącznik | | | |
|-------------------------|-------------------------------------|---|-----------|--|-----------|
| S _r [kVA] | Transformator I _r [A] | Wyłącznik z wyzwalaczem termomagnetycznym | | Wyłącznik z wyzwalaczem elektronicznym | |
| | | Typ | In [A] | Typ | In [A] |
| 1 x 63 | 53 | XT1B-C-N-S-H | 80 | XT2N-S-H-L-V | 80 |
| 1 x 100 | 84 | XT1B-C-N-S-H | 125 | XT2N-S-H-L-V | 160 |
| 1 x 125 | 105 | XT1B-C-N-S-H | 125 | XT2N-S-H-L-V | 160 |
| 1 x 160 | 134 | XT1B-C-N-S-H | 160 | XT2N-S-H-L-V | 160 |
| 1 x 200 | 168 | XT3N-S | 200 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 250 | 209 | XT4N-S-H-L-V | 250 | XT4N-S-H-L-V | 250 |
| 1 x 315 | 264 | T5N-S-H-L-V | 320 | T5N-S-H-L-V | 400 |
| 1 x 400 | 335 | T5N-S-H-L-V | 400 | T5N-S-H-L-V | 400 |
| 1 x 500 | 419 | T5N-S-H-L-V | 500 | T5N-S-H-L-V | 630 |
| 1 x 630 | 528 | T6N-S-H-L | 630 | T6N-S-H-L | 800 |
| 1 x 800 | 670 | T6N-S-H-L | 800 | T6N-S-H-L | 800 |
| 1 x 1000 | 838 | - | - | T7S-H-L-V/ X1B-N | 1000 |
| 1 x 1250 | 1047 | - | - | T7S-H-L-V/ X1B-N | 1250 |
| 1 x 1600 | 1340 | - | - | T7S-H-L / X1B-N | 1600 |
| 1 x 2000 | 1676 | - | - | E2B-N-S | 2000 |

Kryteria doboru zabezpieczeń

W celu zabezpieczenia strony NN transformatora SN/NN, proces doboru wyłącznika musi uwzględniać:

- prąd znamionowy po stronie NN zabezpieczanego transformatora (wartość ta jest wartością odniesienia dla prądu znamionowego wyłącznika i nastaw zabezpieczeń);
- maksymalny prąd zwarciovowy w miejscu montażu (wartość ta wyznacza minimalny prąd wyłączalny (I_{cu}/I_{cs}) zabezpieczenia).

Moduł SN/NN z pojedynczym transformatorem

Prąd znamionowy po stronie NN transformatora (I_r) można wyznaczyć, korzystając z następującego wzoru:

$$I_r = \frac{1000 \cdot S_r}{\sqrt{3} \cdot U_{r20}} \quad [A] \quad (4)$$

gdzie:

- S_r jest mocą znamionową transformatora [kVA];
- U_{r20} jest napięciem znamionowym transformatora bez obciążenia po stronie NN [V].

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Pełnonapięciowy trójfazowy prąd zwarcia (I_k) na zaciskach NN transformatora można opisać za pomocą następującego wzoru (zakładając, że moc zwarciowa sieci jest nieskończona):

$$I_k = \frac{100 \cdot I_r}{u_k \%} \text{ [A]} \quad (5)$$

gdzie:

$u_k \%$ jest napięciem zwarciovym transformatora, w %.

Wyłącznik zabezpieczający musi charakteryzować się:⁽¹⁾

$$I_n \geq I_r;$$

$$I_{cu} (I_{cs}) \geq I_k.$$

Jeśli moc zwarciowa sieci przed transformatorem nie jest nieskończona lub też, jeśli występują połączenia oparte na przewodach lub szynach zbiorczych, można wtedy precyzyjniej obliczyć wartość prądu I_k , korzystając ze wzoru (1), gdzie Z_{Net} jest sumą impedancji sieci oraz impedancji połączeń.

Podstacja SN/NN z kilkoma transformatorami połączonymi równolegle

W celu obliczenia prądu znamionowego transformatora należy wykorzystać wzór 4.

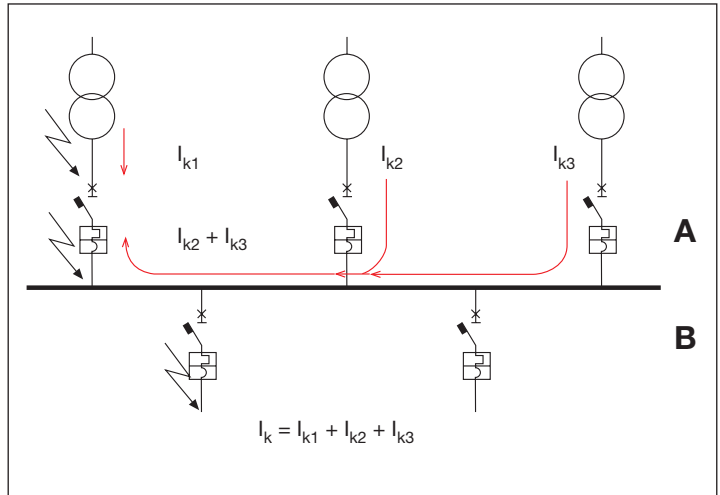
Wartość prądu wyłączalnego każdego z wyłączników zabezpieczających po stronie NN musi być większa, niż prąd zwarciovym odpowiadający prądowi zwarciovemu każdego z identycznych transformatorów, pomnożonego przez ich liczbę minus jeden. Jak można to zobaczyć na schemacie poniżej, w przypadku zwarcia występującego za wyłącznikiem transformatora (wyłącznik A), prąd zwarciovym przepływający przez wyłącznik odpowiada parametrom pojedynczego transformatora. W przypadku zwarcia występującego przed tym samym wyłącznikiem, płynący prąd zwarciovym odpowiada parametrom pozostających dwóch transformatorów połączonych równolegle.

⁽¹⁾ W celu zapewnienia prawidłowego zabezpieczenia przed przeciążeniem zaleca się stosowanie wyposażenia termometrycznego lub innych zabezpieczeń mogących monitorować temperaturę wewnątrz transformatorów.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

W celu prawidłowego doboru wielkości, należy wybrać wyłącznik charakteryzujący się prądem wyłączalnym dwa razy większym od prądu zwarciovego pojedynczego transformatora (zakładając, że wszystkie transformatory są identyczne, a obciążenia są pasywne).

Wyłączniki zamontowane na wyjściowych liniach zasilających (wyłączniki B) muszą charakteryzować się prądem wyłączalnym większym, niż suma prądów zwarciovych trzech transformatorów, zakładając, że moc zwarciova sieci przed wyłącznikiem wynosi 750 MVA, a obciążenia są pasywne.



2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Wybór wyłącznika

W tabelach poniżej przedstawiono niektóre z możliwych wyborów wyłączników firmy ABB SACE, w zależności od parametrów zabezpieczanego transformatora.

Tabela 1: Ochrona i łączenie transformatorów 230 V

| Transformator | | | Wyłącznik "A" (strona NN) | | | | | Szyba zbiorcza I _k | | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|-------------------------------|------|---------|---------|--------|-------|-------|-------|
| S _r | u _k | Transformator - I _n | Szyba zbiorcza - I _n | Linia zas. transf. - I _k | Wyłącznik ABB SACE | Wyzwalacz | | Szyba zbiorcza I _k | | | | | | | |
| | | [kVA] | [A] | [kA] | | Wielkość In [A] | Nastawa minimalna | | [kA] | 32 A | 63 A | 125 A | 160 A | 250 A | 400 A |
| 1 x 63 | 4 | 158 | 158 | 3,9 | XT1B160* | 160 | 1 | 3,9 | S200 | XT1B160 | | | | | |
| 2 x 63 | | 158 | 316 | 3,9 | XT1B160* | 160 | 1 | 7,9 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | | | | |
| 1 x 100 | 4 | 251 | 251 | 6,3 | T4N320 | 320 | 0,79 | 6,3 | S200 | XT1B160 | | | | | |
| 2 x 100 | | 251 | 502 | 6,2 | T4N320 | 320 | 0,79 | 12,5 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 1 x 125 | 4 | 314 | 314 | 7,8 | T5N400 | 400 | 0,79 | 7,8 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | | | | |
| 2 x 125 | | 314 | 628 | 7,8 | T5N400 | 400 | 0,79 | 15,6 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 1 x 160 | 4 | 402 | 402 | 10,0 | T5N630 | 630 | 0,64 | 10,0 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | | | | |
| 2 x 160 | | 402 | 803 | 9,9 | T5N630 | 630 | 0,64 | 19,9 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 1 x 200 | 4 | 502 | 502 | 12,5 | T5N630 | 630 | 0,8 | 12,5 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 200 | | 502 | 1004 | 12,4 | T5N630 | 630 | 0,8 | 24,8 | | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 1 x 250 | 4 | 628 | 628 | 15,6 | T5N630 | 630 | 1 | 15,6 | S200 | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 250 | | 628 | 1255 | 15,4 | T5N630 | 630 | 1 | 30,9 | | XT1C160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 1 x 315 | 4 | 791 | 791 | 19,6 | T6N800 | 800 | 1 | 19,6 | | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 315 | | 791 | 1581 | 19,4 | T6N800 | 800 | 1 | 38,7 | | XT1C160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 1 x 400 | 4 | 1004 | 1004 | 24,8 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,81 | 24,8 | | XT1B160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 400 | | 1004 | 2008 | 24,5 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,81 | 48,9 | | XT1N160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 1 x 500 | 4 | 1255 | 1255 | 30,9 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,79 | 30,9 | | XT1C160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 500 | | 1255 | 2510 | 30,4 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,79 | 60,7 | | XT1N160 | XT3S250 | T5N400 | | | |
| 1 x 630 | 4 | 1581 | 1581 | 38,7 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 1 | 38,7 | | XT1C160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 630 | | 1581 | 3163 | 37,9 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 1 | 75,9 | | XT1S160 | XT3S250 | T5S400 | | | |
| 3 x 630 | 4 | 1581 | 4744 | 74,4 | T7S1600/E2S1600 | 1600 | 1 | 111,6 | | XT2L160 | XT4L250 | T5L400 | | | |
| 1 x 800 | | 2008 | 2008 | 39,3 | E3N2500 | 2500 | 0,81 | 39,3 | | XT1C160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 800 | 5 | 2008 | 4016 | 38,5 | E3N2500 | 2500 | 0,81 | 77,0 | | XT1S160 | XT3S250 | T5S400 | | | |
| 3 x 800 | | 2008 | 6025 | 75,5 | E3H2500 | 2500 | 0,81 | 113,2 | | XT2L160 | XT4L250 | T5L400 | | | |
| 1 x 1000 | 5 | 2510 | 2510 | 48,9 | E3N3200 | 3200 | 0,79 | 48,9 | | XT1N160 | XT3N250 | T5N400 | | | |
| 2 x 1000 | | 2510 | 5020 | 47,7 | E3N3200 | 3200 | 0,79 | 95,3 | | XT1H160 | XT4H250 | T5H400 | | | |
| 3 x 1000 | 5 | 2510 | 7531 | 93,0 | E3H3200 | 3200 | 0,79 | 139,5 | | XT2L160 | XT4L250 | T5L400 | | | |
| 1 x 1250 | | 3138 | 3138 | 60,7 | E3N3200 | 3200 | 1 | 60,7 | | XT1N160 | XT3S250 | T5N400 | | | |
| 2 x 1250 | 5 | 3138 | 6276 | 58,8 | E3N3200 | 3200 | 1 | 117,7 | | XT2L160 | XT4L250 | T5L400 | | | |
| 3 x 1250 | | 3138 | 9413 | 114,1 | E4V3200 | 3200 | 1 | 171,2 | | XT2V160 | XT4V250 | T5L400 | | | |

* Można do tego zastosowania wykorzystać również wyłączniki serii Tmax wyposażone w wyzwalacze elektroniczne.

** Można do tego zastosowania wykorzystać wyłączniki Emax typu E1

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

| Wyłłącznik "B" (wyłącznik linii zasilającej) | | | | | | | | |
|--|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Typ wyłącznika linii zasilającej i prąd znamionowy | | | | | | | | |
| 630 A | 800 A | 1000 A | 1250 A | 1600 A | 2000 A | 2500 A | 3200 A | 4000 A |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | | | | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | | | | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | | | | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | E2N2000 | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | | | | | |
| T5S630 | T6S800/E2S800 | T7S1000/E2S1000 | T7S1250/E2S1250 | T7S1600/E2S1600 | E2S2000 | E3H2500 | | |
| T5L630 | T6L800/E3V800 | T7L1000/E3V1250 | T7L1250/E3V1250 | T7L1600/E3V1600 | E3V2000 | E3V2500 | E3V3200 | |
| T5N630 | T6N800/X1B1000 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | T7S1600/X1B1600 | | | | |
| T5S630 | T6L800/E2S800 | T7S1000/E2S1000 | T7S1250/E2S1250 | T7S1600/E2S1600 | E2S2000 | E3H2500 | E3H3200 | |
| T5L630 | T6L800/E3V800 | T7L1000/E3V1250 | T7L1250/E3V1250 | T7L1600/E3V1600 | E3V2000 | E3V2500 | E4V3200 | E4V4000 |
| T5N630 | T6N800/X1N1000 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | E2N2000 | | | |
| T5H630 | T6H800/E3H800 | T7H1000/E3H1000 | T7H1250/E3H1250 | T7H1600/E3H1600 | E3H2000 | E3H2500 | E3H3200 | E4H4000 |
| T5L630 | T6L800 | T7L1000 | T7L1250 | T7L1600 | E4V3200 | E4V3200 | E4V3200 | E4V4000 |
| T5N630 | T6N800/X1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | | |
| T5L630 | T6L800/E3V800 | T7L1000/E3V1250 | T7L1250/E3V1250 | T7L1600/E3V1600 | E3V2000 | E3V2500 | E3V3200 | E4V4000 |
| T5L630 | T6L800 | T7L1000 | T7L1250 | T7L1600 | | | | |

1SDCO10035F0201

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 2: Ochrona i łączenie transformatorów 400 V

| Transformator | | | Wyłącznik "A" (strona NN) | | | | | Szczytowa zbiórca I _k | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|----------------------------------|---------|---------|-------|-------|---------|--------|
| S _r | u _k | Transformator - I _r | Szczytowa zbiórca - I _b | Linia zas. transf. - I _k | Wyłącznik ABB SACE | Wyzwalacz | | Szczytowa zbiórca I _k | | | | | | |
| [kVA] | [%] | [A] | [A] | [kA] | | Wielkość In [A] | Nastawa minimalna | [kA] | 32 A | 63 A | 125 A | 160 A | 250 A | 400 A |
| 1 x 63 | 4 | 91 | 91 | 2,2 | XT1B* | 100 | 0,92 | 2,2 | S200 | | | | | |
| 2 x 63 | | 91 | 182 | 2,2 | XT1B* | 100 | 0,92 | 4,4 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 1 x 100 | 4 | 144 | 144 | 3,6 | XT1B* | 160 | 0,91 | 3,6 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 2 x 100 | | 144 | 288 | 3,6 | XT1B* | 160 | 0,91 | 7,2 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 1 x 125 | 4 | 180 | 180 | 4,5 | XT3N250* | 200 | 0,73 | 4,5 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 2 x 125 | | 180 | 360 | 4,4 | XT3N250* | 200 | 0,73 | 8,8 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 1 x 160 | 4 | 231 | 231 | 5,7 | XT3N250* | 250 | 0,93 | 5,7 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 2 x 160 | | 231 | 462 | 5,7 | XT3N250* | 250 | 0,93 | 11,4 | S200M | XT1B160 | | | XT3N250 | |
| 1 x 200 | 4 | 289 | 289 | 7,2 | T4N320 | 320 | 0,91 | 7,2 | S200 | XT1B160 | | | XT3N250 | |
| 2 x 200 | | 289 | 578 | 7,1 | T4N320 | 320 | 0,91 | 14,2 | S200M | XT1B160 | | | XT3N250 | T5N400 |
| 1 x 250 | 4 | 361 | 361 | 8,9 | T5N400 | 400 | 0,91 | 8,9 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 2 x 250 | | 361 | 722 | 8,8 | T5N400 | 400 | 0,91 | 17,6 | | XT1B160 | | | XT3N250 | T5N400 |
| 1 x 315 | 4 | 455 | 455 | 11,2 | T5N630 | 630 | 0,73 | 11,2 | S200M | XT1B160 | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 315 | | 455 | 910 | 11,1 | T5N630 | 630 | 0,73 | 22,2 | | XT1C160 | | | XT3N250 | T5N400 |
| 1 x 400 | 4 | 577 | 577 | 14,2 | T5N630 | 630 | 0,92 | 14,2 | S200M | XT1B160 | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 400 | | 577 | 1154 | 14 | T5N630 | 630 | 0,92 | 28 | | XT1N160 | | | XT3N250 | T5N400 |
| 1 x 500 | 4 | 722 | 722 | 17,7 | T6N800 | 800 | 0,91 | 17,7 | XT1B160 | | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 500 | | 722 | 1444 | 17,5 | T6N800 | 800 | 0,91 | 35,9 | | XT1N160 | | | XT3N250 | T5N400 |
| 1 x 630 | 4 | 909 | 909 | 22,3 | T7S1000/X1B1000** | 1000 | 0,91 | 22,3 | XT1C160 | | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 630 | | 909 | 1818 | 21,8 | T7S1000/X1B1000** | 1000 | 0,91 | 43,6 | | XT1S160 | | | XT3S250 | T5S400 |
| 3 x 630 | | 909 | 2727 | 42,8 | T7S1000/X1N1000** | 1000 | 0,91 | 64,2 | | XT1H160 | | | XT4H250 | T5H400 |
| 1 x 800 | 5 | 1155 | 1155 | 22,6 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,93 | 22,6 | XT1C160 | | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 800 | | 1155 | 2310 | 22,1 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,93 | 44,3 | | XT1S160 | | | XT3S250 | T5S400 |
| 3 x 800 | | 1155 | 3465 | 43,4 | T7S1250/X1N1250** | 1250 | 0,93 | 65 | | XT1H160 | | | XT4H250 | T5H400 |
| 1 x 1000 | 5 | 1443 | 1443 | 28,1 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,91 | 28,1 | XT1N160 | | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 1000 | | 1443 | 2886 | 27,4 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,91 | 54,8 | | XT1H160 | | | XT4H250 | T5H400 |
| 3 x 1000 | | 1443 | 4329 | 53,5 | T7H1600/E2N1600 | 1600 | 0,91 | 80,2 | | XT2L160 | | | XT4L250 | T5L400 |
| 1 x 1250 | 5 | 1804 | 1804 | 34,9 | E2B2000 | 2000 | 0,91 | 34,9 | XT1N160 | | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 1250 | | 1804 | 3608 | 33,8 | E2B2000 | 2000 | 0,91 | 67,7 | | XT1H160 | | | XT4H250 | T5H400 |
| 3 x 1250 | | 1804 | 5412 | 65,6 | E2S2000 | 2000 | 0,91 | 98,4 | | XT2L160 | | | XT4L250 | T5L400 |
| 1 x 1600 | 6,25 | 2309 | 2309 | 35,7 | E3N2500 | 2500 | 0,93 | 35,7 | XT1N160 | | | | XT3N250 | T5N400 |
| 2 x 1600 | | 2309 | 4618 | 34,6 | E3N2500 | 2500 | 0,93 | 69,2 | | XT1H160 | | | XT4H250 | T5H400 |
| 3 x 1600 | | 2309 | 6927 | 67 | E3S2500 | 2500 | 0,93 | 100,6 | | XT2L160 | | | XT4L250 | T5L400 |
| 1 x 2000 | 6,25 | 2887 | 2887 | 44,3 | E3N3200 | 3200 | 0,91 | 44,3 | XT1S160 | | | | XT3S250 | T5S400 |
| 2 x 2000 | | 2887 | 5774 | 42,6 | E3N3200 | 3200 | 0,91 | 85,1 | | XT2L160 | | | XT4L250 | T5L400 |
| 3 x 2000 | | 2887 | 8661 | 81,9 | E3H3200 | 3200 | 0,91 | 122,8 | | XT2V160 | | | XT4V250 | T5V400 |
| 1 x 2500 | 6,25 | 3608 | 3608 | 54,8 | E4S4000 | 4000 | 0,91 | 54,8 | XT1H160 | | | | XT4H250 | T5H400 |
| 1 x 3125 | 6,25 | 4510 | 4510 | 67,7 | E6H5000 | 5000 | 0,91 | 67,7 | | XT1H160 | | | XT4H250 | T5H400 |

* Można do tego zastosowania wykorzystać również wyłączniki serii Tmax wyposażone w wyzwalacze elektroniczne.

** Można do tego zastosowania wykorzystać wyłączniki Emax typu E1.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

| Wyłącznik "B" (wyłącznik linii zasilającej) | | | | | | | | |
|---|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Typ wyłącznika linii zasilającej i prąd znamionowy | | | | | | | | |
| 630 A | 800 A | 1000 A | 1250 A | 1600 A | 2000 A | 2500 A | 3200 A | 4000 A |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | | | | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | | | | | | | |
| T5S630 | T6S800/X1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | | | | | |
| T5H630 | T6H800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | | | | | | |
| T5S630 | T6S800/X1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | | | | |
| T5H630 | T6H800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | | | | | |
| T5H400 | T6H800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | | | |
| T5L630 | T6L800/E2S800 | T7L1000/E2S1000 | T7L1250/E2S1250 | T7L1600/E2S1600 | E2S2000 | E3H2500 | E3H3200 | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | T7S1600/X1B1600 | | | | |
| T5H630 | T6H800/E2S800 | T7H1000/E2S1000 | T7H1250/E2S1250 | T7H1600/E2S1600 | E2S2000 | E3S2500 | E3S3200 | |
| T5L630 | T6L800/E3H800 | T7L1000/E3H1000 | T7L1250/E3H1250 | T7L1600/E3H1600 | E3H2000 | E3H2500 | E3H3200 | E4H4000 |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | T7S1600/X1B1600 | | | | |
| T5H630 | T6H800/E2S800 | T7H1000/E2S1000 | T7H1250/E2S1250 | T7H1600/E2S1600 | E2S2000 | E3S2500 | E3S3200 | E4S4000 |
| T5L630 | T7L800/E3V800 | T7L1000/E3V1250 | T7L1250/E3V1250 | T7L1600/E3V1600 | E3V2000 | E3V2500 | E3V3200 | E4V4000 |
| T5S630 | T6S800/X1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | E2N2000 | | | |
| T5L630 | T6L800/E3H800 | T7L1000/E3H1000 | T7L1250/E3H1250 | T7L1600/E3H1600 | E3H2000 | E3H2500 | E3H3200 | E4H4000 |
| T5V630 | T7V800/E3V800 | T7V1000/E3V1000 | T7V1250/E3V1250 | E3V1600 | E3V2000 | E3V2500 | E3V3200 | E4V4000 |
| T5H630 | T6H800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | E3N3200 | |
| T5H630 | T6H800/E2S800 | T7H1000/E2S1000 | T7H1250/E2S1250 | T7H1600/E2S1600 | E2S2000 | E3S2500 | E3S3200 | E4S4000 |

1SDC010036F0201

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 3: Ochrona i łączenie transformatorów 440 V

| Transformator | | | Wyłłącznik "A" (strona NN) | | | | | Szlina zbiorcza I _n | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|------|---------|-------|---------|--------|-------|
| S _r | u _k | Transformator - I _r | Szlina zbiorcza - I _b | Linia zas. transf. - I _k | Wyłłącznik ABB SACE | Wyzwalacz | | Szlina zbiorcza I _n | 32 A | 63 A | 125 A | 160 A | 250 A | 400 A |
| | | | | | | Wielkość In [A] | Nastawa minimalna | | | | | | | |
| [kVA] | [%] | [A] | [A] | [kA] | | | | [kA] | | | | | | |
| 1 x 63 | 4 | 83 | 83 | 2,1 | XT1B160* | 100 | 0,83 | 2,1 | S200 | | | | | |
| 2 x 63 | | 83 | 165 | 2,1 | XT1B160* | 100 | 0,83 | 4,1 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 1 x 100 | 4 | 131 | 131 | 3,3 | XT1B160* | 160 | 0,82 | 3,3 | S200 | | | | | |
| 2 x 100 | | 131 | 262 | 3,3 | XT1B160* | 160 | 0,82 | 6,5 | | XT1B160 | | | | |
| 1 x 125 | 4 | 164 | 164 | 4,1 | XT3N250* | 200 | 0,82 | 4,1 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 2 x 125 | | 164 | 328 | 4,1 | XT3N250* | 200 | 0,82 | 8,1 | | XT1B160 | | XT3N250 | | |
| 1 x 160 | 4 | 210 | 210 | 5,2 | XT3N250* | 250 | 0,84 | 5,2 | S200 | XT1B160 | | | | |
| 2 x 160 | | 210 | 420 | 5,2 | XT3N250* | 250 | 0,84 | 10,4 | | XT1B160 | | XT3N250 | | |
| 1 x 200 | 4 | 262 | 262 | 6,5 | T4N320 | 320 | 0,82 | 6,5 | | XT1B160 | | | | |
| 2 x 200 | | 262 | 525 | 6,5 | T4N320 | 320 | 0,82 | 12,9 | | XT1B160 | | XT3N250 | T5N400 | |
| 1 x 250 | 4 | 328 | 328 | 8,1 | T5N400 | 400 | 0,82 | 8,1 | | XT1B160 | | | | |
| 2 x 250 | | 328 | 656 | 8,1 | T5N400 | 400 | 0,82 | 16,1 | | XT1C160 | | XT3N250 | T5N400 | |
| 1 x 315 | 4 | 413 | 413 | 10,2 | T5N630 | 630 | 0,66 | 10,2 | | XT1B160 | | | | |
| 2 x 315 | | 413 | 827 | 10,1 | T5N630 | 630 | 0,66 | 20,2 | | XT1C160 | | XT3N250 | T5N400 | |
| 1 x 400 | 4 | 525 | 525 | 12,9 | T5N630 | 630 | 0,83 | 12,9 | | XT1B160 | | | | |
| 2 x 400 | | 525 | 1050 | 12,8 | T5N630 | 630 | 0,83 | 25,6 | | XT1N160 | | XT3S250 | T5N400 | |
| 1 x 500 | 4 | 656 | 656 | 16,1 | T6N800 | 800 | 0,82 | 16,1 | | XT1C160 | | | | |
| 2 x 500 | | 656 | 1312 | 15,9 | T6N800 | 800 | 0,82 | 31,7 | | XT1N160 | | XT3S250 | T5S400 | |
| 1 x 630 | 4 | 827 | 827 | 20,2 | T7S1000/X1B1000** | 1000 | 0,83 | 20,2 | | XT1C160 | | | | |
| 2 x 630 | | 827 | 1653 | 19,8 | T7S1000/X1B1000** | 1000 | 0,83 | 39,7 | | XT1S160 | | XT3S250 | T5S400 | |
| 3 x 630 | | 827 | 2480 | 38,9 | T7S1000/X1B1000** | 1000 | 0,83 | 58,3 | | XT1H160 | | XT4H250 | T5H400 | |
| 1 x 800 | 5 | 1050 | 1050 | 20,6 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,84 | 20,6 | | XT1C160 | | | | |
| 2 x 800 | | 1050 | 2099 | 20,1 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,84 | 40,3 | | XT1S160 | | XT4S250 | T5H400 | |
| 3 x 800 | | 1050 | 3149 | 39,5 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,84 | 59,2 | | XT1H160 | | XT4H250 | T5H400 | |
| 1 x 1000 | 5 | 1312 | 1312 | 25,6 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,82 | 25,6 | | XT1N160 | | | | |
| 2 x 1000 | | 1312 | 2624 | 24,9 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,82 | 49,8 | | XT1S160 | | XT4S250 | T5H400 | |
| 3 x 1000 | | 1312 | 3936 | 48,6 | T7H1600/X1N1600** | 1600 | 0,82 | 72,9 | | XT2L160 | | XT4L250 | T5L400 | |
| 1 x 1250 | 5 | 1640 | 1640 | 31,7 | E2B2000 | 2000 | 0,82 | 31,7 | | XT1N160 | | | | |
| 2 x 1250 | | 1640 | 3280 | 30,8 | E2B2000 | 2000 | 0,82 | 61,5 | | XT1H160 | | XT4H250 | T5H400 | |
| 3 x 1250 | | 1640 | 4921 | 59,6 | E2N2000 | 2000 | 0,82 | 89,5 | | XT2L160 | | XT4L250 | T5L400 | |
| 1 x 1600 | 6,25 | 2099 | 2099 | 32,5 | E3N2500 | 2500 | 0,84 | 32,5 | | XT1N160 | | | | |
| 2 x 1600 | | 2099 | 4199 | 31,4 | E3N2500 | 2500 | 0,84 | 62,9 | | XT1H160 | | XT4H250 | T5H400 | |
| 3 x 1600 | | 2099 | 6298 | 60,9 | E3N2500 | 2500 | 0,84 | 91,4 | | XT2L160 | | XT4L250 | T5L400 | |
| 1 x 2000 | 6,25 | 2624 | 2624 | 40,3 | E3N3200 | 3200 | 0,82 | 40,3 | | XT1S160 | | | | |
| 2 x 2000 | | 2624 | 5249 | 38,7 | E3N3200 | 3200 | 0,82 | 77,4 | | XT2L160 | | XT4L250 | T5L400 | |
| 3 x 2000 | | 2624 | 7873 | 74,4 | E3S3200 | 3200 | 0,82 | 111,7 | | XT2V160 | | XT4V250 | T5V400 | |
| 1 x 2500 | 6,25 | 3280 | 3280 | 49,8 | E4S4000 | 4000 | 0,82 | 49,8 | | XT1S160 | | XT4S250 | T5H400 | |
| 1 x 3125 | 6,25 | 4100 | 4100 | 61,5 | E6H5000 | 5000 | 0,82 | 61,5 | | XT1H160 | | XT4H250 | T5H400 | |

* Można do tego zastosowania wykorzystać również wyłączniki serii Tmax wyposażone w wyzwalacze elektroniczne.

** Można do tego zastosowania wykorzystać wyłączniki Emax typu E1.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

| Wyłącznik "B" (wyłącznik linii zasilającej) | | | | | | | | |
|--|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|---------|---------|---------|
| Typ wyłącznika linii zasilającej i prąd znamionowy | | | | | | | | |
| 630 A | 800 A | 1000 A | 1250 A | 1600 A | 2000 A | 2500 A | 3200 A | 4000 A |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5S630 | T6S800/X1B800 | | | | | | | |
| T5N630 | | | | | | | | |
| T5S630 | T6S800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | | | | | |
| T5H630 | T6L800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | | | |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | | | | | | | |
| T5H630 | T6S800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | T7S1600/X1B1600 | | | | |
| T5H630 | T6L800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | E3N3200 | E4S4000 |
| T5N630 | T6N800/X1B800 | | | | | | | |
| T5H630 | T6H800/E1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | E2N2000 | | | |
| T5L630 | T6L800/E2S800 | T7L1000/E2S1000 | T7L1250/E2S1250 | T7L1600/E2S1600 | E3S2000 | E3S2500 | E3S3200 | |
| T5S630 | T6S800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | | | | | |
| T5H630 | T6L800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/XN1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | | |
| T5L630 | T7L800/E3H800 | T7L1000/E3H1000 | T7L1250/E3H1250 | T7L1600/E3H1600 | E3H2000 | E3H2500 | E3H3200 | E4H4000 |
| T5S630 | T6S800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | T7S1600/X1B1600 | | | | |
| T5H630 | T6L800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | E3N3200 | |
| T5L630 | T7L800/E3H800 | T7L1000/E3H1000 | T7L1250/E3H1250 | T7L1600/E3H1600 | E3H2000 | E3H2500 | E3H3200 | E4H4000 |
| T5H630 | T6S800/X1B800 | T7S1000/X1B1000 | T7S1250/X1B1250 | T7S1600/X1B1600 | E2B2000 | | | |
| T5L630 | T6L800/E2S800 | T7L1000/E2S1000 | T7L1250/E2S1250 | T7L1600/E2S1600 | E3H2000 | E3H2500 | E3H3200 | E4H4000 |
| T5V630 | T7V800/E3V800 | T7V1000/E3V1000 | T7V1250/E3V1250 | E3V1600 | E3V2000 | E3V2500 | E3V3200 | E4V4000 |
| T5H630 | T6H800/X1N800 | T7S1000/X1N1000 | T7S1250/X1N1250 | T7S1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | | |
| T5H630 | T6L800/X1N800 | T7H1000/X1N1000 | T7H1250/X1N1250 | T7H1600/X1N1600 | E2N2000 | E3N2500 | E3N3200 | |

TSDC010037F0201

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Tabela 4: Ochrona i łączenie transformatorów 690 V

| Transformator | | Wyłącznik "A" (strona NN) | | | | | | Sztyna zbiorcza I _k | | | | | | |
|----------------|----------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|-----------|------|-------|-------|-----------|--------|
| S _r | u _k | Transformator - I _n | Sztyna zbiorcza - I _b | Linia zas. transf. - I _k | Wyłącznik ABB SACE | Wyzwalacz | | Sztyna zbiorcza I _k | 32 A | 63 A | 125 A | 160 A | 250 A | 400 A |
| | | | | | | Wielkość In [A] | Nastawa minimalna | | | | | | | |
| [kVA] | [%] | [A] | [A] | [kA] | | | | [kA] | | | | | | |
| 1 x 63 | 4 | 53 | 53 | 1,3 | XT1B* | 63 | 0,84 | 1,3 | XT1B160 | | | | | |
| 2 x 63 | | 53 | 105 | 1,3 | XT1B* | 63 | 0,84 | 2,6 | XT1B160 | | | | | |
| 1 x 100 | 4 | 84 | 84 | 2,1 | XT1B* | 100 | 0,84 | 2,1 | XT1B160 | | | | | |
| 2 x 100 | | 84 | 167 | 2,1 | XT1B* | 100 | 0,84 | 4,2 | XT1N160 | | | | | |
| 1 x 125 | 4 | 105 | 105 | 2,6 | XT1B* | 125 | 0,84 | 2,6 | XT1B160 | | | | | |
| 2 x 125 | | 105 | 209 | 2,6 | XT1B* | 125 | 0,84 | 5,2 | XT1N160 | | | | | |
| 1 x 160 | 4 | 134 | 134 | 3,3 | XT1C* | 160 | 0,84 | 3,3 | XT1C160 | | | | | |
| 2 x 160 | | 134 | 268 | 3,3 | XT1C* | 160 | 0,84 | 6,6 | XT1S160 | | | | | |
| 1 x 200 | 4 | 167 | 167 | 4,2 | XT3N250* | 200 | 0,84 | 4,2 | XT1N160 | | | | | |
| 2 x 200 | | 167 | 335 | 4,1 | XT3N250* | 200 | 0,84 | 8,3 | XT1H160 | | | | XT4N250 | |
| 1 x 250 | 4 | 209 | 209 | 5,2 | XT3S250* | 250 | 0,84 | 5,2 | XT1N160 | | | | | |
| 2 x 250 | | 209 | 418 | 5,1 | XT3S250* | 250 | 0,84 | 10,3 | XT2S160 | | | | XT4S250 | |
| 1 x 315 | 4 | 264 | 264 | 6,5 | T4N320 | 320 | 0,82 | 6,5 | XT1S160 | | | | | |
| 2 x 315 | | 264 | 527 | 6,5 | T4N320 | 320 | 0,82 | 12,9 | XT2H160 | | | | XT4H250 | T5N400 |
| 1 x 400 | 4 | 335 | 335 | 8,3 | T5N400 | 400 | 0,84 | 8,3 | XT1H160 | | | | XT4N250 | |
| 2 x 400 | | 335 | 669 | 8,2 | T5N400 | 400 | 0,84 | 16,3 | XT2L160 | | | | XT4L250 | T5N400 |
| 1 x 500 | 4 | 418 | 418 | 10,3 | T5N630 | 630 | 0,66 | 10,3 | XT2S160 | | | | XT4S250 | |
| 2 x 500 | | 418 | 837 | 10,1 | T5N630 | 630 | 0,66 | 20,2 | XT4V250 | | | | XT4V250 | T5S400 |
| 1 x 630 | 4 | 527 | 527 | 12,9 | T5N630 | 630 | 0,84 | 12,9 | XT2H160 | | | | XT4H250 | T5N400 |
| 2 x 630 | | 527 | 1054 | 12,6 | T5N630 | 630 | 0,84 | 25,3 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 3 x 630 | | 527 | 1581 | 24,8 | T5S630 | 630 | 0,84 | 37,2 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 1 x 800 | 5 | 669 | 669 | 13,1 | T6N800 | 800 | 0,84 | 13,1 | XT2H160 | | | | XT4H250 | T5N400 |
| 2 x 800 | | 669 | 1339 | 12,8 | T6N800 | 800 | 0,84 | 25,7 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 3 x 800 | | 669 | 2008 | 25,2 | T6L800 | 800 | 0,84 | 37,7 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 1 x 1000 | 5 | 837 | 837 | 16,3 | T7S1000/X1B1000** | 1000 | 0,84 | 16,3 | XT2L160 | | | | XT4L250 | T5N400 |
| 2 x 1000 | | 837 | 1673 | 15,9 | T7S1000/X1B1000** | 1000 | 0,84 | 31,8 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 3 x 1000 | | 837 | 2510 | 31,0 | T7H1000/X1B1000** | 1000 | 0,84 | 46,5 | T4L250*** | | | | T4L250*** | T5L400 |
| 1 x 1250 | 5 | 1046 | 1046 | 20,2 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,84 | 20,2 | XT4V250 | | | | XT4V250 | T5S400 |
| 2 x 1250 | | 1046 | 2092 | 19,6 | T7S1250/X1B1250** | 1250 | 0,84 | 39,2 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 3 x 1250 | | 1046 | 3138 | 38,0 | T7H1250/X1B1250** | 1250 | 0,84 | 57,1 | T4L250*** | | | | T4L250*** | T5L400 |
| 1 x 1600 | 6,25 | 1339 | 1339 | 20,7 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,84 | 20,7 | XT4V250 | | | | XT4V250 | T5S400 |
| 2 x 1600 | | 1339 | 2678 | 20,1 | T7S1600/X1B1600** | 1600 | 0,84 | 40,1 | T4L250*** | | | | T4L250*** | T5L400 |
| 3 x 1600 | | 1339 | 4016 | 38,9 | T7H1600/X1B1600** | 1600 | 0,84 | 58,3 | T4L250*** | | | | T4L250*** | T5L400 |
| 1 x 2000 | 6,25 | 1673 | 1673 | 25,7 | E2B2000 | 2000 | 0,84 | 25,7 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 2 x 2000 | | 1673 | 3347 | 24,7 | E2B2000 | 2000 | 0,84 | 49,3 | T4L250*** | | | | T4L250*** | T5L400 |
| 3 x 2000 | | 1673 | 5020 | 47,5 | E2N2000 | 2000 | 0,84 | 71,2 | T4V250*** | | | | T4V250*** | T5V400 |
| 1 x 2500 | 6,25 | 2092 | 2092 | 31,8 | E3N2500 | 2500 | 0,84 | 31,8 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |
| 1 x 3125 | 6,25 | 2615 | 2615 | 39,2 | E3N3200 | 3200 | 0,82 | 39,2 | T4H250*** | | | | T4H250*** | T5H400 |

* Można do tego zastosowania wykorzystać również wyłączniki serii Tmax wyposażone w wyzwalacze elektroniczne.

** Można do tego zastosowania wykorzystać wyłączniki Emax typu E1.

*** W przypadku wyłącznika XT4V, I_{cu} = 90 kA dla napięcia 690 V, należy skontaktować się z firmą ABB SACE.

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

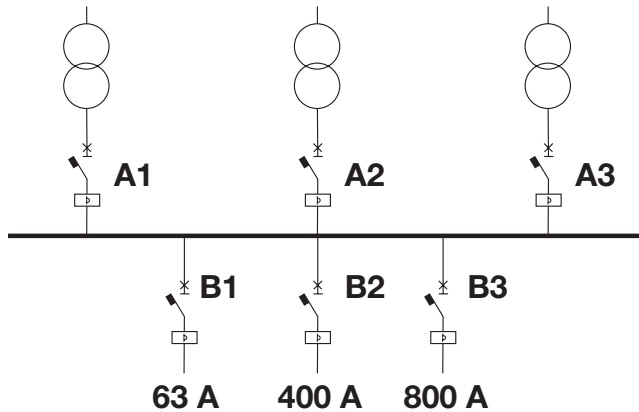
UWAGA

Tabela odnosi się do wcześniej podanych warunków. Informacje dotyczące doboru wyłączników podano wyłącznie w oparciu o wartość płynącego prądu oraz o spodziewany prąd zwarcioowy. W celu zapewnienia prawidłowego doboru należy uwzględnić również inne czynniki, takie jak selektywność, dobezpieczenie, decyzję dotyczącą zastosowania wyłączników ograniczających, itd... Wobec powyższego, kluczową sprawą jest przeprowadzenie dokładnej analizy przez projektantów.

Należy również zauważyć, że prądy zwarcioowe podano przy założeniu, że moc sieci zasilającej transformatory wynosi 750 MVA, pomijając impedancje szyn zbiorczych lub połączeń wyłączników.

Przykład:

Zakładając, że należy dobrać wielkość wyłączników A1/A2/A3 po stronie NN trzech transformatorów 630 kVA 20/0,4 kV, $u_k\% = 4\%$ oraz wyłączniki wyjściowej linii zasilającej B1/B2/B3, 63-400-800 A:



1SDC010026F0001

2 Ochrona urządzeń elektrycznych

Z tabeli 2, z wiersza odpowiadającego transformatorom 3x630 kVA można odczytać:

Wyłączniki poziomu A (strona nn transformatora)

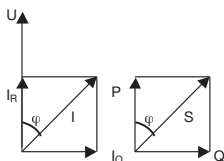
- Prąd I_f (909 A) transformatora jest to prąd płynący przez wyłączniki;
- Prąd I_b (2727 A) szyny zbiorczej jest maksymalnym natężeniem prądu, jaki mogą dostarczyć transformatory;
- Prąd linii zasilającej transformator I_k (42,8 kA) jest wartością prądu zwarciovego, którą należy uwzględnić w trakcie doboru wartości prądu wyłączalnego każdego z wyłączników transformatorów;
- Wielkości wyłączników transformatorów: T7S1000 lub X1N1000;
- I_n (1000 A) jest prądem znamionowym wyłącznika transformatora (wyzwalacz elektroniczny dobrany przez użytkownika);
- Minimalna wartość, wynosząca 0,91 wskazuje minimalne nastawy funkcji L wyzwalaczy elektronicznych wyłączników typu T7S1000 i X1N1000.

Wyłączniki poziomu B (wyjściowa linia zasilająca)

- Prąd szyny zbiorczej I_k (64,2 kA) jest to prąd zwarciový będący wynikiem wydajności wszystkich trzech transformatorów;
 - dla natężenia prądu 63 A – wyłącznik B1 Tmax XT1H160;
 - dla natężenia prądu 400 A – wyłącznik B1 Tmax XT1H400;
 - dla natężenia prądu 800 A – wyłącznik B3 Tmax T6H800 lub Emax X1N800.
- Dokonany wybór nie uwzględnia wymagań dotyczących selektywności/ dobezpieczenia. W celu dokonania wyboru odpowiedniego dla różnych przypadków, należy oprzeć się na właściwych rozdziałach niniejszego dokumentu.

3 Poprawa współczynnika mocy

3.1 Aspekty ogólne



W instalacjach prądu przemiennego, prąd pobierany przez użytkownika zawiera dwie składowe:

- składową czynną I_R , w fazie z napięciem, bezpośrednio związaną z mocą pobieraną z instalacji (i, wobec tego, z częścią energii elektrycznej przetwarzanej na innego rodzaju energię, zazwyczaj na energię elektryczną o innych parametrach, światło i/lub energię cieplną);
- składową bierną I_Q , proporcjonalną do kwadratu napięcia, która jest wykorzystywana do generowania strumienia niezbędnego do przetwarzania mocy z wykorzystaniem pola elektrycznego lub magnetycznego. Bez tego nie byłoby przepływu mocy, na przykład w rdzeniu transformatora lub w szczelinie powietrznej silnika.

W typowym przypadku obecności obciążenia rezystancyjno-indukcyjnych, występuje opóźnienie prądu całkowitego (I) względem składowej czynnej I_R . W instalacji elektrycznej konieczne jest wytwarzanie i przesył nie tylko mocy czynnej P , ale również pewnej ilości mocy biernej Q , która jest kluczowa dla przetwarzania energii elektrycznej, ale niedostępna dla użytkownika. Składowa zespolona mocy generowanej i przesyłanej stanowi moc pozorną S .

Współczynnik mocy ($\cos \varphi$) jest definiowany jako stosunek składowej czynnej I_R i wartości całkowitej prądu I . φ jest przesunięciem fazowym pomiędzy napięciem U i prądem I . Oznacza to:

$$\cos \varphi = \frac{I_R}{I} = \frac{P}{S} \quad (1)$$

Współczynnik zapotrzebowania mocy biernej ($\tan \varphi$) opisuje zależność pomiędzy mocą bierną i mocą czynną:

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} \quad (2)$$

3 Poprawa współczynnika mocy

W tabeli 1 podano kilka typowych wartości współczynników mocy:

Tabela 1: Typowy współczynnik mocy

| Obciążenie | $\cos\varphi$ | $\tan\varphi$ |
|---------------------------------------|-------------------|-----------------------------------|
| | Współczynnik mocy | Wsp. zapotrzebowania mocy biernej |
| Transformatory (bez obciążenia) | 0,1÷0,15 | 9,9÷6,6 |
| Silniki (pełne obciążenie) | 0,7÷0,85 | 1,0÷0,62 |
| Silniki (bez obciążenia) | 0,15 | 6,6 |
| Urządzenia obróbki metali: | | |
| - spawanie łukowe | 0,35÷0,6 | 2,7÷1,3 |
| - spawanie łukowe z poprawą wsp. mocy | 0,7÷0,8 | 1,0÷0,75 |
| - spawanie rezystancyjne | 0,4÷0,6 | 2,3÷1,3 |
| - piec łukowy | 0,75÷0,9 | 0,9÷0,5 |
| Lampy fluorescencyjne | | |
| - z poprawą współczynnika mocy | 0,9 | 0,5 |
| - bez poprawy współczynnika mocy | 0,4÷0,6 | 2,3÷1,3 |
| Lampy rtęciowe | | |
| | 0,5 | 1,7 |
| Lampy sodowe | 0,65÷0,75 | 1,2÷0,9 |
| Przekształtniki AC/DC | 0,6÷0,95 | 1,3÷0,3 |
| Napędy prądu stałego | 0,4÷0,75 | 2,3÷0,9 |
| Napędy prądu przemiennego | 0,95÷0,97 | 0,33÷0,25 |
| Obciążenia rezystancyjne | 1 | 0 |

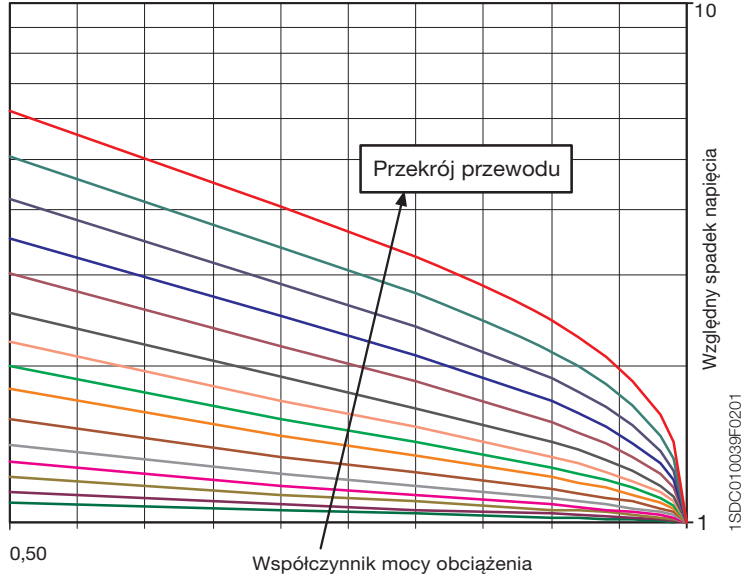
Poprawa współczynnika mocy polega na zwiększeniu wartości współczynnika mocy w określonej części instalacji, poprzez lokalne dostarczenie niezbędnej mocy biernej, tak aby zmniejszyć wartość prądu względem zapotrzebowania na moc i , w rezultacie, zmniejszyć ilość mocy pobieranej od strony zasilania. Umożliwia to dobór linii zasilających, generatorów i transformatorów dla mniejszej wartości mocy pozornej, wymaganej przez obciążenie. Jak pokazano to szczegółowo na rysunku 1 i 2, zwiększenie wartości współczynnika mocy obciążenia:

- zmniejsza względny spadek napięcia u_p na jednostkę przesyłanej mocy czynnej;
- zwiększa ilość mocy czynnej, którą można przesać i zmniejsza straty; pozostałe czynniki wymiarujące pozostają bez zmian.

3 Poprawa współczynnika mocy

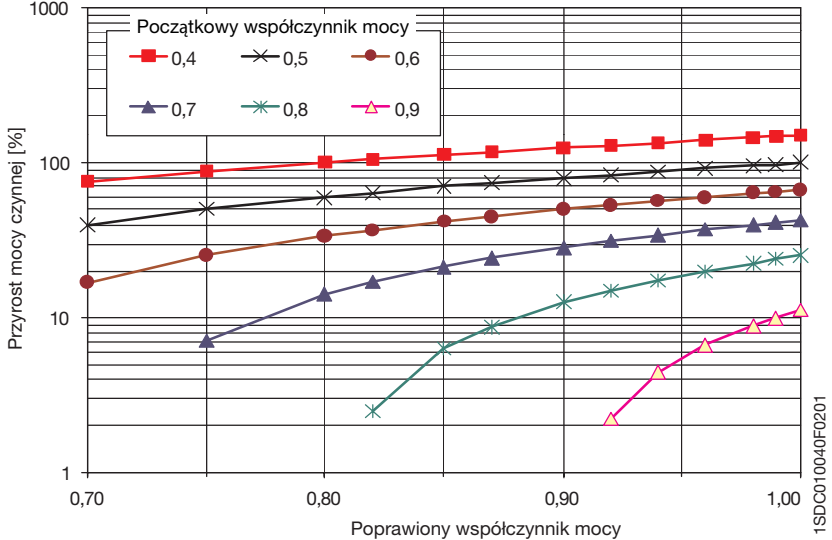
Rysunek 1: Względny spadek napięcia

Spadek napięcia na jednostkę przesyłanej mocy czynnej



Rysunek 2: Możliwa do przesłania moc czynna

Zwiększenie mocy czynnej z zachowaniem wartości czynników wymiarujących



3 Poprawa współczynnika mocy

Dystrybutor energii jest odpowiedzialny za wytwarzanie i przesył mocy biernej, wymaganej przez instalacje użytkownika i, tym samym, napotyka na szereg problemów, które można skrótowo opisać w następujący sposób:

- przewymiarowanie przewodów i komponentów linii przesyłowych;
- większe straty Joule'a i większe spadki napięcia w komponentach i na liniach przesyłowych.

Takie same problemy występują w instalacji rozdzielczej użytkownika końcowego. Współczynnik mocy jest doskonałym wskaźnikiem wielkości dodatkowych kosztów i dlatego też jest wykorzystywany przez dystrybutorów do określania cen zakupu energii przez użytkownika końcowego.

Idealną sytuacją byłoby posiadanie wartości $\cos\varphi$ nieznacznie większej od ustalonej wartości odniesienia, w celu uniknięcia płacenia kar, nie ryzykując jednocześnie, dla wartości $\cos\varphi$ bliskiej jedności, uzyskania wyprzedzającego współczynnika mocy (prąd na obciążeniu wyprzedzający napięcie), w pracujących z małym obciążeniem urządzeniach z poprawą współczynnika mocy.

Dystrybutor energii zazwyczaj nie pozwala innym odbiorcom na dostarczanie mocy biernej do sieci, również ze względu na niebezpieczeństwo wystąpienia nieoczekiwanych przepięć.

$$Q_c = Q_2 - Q_1 = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2) \quad (3)$$

W przypadku przebiegu sinusoidalnego, moc bierna niezbędna do przejścia od jednego współczynnika mocy $\cos\varphi_1$ do drugiego współczynnika mocy $\cos\varphi_2$ jest opisywana za pomocą wzoru:

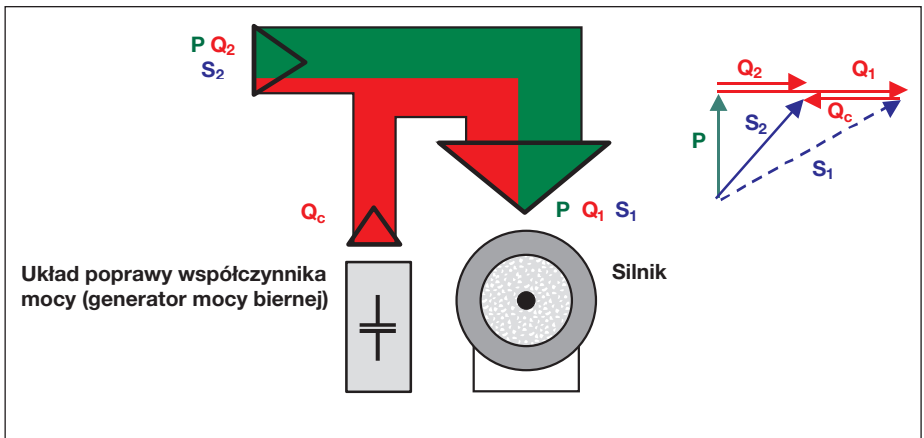
gdzie:

P jest mocą czynną;

Q_1, φ_1 oznaczają moc bierną i przesunięcie fazowe przed poprawą współczynnika mocy;

Q_2, φ_2 oznaczają moc bierną i przesunięcie fazowe po poprawie współczynnika mocy;

Q_c jest mocą bierną potrzebną do poprawy współczynnika mocy.



3 Poprawa współczynnika mocy

W tabeli 2 zamieszczono wartości wyliczone ze wzoru

$$K_c = \frac{Q_c}{P} = \tan\varphi_1 - \tan\varphi_2 \quad (4)$$

dla różnych wartości współczynnika mocy przed i po poprawie.

Tabela 2: Współczynnik K_c

| K_c | $\cos\varphi_2$ | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|
| $\cos\varphi_1$ | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,91 | 0,92 | 0,93 | 0,94 | 0,95 | 0,96 | 0,97 | 0,98 | 0,99 | 1 | |
| 0,60 | 0,583 | 0,714 | 0,849 | 0,878 | 0,907 | 0,938 | 0,970 | 1,005 | 1,042 | 1,083 | 1,130 | 1,191 | 1,333 | |
| 0,61 | 0,549 | 0,679 | 0,815 | 0,843 | 0,873 | 0,904 | 0,936 | 0,970 | 1,007 | 1,048 | 1,096 | 1,157 | 1,299 | |
| 0,62 | 0,515 | 0,646 | 0,781 | 0,810 | 0,839 | 0,870 | 0,903 | 0,937 | 0,974 | 1,015 | 1,062 | 1,123 | 1,265 | |
| 0,63 | 0,483 | 0,613 | 0,748 | 0,777 | 0,807 | 0,837 | 0,870 | 0,904 | 0,941 | 0,982 | 1,030 | 1,090 | 1,233 | |
| 0,64 | 0,451 | 0,581 | 0,716 | 0,745 | 0,775 | 0,805 | 0,838 | 0,872 | 0,909 | 0,950 | 0,998 | 1,058 | 1,201 | |
| 0,65 | 0,419 | 0,549 | 0,685 | 0,714 | 0,743 | 0,774 | 0,806 | 0,840 | 0,877 | 0,919 | 0,966 | 1,027 | 1,169 | |
| 0,66 | 0,388 | 0,519 | 0,654 | 0,683 | 0,712 | 0,743 | 0,775 | 0,810 | 0,847 | 0,888 | 0,935 | 0,996 | 1,138 | |
| 0,67 | 0,358 | 0,488 | 0,624 | 0,652 | 0,682 | 0,713 | 0,745 | 0,779 | 0,816 | 0,857 | 0,905 | 0,966 | 1,108 | |
| 0,68 | 0,328 | 0,459 | 0,594 | 0,623 | 0,652 | 0,683 | 0,715 | 0,750 | 0,787 | 0,828 | 0,875 | 0,936 | 1,078 | |
| 0,69 | 0,299 | 0,429 | 0,565 | 0,593 | 0,623 | 0,654 | 0,686 | 0,720 | 0,757 | 0,798 | 0,846 | 0,907 | 1,049 | |
| 0,70 | 0,270 | 0,400 | 0,536 | 0,565 | 0,594 | 0,625 | 0,657 | 0,692 | 0,729 | 0,770 | 0,817 | 0,878 | 1,020 | |
| 0,71 | 0,242 | 0,372 | 0,508 | 0,536 | 0,566 | 0,597 | 0,629 | 0,663 | 0,700 | 0,741 | 0,789 | 0,849 | 0,992 | |
| 0,72 | 0,214 | 0,344 | 0,480 | 0,508 | 0,538 | 0,569 | 0,601 | 0,635 | 0,672 | 0,713 | 0,761 | 0,821 | 0,964 | |
| 0,73 | 0,186 | 0,316 | 0,452 | 0,481 | 0,510 | 0,541 | 0,573 | 0,608 | 0,645 | 0,686 | 0,733 | 0,794 | 0,936 | |
| 0,74 | 0,159 | 0,289 | 0,425 | 0,453 | 0,483 | 0,514 | 0,546 | 0,580 | 0,617 | 0,658 | 0,706 | 0,766 | 0,909 | |
| 0,75 | 0,132 | 0,262 | 0,398 | 0,426 | 0,456 | 0,487 | 0,519 | 0,553 | 0,590 | 0,631 | 0,679 | 0,739 | 0,882 | |
| 0,76 | 0,105 | 0,235 | 0,371 | 0,400 | 0,429 | 0,460 | 0,492 | 0,526 | 0,563 | 0,605 | 0,652 | 0,713 | 0,855 | |
| 0,77 | 0,079 | 0,209 | 0,344 | 0,373 | 0,403 | 0,433 | 0,466 | 0,500 | 0,537 | 0,578 | 0,626 | 0,686 | 0,829 | |
| 0,78 | 0,052 | 0,183 | 0,318 | 0,347 | 0,376 | 0,407 | 0,439 | 0,474 | 0,511 | 0,552 | 0,599 | 0,660 | 0,802 | |
| 0,79 | 0,026 | 0,156 | 0,292 | 0,320 | 0,350 | 0,381 | 0,413 | 0,447 | 0,484 | 0,525 | 0,573 | 0,634 | 0,776 | |
| 0,80 | | 0,130 | 0,266 | 0,294 | 0,324 | 0,355 | 0,387 | 0,421 | 0,458 | 0,499 | 0,547 | 0,608 | 0,750 | |
| 0,81 | | 0,104 | 0,240 | 0,268 | 0,298 | 0,329 | 0,361 | 0,395 | 0,432 | 0,473 | 0,521 | 0,581 | 0,724 | |
| 0,82 | | 0,078 | 0,214 | 0,242 | 0,272 | 0,303 | 0,335 | 0,369 | 0,406 | 0,447 | 0,495 | 0,556 | 0,698 | |
| 0,83 | | 0,052 | 0,188 | 0,216 | 0,246 | 0,277 | 0,309 | 0,343 | 0,380 | 0,421 | 0,469 | 0,530 | 0,672 | |
| 0,84 | | 0,026 | 0,162 | 0,190 | 0,220 | 0,251 | 0,283 | 0,317 | 0,354 | 0,395 | 0,443 | 0,503 | 0,646 | |
| 0,85 | | | 0,135 | 0,164 | 0,194 | 0,225 | 0,257 | 0,291 | 0,328 | 0,369 | 0,417 | 0,477 | 0,620 | |
| 0,86 | | | 0,109 | 0,138 | 0,167 | 0,198 | 0,230 | 0,265 | 0,302 | 0,343 | 0,390 | 0,451 | 0,593 | |
| 0,87 | | | 0,082 | 0,111 | 0,141 | 0,172 | 0,204 | 0,238 | 0,275 | 0,316 | 0,364 | 0,424 | 0,567 | |
| 0,88 | | | 0,055 | 0,084 | 0,114 | 0,145 | 0,177 | 0,211 | 0,248 | 0,289 | 0,337 | 0,397 | 0,540 | |
| 0,89 | | | 0,028 | 0,057 | 0,086 | 0,117 | 0,149 | 0,184 | 0,221 | 0,262 | 0,309 | 0,370 | 0,512 | |
| 0,90 | | | | 0,029 | 0,058 | 0,089 | 0,121 | 0,156 | 0,193 | 0,234 | 0,281 | 0,342 | 0,484 | |

3 Poprawa współczynnika mocy

Przykład

Załóżmy, że konieczna jest zmiana współczynnika mocy z 0,8 na 0,93 w instalacji trójfazowej ($U_n = 400 \text{ V}$), która pobiera średnią moc 300 kW.

Na podstawie tabeli 2, na przecięciu kolumny odpowiadającej końcowej wartości współczynnika mocy (0,93), z wierszem odpowiadającym początkowej wartości współczynnika mocy (0,8), można odczytać wartość współczynnika K_c (0,355). Wartość mocy biernej Q_c , do wytworzenia lokalnie, będzie więc wynosiła:

$$Q_c = K_c \cdot P = 0,355 \cdot 300 = 106,5 \text{ kVAR}$$

W wyniku poprawy współczynnika mocy, wartość pobieranego prądu zmaleje z 540 A do 460 A (redukcja o około 15%).

Parametry baterii kondensatorów do poprawy współczynnika mocy

Najbardziej ekonomicznym sposobem zwiększenia wartości współczynnika mocy, szczególnie w już istniejących instalacjach, jest montaż kondensatorów. Kondensatory charakteryzują się następującymi zaletami:

- niskie koszty, w porównaniu do kompensatorów synchronicznych i elektronicznych konwerterów mocy;
- łatwość montażu i konserwacji;
- zmniejszone straty (poniżej 0,5 W/kVAR dla małych napięć);
- możliwość pokrycia dużych zakresów mocy i różnych profili obciążeń, zasilając równoległe różne kombinacje komponentów, każdy z nich charakteryzujący się relatywnie małą mocą.

Wadami takiego rozwiązania jest wrażliwość na przepięcia i obecność obciążeń nielinowych.

Istnieją następujące normy odnoszące się do kondensatorów poprawy współczynnika mocy:

- IEC 60831-1 „Kondensatory samoregenerujące się do równoległej kompensacji mocy biernej w sieciach elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu do 1 kV włącznie – Wymagania ogólne – Wykonanie, badania i ocena – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa – Wytyczne instalowania i użytkowania”;
- IEC 60931-1 „Kondensatory niesamoregenerujące się do równoległej kompensacji mocy biernej w sieciach elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu do 1 kV włącznie – Wymagania ogólne – Wykonanie, badania i ocena – Wymagania dotyczące bezpieczeństwa – Wytyczne instalowania i użytkowania”;

3 Poprawa współczynnika mocy

Parametry kondensatora, podane na jego tabliczce znamionowej, są następujące:

- napięcie znamionowe U_r , które może być trwale wytrzymywane przez kondensator;
- częstotliwość znamionowa f_r (zazwyczaj równa częstotliwości sieci zasilającej);
- moc znamionowa Q_c , podana zazwyczaj w kVAR (moc bierna baterii kondensatorów).

Na podstawie tych danych można określić parametry kondensatorów, wykorzystując następujące wzory (5):

| | Połączenie jednofazowe | Połączenie trójfazowe typu gwiazda | Połączenie trójfazowe typu trójkąt |
|---------------------------------|--|--|--|
| Pojemność baterii kondensatorów | $C = \frac{Q_c}{2\pi f_r \cdot U_r^2}$ | $C = \frac{Q_c}{2\pi f_r \cdot U_r^2}$ | $C = \frac{Q_c}{2\pi f_r \cdot U_r^2 \cdot 3}$ |
| Prąd znamionowy komponentów | $I_{lc} = 2\pi f_r \cdot C \cdot U_r$ | $I_{lc} = 2\pi f_r \cdot C \cdot U_r / \sqrt{3}$ | $I_{lc} = 2\pi f_r \cdot C \cdot U_r$ |
| Prąd linii | $I_l = I_{lc}$ | $I_l = I_{lc}$ | $I_l = I_{lc} \cdot \sqrt{3}$ |

1SD0010005F0901

U_r = napięcie linii instalacji

W instalacji trójfazowej, w celu dostarczenia takiej samej mocy biernej, połączenie w gwiazdę wymaga kondensatora o trzy razy większej pojemności, niż kondensator podłączony w układzie trójkąta.

Oprócz tego, kondensator podłączony w układzie gwiazdy pracuje z napięciem $\sqrt{3}$ razy mniejszym i prądem $\sqrt{3}$ razy większym, niż w przypadku kondensatora podłączonego w układzie trójkąta.

Kondensatory są zazwyczaj dostarczane z podłączonym rezystorem rozładowania, obliczonym w taki sposób, aby obniżyć napięcie szczytkowe na zaciskach do 75 V w ciągu 3 minut, zgodnie z wymaganiami normy odniesienia.

3.2 Metody poprawy współczynnika mocy

Pojedynczy układ poprawy współczynnika mocy

Pojedyncza lub indywidualna poprawa współczynnika mocy jest realizowana poprzez podłączenie kondensatora o odpowiedniej pojemności, bezpośrednio do zacisków odbiornika mocy biernej.

Montaż jest prosty i ekonomiczny: kondensatory oraz obciążenia mogą wykorzystywać te same zabezpieczenia przeciążeniowe i zwarciowe, i są podłączane i odłączane równocześnie.

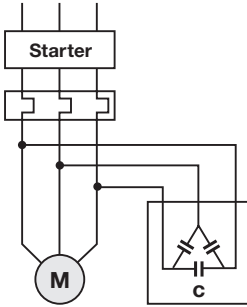
Regulacja wartości $\cos\phi$ jest systematyczna i automatyczna, co niesie korzyści nie tylko dystrybutorowi energii, ale również całej wewnętrznej sieci dystrybucyjnej użytkownika.

Zaleca się stosowanie takiego sposobu poprawy współczynnika mocy w przypadku dużych użytkowników, charakteryzujących się stałym obciążeniem, stałym współczynnikiem mocy i długimi czasami pracy. Indywidualne układy poprawy współczynnika mocy są zazwyczaj stosowane do silników i lamp fluorescencyjnych. Baterie kondensatorów lub też małe kondensatory oświetleniowe są podłączane bezpośrednio do obciążeń.

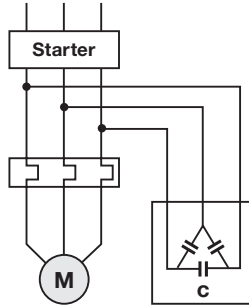
3 Poprawa współczynnika mocy

Indywidualna poprawa współczynnika mocy silników

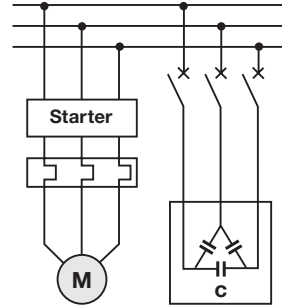
Typowy schemat połączeń został przedstawiony na rysunku poniżej:



Schemat 1



Schemat 2



Schemat 3

W przypadku połączenia bezpośredniego (schematy 1 i 2) istnieje niebezpieczeństwo, że po odłączeniu zasilania, silnik będzie wciąż obracał się (szczątkowa energia kinetyczna), samowzbudzony energią bierną z baterii kondensatorów, działając jak generator asynchroniczny. W takim przypadku zostanie utrzymane napięcie po stronie obciążenia układu łączącego i sterującego, prowadząc do ryzyka wystąpienia niebezpiecznych przepięć, których amplituda może sięgnąć dwukrotnej wartości napięcia znamionowego.

W przypadku schematu 3, w celu uniknięcia opisanego powyżej zagrożenia, normalna procedura polega na podłączeniu baterii kondensatorów do poprawy współczynnika mocy do silnika, w trakcie jego pracy oraz na jej odłączeniu przed wyłączeniem zasilania silnika.

Przyjęto zasadę, że dla silnika o mocy P_r zaleca się stosowanie układu poprawy współczynnika mocy, o mocy biernej Q_c poniżej 90% wartości mocy biernej pobieranej przez silnik bez obciążenia Q_0 , dla napięcia znamionowego U_r , w celu uniknięcia wystąpienia wyprzedzającego współczynnika mocy.

Biorąc pod uwagę, że w warunkach braku obciążenia prąd pobierany I_0 [A] ma charakter wyłącznie bierny, jeśli napięcie jest wyrażone w V, prowadzi to do następującego wzoru:

$$Q_c = 0,9 \cdot Q_0 = 0,9 \cdot \frac{\sqrt{3} \cdot U_r \cdot I_0}{1000} \text{ [kvar]} \quad (6)$$

Prąd I_0 jest zazwyczaj podawany w dokumentacji dostarczanej przez producenta silnika.

3 Poprawa współczynnika mocy

W tabeli 3 podano wartości mocy bierniej, niezbędnej do poprawy współczynnika mocy niektórych silników firmy ABB, w funkcji ich mocy oraz liczby biegunów.

Tabela 3: Moc bierna niezbędna do poprawy współczynnika mocy silnika

| P_r [kW] | Q_c [kVAR] | Przed poprawą wsp. mocy $\cos\varphi_r$ | Po popr. wsp. mocy $\cos\varphi_2$ | I_r [A] | I_2 [A] |
|--|-----------------|--|---------------------------------------|-----------|-----------|
| 400V / 50 Hz / 2 bieguny / 3000 obr./min. | | | | | |
| 7,5 | 2,5 | 0,89 | 0,98 | 13,9 | 12,7 |
| 11 | 2,5 | 0,88 | 0,95 | 20 | 18,6 |
| 15 | 5 | 0,9 | 0,98 | 26,5 | 24,2 |
| 18,5 | 5 | 0,91 | 0,98 | 32 | 29,7 |
| 22 | 5 | 0,89 | 0,96 | 38,5 | 35,8 |
| 30 | 10 | 0,88 | 0,97 | 53 | 47,9 |
| 37 | 10 | 0,89 | 0,97 | 64 | 58,8 |
| 45 | 12,5 | 0,88 | 0,96 | 79 | 72,2 |
| 55 | 15 | 0,89 | 0,97 | 95 | 87,3 |
| 75 | 15 | 0,88 | 0,94 | 131 | 122,2 |
| 90 | 15 | 0,9 | 0,95 | 152 | 143,9 |
| 110 | 20 | 0,86 | 0,92 | 194 | 181,0 |
| 132 | 30 | 0,88 | 0,95 | 228 | 210,9 |
| 160 | 30 | 0,89 | 0,95 | 269 | 252,2 |
| 200 | 30 | 0,9 | 0,95 | 334 | 317,5 |
| 250 | 40 | 0,92 | 0,96 | 410 | 391,0 |
| 315 | 50 | 0,92 | 0,96 | 510 | 486,3 |
| 400V / 50 Hz / 4 bieguny / 1500 obr./min. | | | | | |
| 7,5 | 2,5 | 0,86 | 0,96 | 14,2 | 12,7 |
| 11 | 5 | 0,81 | 0,96 | 21,5 | 18,2 |
| 15 | 5 | 0,84 | 0,95 | 28,5 | 25,3 |
| 18,5 | 7,5 | 0,84 | 0,96 | 35 | 30,5 |
| 22 | 10 | 0,83 | 0,97 | 41 | 35,1 |
| 30 | 15 | 0,83 | 0,98 | 56 | 47,5 |
| 37 | 15 | 0,84 | 0,97 | 68 | 59,1 |
| 45 | 20 | 0,83 | 0,97 | 83 | 71,1 |
| 55 | 20 | 0,86 | 0,97 | 98 | 86,9 |
| 75 | 20 | 0,86 | 0,95 | 135 | 122,8 |
| 90 | 20 | 0,87 | 0,94 | 158 | 145,9 |
| 110 | 30 | 0,87 | 0,96 | 192 | 174,8 |
| 132 | 40 | 0,87 | 0,96 | 232 | 209,6 |
| 160 | 40 | 0,86 | 0,94 | 282 | 257,4 |
| 200 | 50 | 0,86 | 0,94 | 351 | 320,2 |
| 250 | 50 | 0,87 | 0,94 | 430 | 399,4 |
| 315 | 60 | 0,87 | 0,93 | 545 | 507,9 |

3 Poprawa współczynnika mocy

| P [kW] | Q _c [kVÁR] | Przed poprawą wsp. mocy | | Po popr. wsp. mocy | |
|---|--------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | cosφ _r | I _r [A] | cosφ ₂ | I ₂ [A] |
| 400V / 50 Hz / 6 biegunów / 1000 obr./min. | | | | | |
| 7,5 | 5 | 0,79 | 15,4 | 0,98 | 12,4 |
| 11 | 5 | 0,78 | 23 | 0,93 | 19,3 |
| 15 | 7,5 | 0,78 | 31 | 0,94 | 25,7 |
| 18,5 | 7,5 | 0,81 | 36 | 0,94 | 30,9 |
| 22 | 10 | 0,81 | 43 | 0,96 | 36,5 |
| 30 | 10 | 0,83 | 56 | 0,94 | 49,4 |
| 37 | 12,5 | 0,83 | 69 | 0,94 | 60,8 |
| 45 | 15 | 0,84 | 82 | 0,95 | 72,6 |
| 55 | 20 | 0,84 | 101 | 0,96 | 88,7 |
| 75 | 25 | 0,82 | 141 | 0,93 | 123,9 |
| 90 | 30 | 0,84 | 163 | 0,95 | 144,2 |
| 110 | 35 | 0,83 | 202 | 0,94 | 178,8 |
| 132 | 45 | 0,83 | 240 | 0,95 | 210,8 |
| 160 | 50 | 0,85 | 280 | 0,95 | 249,6 |
| 200 | 60 | 0,85 | 355 | 0,95 | 318,0 |
| 250 | 70 | 0,84 | 450 | 0,94 | 404,2 |
| 315 | 75 | 0,84 | 565 | 0,92 | 514,4 |
| 400V / 50 Hz / 8 biegunów / 750 obr./min. | | | | | |
| 7,5 | 5 | 0,7 | 18,1 | 0,91 | 13,9 |
| 11 | 7,5 | 0,76 | 23,5 | 0,97 | 18,4 |
| 15 | 7,5 | 0,82 | 29 | 0,97 | 24,5 |
| 18,5 | 7,5 | 0,79 | 37 | 0,93 | 31,5 |
| 22 | 10 | 0,77 | 45 | 0,92 | 37,5 |
| 30 | 12,5 | 0,79 | 59 | 0,93 | 50,0 |
| 37 | 15 | 0,78 | 74 | 0,92 | 62,8 |
| 45 | 20 | 0,78 | 90 | 0,93 | 75,4 |
| 55 | 20 | 0,81 | 104 | 0,93 | 90,2 |
| 75 | 30 | 0,82 | 140 | 0,95 | 120,6 |
| 90 | 30 | 0,82 | 167 | 0,93 | 146,6 |
| 110 | 35 | 0,83 | 202 | 0,94 | 178,8 |
| 132 | 50 | 0,8 | 250 | 0,93 | 214,6 |

3 Poprawa współczynnika mocy

Przykład

W przypadku silnika trójfazowego asynchronicznego o mocy 110 kW (400 V – 50 Hz – 4 bieguny), sugerowana w tabeli moc dla układu poprawy współczynnika mocy wynosi 30 kVAR.

Indywidualna poprawa współczynnika mocy transformatorów trójfazowych

Transformator jest urządzeniem elektrycznym o kluczowym znaczeniu, który ze względu na wymagania instalacji, bardzo często pracuje w sposób ciągły. W szczególności, w instalacjach składających się z szeregu podstacji transformatorowych zaleca się, aby dokonywać poprawy współczynnika mocy bezpośrednio przy transformatorach.

Generalnie, moc poprawy współczynnika mocy (Q_c) dla transformatora o mocy znamionowej S_T [kVA] nie może przekraczać mocy biernej wymaganej w warunkach minimalnego obciążenia wzorcowego.

Odczytując z tabliczki znamionowej transformatora wartość procentowego prądu stanu jałowego $i_0\%$, wartość procentowego napięcia zwarcia $u_k\%$, straty w rdzeniu Pfe oraz straty w uzwojeniach P_{cu} [kW], Moc potrzebną do poprawy współczynnika mocy możemy określić w przybliżony sposób z zależności:

$$Q_c = \sqrt{\left(\frac{i_0\%}{100} \cdot S_T\right)^2 - P_{fe}^2} + K_L^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{u_k\%}{100} \cdot S_T\right)^2 - P_{cu}^2} = \left(\frac{i_0\%}{100} \cdot S_T\right) + K_L^2 \cdot \left(\frac{u_k\%}{100} \cdot S_T\right) \quad [\text{kvar}] \quad (7)$$

gdzie K_L jest współczynnikiem obciążenia, definiowanym jako stosunek pomiędzy minimalnym obciążeniem odniesienia oraz mocą znamionową transformatora

Przykład

Zakładając zapotrzebowanie na kompensację mocy biernej dla transformatora olejowego instalacji rozdzielczej o mocy 630 kVA, który zasila obciążenie wykorzystujące poniżej 60% jego mocy znamionowej.

Na podstawie danych z tabliczki znamionowej:

$$i_0\% = 1.8\%$$

$$u_k\% = 4\%$$

$$P_{cu} = 8.9 \text{ kW}$$

$$P_{fe} = 1.2 \text{ kW}$$

Moc baterii kondensatorów, niezbędna do poprawy współczynnika mocy transformatora, wynosi:

$$Q_c = \sqrt{\left(\frac{i_0\%}{100} \cdot S_T\right)^2 - P_{fe}^2} + K_L^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{u_k\%}{100} \cdot S_T\right)^2 - P_{cu}^2} = \sqrt{\left(\frac{1.8\%}{100} \cdot 630\right)^2 - 1.2^2} + 0.6^2 \cdot \sqrt{\left(\frac{4\%}{100} \cdot 630\right)^2 - 8.9^2} = 19.8 \text{ kvar}$$

podczas gdy stosując uproszczony wzór, otrzymuje się następującą wartość:

$$Q_c = \left(\frac{i_0\%}{100} \cdot S_T\right) + K_L^2 \cdot \left(\frac{u_k\%}{100} \cdot S_T\right) = \left(\frac{1.8\%}{100} \cdot 630\right) + 0.6^2 \cdot \left(\frac{4\%}{100} \cdot 630\right) = 20.4 \text{ kvar}$$

3 Poprawa współczynnika mocy

W tabeli 4 podano moc bierną baterii kondensatorów Q_c [kVAR], podłączanej po stronie uzwojenia wtórnego transformatora firmy ABB, w zależności od szacowanych, minimalnych poziomów obciążenia.

Tabela 4: Moc bierna poprawy współczynnika mocy dla transformatorów firmy ABB

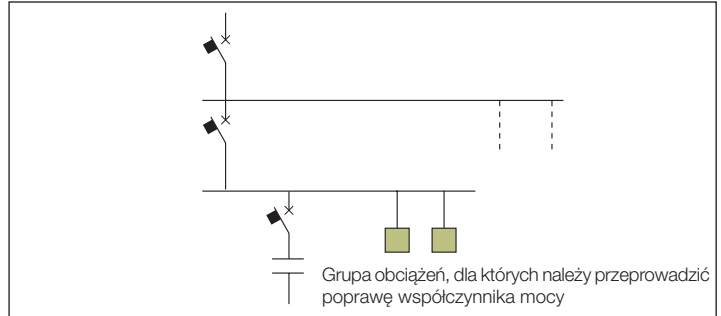
| S_r [kVA] | u_k % [%] | i_o % [%] | P_{fe} [kW] | Q_c [kVAR] | | współczynnik obciążenia K_L | | | | |
|---|----------------|----------------|------------------|------------------|-----|-------------------------------|-----|------|-----|--|
| | | | | P_{cu} [kW] | 0 | 0,25 | 0,5 | 0,75 | 1 | |
| Transformator olejowy rozdzielczy SN-NN | | | | | | | | | | |
| 50 | 4 | 2,9 | 0,25 | 1,35 | 1,4 | 1,5 | 1,8 | 2,3 | 2,9 | |
| 100 | 4 | 2,5 | 0,35 | 2,30 | 2,5 | 2,7 | 3,3 | 4,3 | 5,7 | |
| 160 | 4 | 2,3 | 0,48 | 3,20 | 3,6 | 4 | 5 | 6,8 | 9,2 | |
| 200 | 4 | 2,2 | 0,55 | 3,80 | 4,4 | 4,8 | 6,1 | 8,3 | 11 | |
| 250 | 4 | 2,1 | 0,61 | 4,50 | 5,2 | 5,8 | 7,4 | 10 | 14 | |
| 315 | 4 | 2 | 0,72 | 5,40 | 6,3 | 7 | 9,1 | 13 | 18 | |
| 400 | 4 | 1,9 | 0,85 | 6,50 | 7,6 | 8,5 | 11 | 16 | 22 | |
| 500 | 4 | 1,9 | 1,00 | 7,40 | 9,4 | 11 | 14 | 20 | 28 | |
| 630 | 4 | 1,8 | 1,20 | 8,90 | 11 | 13 | 17 | 25 | 35 | |
| 800 | 6 | 1,7 | 1,45 | 10,60 | 14 | 16 | 25 | 40 | 60 | |
| 1000 | 6 | 1,6 | 1,75 | 13,00 | 16 | 20 | 31 | 49 | 74 | |
| 1250 | 6 | 1,6 | 2,10 | 16,00 | 20 | 24 | 38 | 61 | 93 | |
| 1600 | 6 | 1,5 | 2,80 | 18,00 | 24 | 30 | 47 | 77 | 118 | |
| 2000 | 6 | 1,2 | 3,20 | 21,50 | 24 | 31 | 53 | 90 | 142 | |
| 2500 | 6 | 1,1 | 3,70 | 24,00 | 27 | 37 | 64 | 111 | 175 | |
| 3150 | 7 | 1,1 | 4,00 | 33,00 | 34 | 48 | 89 | 157 | 252 | |
| 4000 | 7 | 1,4 | 4,80 | 38,00 | 56 | 73 | 125 | 212 | 333 | |
| Transformator żywiczny dystrybucyjny SN-NN | | | | | | | | | | |
| 100 | 6 | 2,3 | 0,50 | 1,70 | 2,2 | 2,6 | 3,7 | 5,5 | 8 | |
| 160 | 6 | 2 | 0,65 | 2,40 | 3,1 | 3,7 | 5,5 | 8,4 | 12 | |
| 200 | 6 | 1,9 | 0,85 | 2,90 | 3,7 | 4,4 | 6,6 | 10 | 15 | |
| 250 | 6 | 1,8 | 0,95 | 3,30 | 4,4 | 5,3 | 8,1 | 13 | 19 | |
| 315 | 6 | 1,7 | 1,05 | 4,20 | 5,3 | 6,4 | 9,9 | 16 | 24 | |
| 400 | 6 | 1,5 | 1,20 | 4,80 | 5,9 | 7,3 | 12 | 19 | 29 | |
| 500 | 6 | 1,4 | 1,45 | 5,80 | 6,8 | 8,7 | 14 | 23 | 36 | |
| 630 | 6 | 1,3 | 1,60 | 7,00 | 8 | 10 | 17 | 29 | 45 | |
| 800 | 6 | 1,1 | 1,94 | 8,20 | 8,6 | 12 | 20 | 35 | 56 | |
| 1000 | 6 | 1 | 2,25 | 9,80 | 9,7 | 13 | 25 | 43 | 69 | |
| 1250 | 6 | 0,9 | 3,30 | 13,00 | 11 | 15 | 29 | 52 | 85 | |
| 1600 | 6 | 0,9 | 4,00 | 14,50 | 14 | 20 | 38 | 67 | 109 | |
| 2000 | 6 | 0,8 | 4,60 | 15,50 | 15 | 23 | 45 | 82 | 134 | |
| 2500 | 6 | 0,7 | 5,20 | 17,50 | 17 | 26 | 54 | 101 | 166 | |
| 3150 | 8 | 0,6 | 6,00 | 19,00 | 18 | 34 | 81 | 159 | 269 | |

Przykład

Dla transformatora olejowego rozdzielczego o mocy 630 kVA i współczynnika obciążenia 0,5, moc niezbędna do poprawy współczynnika mocy wynosi 17 kVAR.

3 Poprawa współczynnika mocy

Grupowa poprawa współczynnika mocy

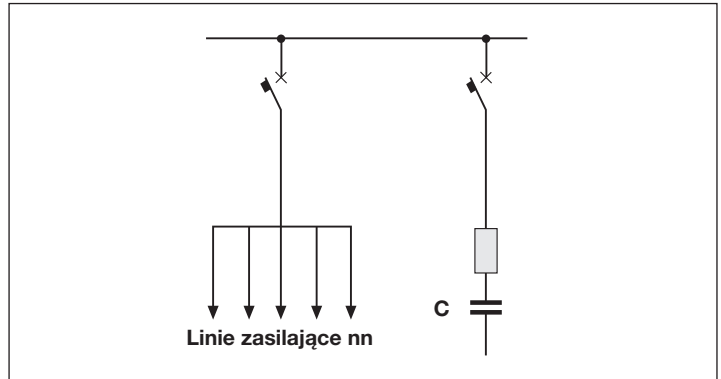


1SDC010029F0001

Zadanie to jest realizowane poprzez lokalną poprawę współczynnika mocy grupy obciążeń o podobnej charakterystyce pracy, instalując dedykowaną baterię kondensatorów.

Metoda ta stanowi kompromis pomiędzy rozwiązaniem ekonomicznym i prawidłową pracą instalacji, ponieważ tylko linia znajdująca się za miejscem montażu baterii kondensatorów nie jest eksploatowana prawidłowo.

Scentralizowana poprawa współczynnika mocy



1SDC010030F0001

Kluczowy czynnik doboru najlepszego sposobu poprawy współczynnika mocy stanowi dzienny profil obciążenia.

W instalacjach, w których nie wszystkie obciążenia pracują równocześnie i/lub, w których niektóre obciążenia pracują tylko kilka godzin dziennie, rozwiązanie wykorzystujące pojedynczy układ poprawy współczynnika mocy dla każdego obciążenia staje się niewłaściwe, ponieważ wiele z zamontowanych kondensatorów pozostawałoby wtedy bezczynnych przez długi czas.

W przypadku instalacji z wieloma obciążeniami pracującymi okazjonalnie, a więc instalacji charakteryzujących się dużą zainstalowaną mocą i małym, średnim poborem mocy przez pracujące równocześnie obciążenia, zastosowanie pojedynczego systemu poprawy współczynnika mocy, zamontowanego na początku instalacji, zapewnia znaczące zmniejszenie całkowitej mocy kondensatorów do zamontowania.

3 Poprawa współczynnika mocy

Scentralizowany układ poprawy współczynnika mocy wykorzystuje automatyczne moduły, z bateriami kondensatorów podzielonymi na szereg stopni. Moduły te są montowane bezpośrednio w głównej rozdzielni dystrybucyjnej. Zastosowanie podłączonej na stałe baterii kondensatorów jest możliwe tylko wtedy, jeśli pobór mocy biernej jest w miarę regularny, przez cały dzień.

Najważniejszą wadą scentralizowanego układu poprawy współczynnika mocy jest fakt, iż linie dystrybucyjne instalacji, znajdujące się za układem poprawy, muszą zostać zwymiarowane, uwzględniając pełną moc bierną, niezbędną dla obciążeń.

3.3 Wyłączniki do ochrony i łączenia zespołów kondensatorów

Wyłączniki do ochrony i łączenia baterii kondensatorów w instalacji nn powinny:

1. wytrzymywać prądy przejściowe, które występują w trakcie podłączania i odłączania baterii kondensatorów. W szczególności, nie można pozwolić, aby w wyniku wystąpienia prądów szczytowych zadziałały bezzwłoczne wyzwalacze magnetyczne i elektroniczne;
2. wytrzymywać okresowe lub ciągle przetężenia związane z wyższymi harmonicznymi napięciami, uwzględniając tolerancję (+15%) wartości znamionowej pojemności;
3. być w stanie wykonać dużą liczbę cykli przestawieniowych bez obciążenia i z obciążeniem, również z dużą częstotliwością;
4. być skoordynowane przez zewnętrzne urządzenia (styczniki).

Oprócz tego, wartość prądu wyłączalnego i załączalnego wyłącznika musi być odpowiednia do wartości prądów zwarciovych instalacji.

Normy IEC 60831-1 i 60931-1 stwierdzają, że:

- kondensatory muszą pracować normalnie, z efektywną wartością prądu sięgającą 130% wartości ich prądu znamionowego I_{rc} (w związku z możliwością wystąpienia wyższych harmonicznych napięcia w sieci);
- należy przyjąć tolerancję pojemności, wynoszącą 10% dla baterii o mocy do 100 kVAR i 5% dla baterii o mocy przekraczającej 100 kVAR.

Maksymalny prąd I_{cmax} pobierany przez baterię kondensatorów, wynosi:

$$Q_c \leq 100 \text{ kvar} \rightarrow I_{cmax} = 1,3 \cdot 1,1 \cdot \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1,43 \cdot I_{cn} \quad (8)$$

$$Q_c > 100 \text{ kvar} \rightarrow I_{cmax} = 1,3 \cdot 1,05 \cdot \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n} = 1,365 \cdot I_{cn}$$

Wobec powyższego:

- wartość prądu znamionowego wyłącznika musi być większa, niż $1,5 \cdot I_{rc}$;
- nastawa zabezpieczenia przeciążeniowego musi być równa $1,5 \cdot I_{rc}$.

Podłączenie baterii kondensatorów, podobne jest do zamykania w warunkach zwarcia, związane jest to z prądami przejściowymi o wysokiej częstotliwości (1÷15 kHz), krótkotrwałymi (1÷3 ms), o dużej wartości szczytowej (25÷200 I_{rc}). Wobec powyższego:

- wyłącznik musi charakteryzować się odpowiednią wartością prądu załączalnego;
- nastawy bezzwłocznego zabezpieczenia zwarciovego nie mogą wywoływać niechcianych wyzwoleń.

3 Poprawa współczynnika mocy

Drugi warunek jest zazwyczaj spełniony:

- w przypadku wyzwalaczy termomagnetycznych, zabezpieczenie magnetyczne musi zostać ustawione na wartość nie mniejszą, niż $10 \cdot I_{cmax}$

$$Q_c \leq 100 \text{ kvar} \rightarrow I_s \geq 10 \cdot I_{cmax} = 14,3 \cdot I_{rc} = 14,3 \cdot \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n} \quad (9)$$

$$Q_c > 100 \text{ kvar} \rightarrow I_s \geq 10 \cdot I_{cmax} = 13,65 \cdot I_{rc} = 13,65 \cdot \frac{Q_c}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

- w przypadku wyzwalaczy elektronicznych, bezwzględne zabezpieczenie zwarciove musi zostać wyłączone ($I_s = \text{OFF}$).

Poniżej zamieszczono tabele doboru wyłączników. W celu określenia wersji, w funkcji wartości prądu wyłączalnego, należy zapoznać się z punktem 2.1 „Opis ogólny”, pierwszej części niniejszego dokumentu.

W tabelach wykorzystano następujące symbole (odnoszą się do maksymalnych wartości):

- Q_c = moc baterii kondensatorów, które można podłączyć [kVAR], z odniesieniem do podanego napięcia i częstotliwości 50 Hz;
- I_{cn} = prąd znamionowy podłączonej baterii kondensatorów [A];
- I_{cmax} = maksymalny prąd znamionowy podłączonej baterii kondensatorów [A];

Należy zamontować indukcyjności ograniczające, w celu zmniejszenia wartości prądu udarowego załączenia.

Tabela 5: Koordynacja typu 2, wyłącznik-stycznik, dla łączenia baterii kondensatorów, 400 V, 50 kA

| Q_c [kVAR] | I_{cn} [A] | I_{cmax} [A] | Wyłącznik kompaktowy | Stycznik |
|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------|
| 10 | 14 | 21 | XT2S 160 TMD In=25 | A30 |
| 15 | 22 | 31 | XT2S 160 TMD In=40 | A/AF50 |
| 20 | 29 | 41 | XT2S 160 TMD In=50 | A/AF50 |
| 30 | 43 | 62 | XT2S 160 TMD In=80 | A/AF63 |
| 40 | 58 | 83 | XT2S 160 TMD In=100 | A/AF63 |
| 50 | 72 | 103 | XT2S 160 TMD In=125 | A/AF95 |
| 60 | 87 | 124 | XT2S 160 TMD In=160 | A/AF95 |
| 70 | 101 | 144 | XT2S 160 TMD In=160* | A/AF110 |
| 80 | 115 | 165 | XT3S TMD TMD In=200 | A/AF145 |
| 90 | 130 | 186 | XT3S TMD TMD In=200 | A/AF145 |
| 110 | 159 | 217 | XT3S TMD TMD In=250 | A/AF185 |
| 130 | 188 | 256 | T4S320 PR221LI In=320 | A/AF210 |
| 150 | 217 | 296 | T4S320 PR221LI In=320 | A/AF260 |
| 180 | 260 | 355 | T5S400 PR221LI In=400 | AF400 |
| 200 | 289 | 394 | T5S400 PR221LI In=400 | AF400 |
| 250 | 361 | 493 | T6S630 PR221LI In=630 | AF580 |
| 280 | 404 | 552 | T6S630 PR221LI In=630 | AF580 |
| 300 | 433 | 591 | T6S630 PR221LI In=630 | AF750 |

* Dla wersji wtykowej należy zmniejszyć moc baterii o 10%

3 Poprawa współczynnika mocy

Tabela 6: Koordynacja typu 2, wyłącznik-stycznik, dla łączenia baterii kondensatorów, 440 V, 50 kA

| Q_c [kVAR] | I_{cn} [A] | I_{cmax} [A] | Wyłącznik kompaktowy | Stycznik |
|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------|
| 10 | 13 | 19 | XT2S 160 TMD In=25 | A/AF50 |
| 15 | 20 | 28 | XT2S 160 TMD In=32 | A/AF50 |
| 20 | 26 | 38 | XT2S 160 TMD In=40 | A/AF50 |
| 30 | 39 | 56 | XT2S 160 TMD In=63 | A/AF63 |
| 40 | 52 | 75 | XT2S 160 TMD In=100 | A/AF95 |
| 50 | 66 | 94 | XT2S 160 TMD In=125 | A/AF95 |
| 60 | 79 | 113 | XT2S 160 TMD In=125 | A/AF95 |
| 70 | 92 | 131 | XT2S 160 TMD In=160 | A/AF110 |
| 80 | 105 | 150 | XT2S 160 TMD In=160* | A/AF145 |
| 90 | 118 | 169 | XT4S Ekip LS/I In=250 | A/AF145 |
| 110 | 144 | 197 | XT4S Ekip LS/I In=250 | A/AF185 |
| 130 | 171 | 233 | XT4S Ekip LS/I In=250 | A/AF210 |
| 150 | 197 | 269 | T4H320 PR221LI In=320 | A/AF260 |
| 180 | 236 | 322 | T5H400 PR221LI In=400 | A/AF300 |
| 200 | 262 | 358 | T5H400 PR221LI In=400 | AF400 |
| 250 | 328 | 448 | T6H630 PR221LI In=630 | AF460 |
| 280 | 367 | 502 | T6H630 PR221LI In=630 | AF580 |
| 300 | 394 | 537 | T6H630 PR221LI In=630 | AF580 |
| 350 | 459 | 627 | T6H800 PR221LI In=800 | AF750 |
| 400 | 525 | 716 | T6H800 PR221LI In=800 | AF750 |

* Dla wersji wtykowej należy zmniejszyć moc baterii o 10%

Tabela 7: Koordynacja typu 2, wyłącznik-stycznik, dla łączenia baterii kondensatorów, 500 V, 50 kA

| Q_c [kVAR] | I_{cn} [A] | I_{cmax} [A] | Wyłącznik kompaktowy | Stycznik |
|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------|
| 10 | 12 | 17 | XT2H 160 TMD In=20 | A/AF50 |
| 15 | 17 | 25 | XT2H 160 TMD In=32 | A/AF50 |
| 20 | 23 | 33 | XT2H 160 TMD In=40 | A/AF50 |
| 30 | 35 | 50 | XT2H 160 TMD In=63 | A/AF63 |
| 40 | 46 | 66 | XT2H 160 TMD In=80 | A/AF75 |
| 50 | 58 | 83 | XT2H 160 TMD In=100 | A/AF95 |
| 60 | 69 | 99 | XT2H 160 TMD In=125 | A/AF95 |
| 70 | 81 | 116 | XT2H 160 TMD In=125 | A/AF95 |
| 80 | 92 | 132 | XT2H 160 TMD In=160 | A/AF110 |
| 90 | 104 | 149 | XT2H 160 TMD In=160* | A/AF145 |
| 110 | 127 | 173 | XT4H Ekip LS/I In=250 | A/AF145 |
| 130 | 150 | 205 | XT4H Ekip LS/I In=250 | A/AF185 |
| 150 | 173 | 236 | XT4H Ekip LS/I In=250 | A/AF210 |
| 180 | 208 | 284 | T4H320 PR221LI In=320 | A/AF260 |
| 200 | 231 | 315 | T5H400 PR221LI In=400 | A/AF300 |
| 250 | 289 | 394 | T5H400 PR221LI In=400 | AF400 |
| 280 | 323 | 441 | T6H630 PR221LI In=630 | AF460 |
| 300 | 346 | 473 | T6H630 PR221LI In=630 | AF460 |
| 350 | 404 | 552 | T6H630 PR221LI In=630 | AF580 |
| 400 | 462 | 630 | T6H800 PR221LI In=800 | AF750 |

* Dla wersji wtykowej należy zmniejszyć moc baterii o 10%

3 Poprawa współczynnika mocy

Tabela 8: Koordynacja typu 2, wyłącznik-stycznik, dla łączenia baterii kondensatorów, 690 V, 10 kA

| Q_c [kVAr] | I_{cn} [A] | I_{cmax} [A] | Wyłącznik kompaktowy | Stycznik |
|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------------|----------|
| 10 | 8 | 12 | XT2N 160 TMD In=16 | A/AF50 |
| 15 | 13 | 18 | XT2N 160 TMD In=20 | A/AF50 |
| 20 | 17 | 24 | XT2N 160 TMD In=25 | A/AF50 |
| 30 | 25 | 36 | XT2N 160 TMD In=40 | A/AF50 |
| 40 | 33 | 48 | XT2N 160 TMD In=50 | A/AF63 |
| 50 | 42 | 60 | XT2N 160 TMD In=63 | A/AF63 |
| 60 | 50 | 72 | XT2N 160 TMD In=80 | A/AF75 |
| 70 | 59 | 84 | XT2N 160 TMD In=100 | A/AF95 |
| 80 | 67 | 96 | XT2N 160 TMD In=100 | A/AF95 |
| 90 | 75 | 108 | XT2N 160 TMD In=125 | A/AF110 |
| 110 | 92 | 126 | XT2N 160 TMD In=160 | A/AF145 |
| 130 | 109 | 148 | XT2N 160 TMD In=160* | A/AF185 |
| 150 | 126 | 171 | XT4N Ekip LS/I In=250 | A/AF210 |
| 180 | 151 | 206 | XT4N Ekip LS/I In=250 | A/AF260 |
| 200 | 167 | 228 | XT4N Ekip LS/I In=250 | A/AF260 |
| 250 | 209 | 286 | T4N320 PR221LI In=320 | AF400 |
| 280 | 234 | 320 | T5N400 PR221LI In=400 | AF400 |
| 300 | 251 | 343 | T5N400 PR221LI In=400 | AF400 |
| 350 | 293 | 400 | T6N630 PR221LI In=630 | AF460 |
| 400 | 335 | 457 | T6N630 PR221LI In=630 | AF580 |

* W przypadku wersji wtykowej należy zmniejszyć moc baterii kondensatorów o 10%.

3 Poprawa współczynnika mocy

W tabeli poniżej, odnoszącej się do łączenia i zabezpieczania kondensatorów za pomocą wyłączników powietrznych, wykorzystano następujące symbole:

- N_{mech} = liczba mechanicznych cykli przestawieniowych;
- f_{mech} = częstotliwość mechanicznych cykli przestawieniowych [cp/h];
- N_{el} = liczba elektr. cykli przestawieniowych z napięciem odniesienia 440 V;
- f_{el} = częstotliwość elektrycznych cykli przestawieniowych [cp/h].

Tabela 9: Dobór wyłączników powietrznych SACE Emax

| Wyłącznik | I_{CBn} [A] | I_{cn} [A] | Q_{C} [kVAR] | | | | N_{mech} | f_{mech} [op/h] | N_{el} | f_{el} [op/h] |
|------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------------------|-----------------------------|-----------------|---------------------------|
| | | | 400 V | 440 V | 500 V | 690 V | | | | |
| X1 B-N | 630 | 421 | 291 | 320 | 364 | 502 | 12500 | 60 | 6000 | 30 |
| X1 B-N | 800 | 533 | 369 | 406 | 461 | 637 | 12500 | 60 | 6000 | 30 |
| X1 B-N | 1000 | 666 | 461 | 507 | 576 | 795 | 12500 | 60 | 4000 | 30 |
| X1 B-N | 1250 | 834 | 578 | 636 | 722 | 997 | 12500 | 60 | 4000 | 30 |
| X1 B-N | 1600 | 1067 | 739 | 813 | 924 | 1275 | 12500 | 60 | 3000 | 30 |
| E1 B-N | 800 | 533 | 369 | 406 | 461 | 637 | 25000 | 60 | 10000 | 30 |
| E1 B-N | 1000 | 666 | 461 | 507 | 576 | 795 | 25000 | 60 | 10000 | 30 |
| E1 B-N | 1250 | 834 | 578 | 636 | 722 | 997 | 25000 | 60 | 10000 | 30 |
| E1 B-N | 1600 | 1067 | 739 | 813 | 924 | 1275 | 25000 | 60 | 10000 | 30 |
| E2 B-N-S | 800 | 533 | 369 | 406 | 461 | 637 | 25000 | 60 | 15000 | 30 |
| E2 B-N-S | 1000 | 666 | 461 | 507 | 576 | 795 | 25000 | 60 | 15000 | 30 |
| E2 B-N-S | 1250 | 834 | 578 | 636 | 722 | 997 | 25000 | 60 | 15000 | 30 |
| E2 B-N-S | 1600 | 1067 | 739 | 813 | 924 | 1275 | 25000 | 60 | 12000 | 30 |
| E2 B-N-S | 2000 | 1334 | 924 | 1017 | 1155 | 1594 | 25000 | 60 | 10000 | 30 |
| E3 N-S-H-V | 800 | 533 | 369 | 406 | 461 | 637 | 20000 | 60 | 12000 | 20 |
| E3 N-S-H-V | 1000 | 666 | 461 | 507 | 576 | 795 | 20000 | 60 | 12000 | 20 |
| E3 N-S-H-V | 1250 | 834 | 578 | 636 | 722 | 997 | 20000 | 60 | 12000 | 20 |
| E3 N-S-H-V | 1600 | 1067 | 739 | 813 | 924 | 1275 | 20000 | 60 | 10000 | 20 |
| E3 N-S-H-V | 2000 | 1334 | 924 | 1017 | 1155 | 1594 | 20000 | 60 | 9000 | 20 |
| E3 N-S-H-V | 2500 | 1667 | 1155 | 1270 | 1444 | 1992 | 20000 | 60 | 8000 | 20 |
| E3 N-S-H-V | 3200 | 2134 | 1478 | 1626 | 1848 | 2550 | 20000 | 60 | 6000 | 20 |
| E4 S-H-V | 3200 | 2134 | 1478 | 1626 | 1848 | 2550 | 15000 | 60 | 7000 | 10 |
| E6 H-V | 3200 | 2134 | 1478 | 1626 | 1848 | 2550 | 12000 | 60 | 5000 | 10 |

4 Ochrona osób

4.1 Opis ogólny: wpływ prądu elektrycznego na ludzi

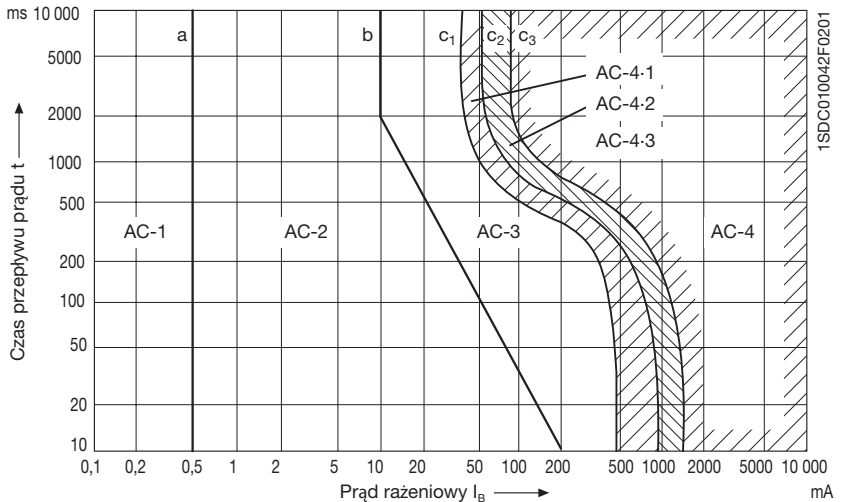
Zagrożenie dla osób, spowodowane przez dotyk części znajdujących się pod napięciem, wynika z przepływu prądu elektrycznego przez ciało ludzkie. Skutki są następujące:

- **skurcz mięśni:** mięśnie pod wpływem prądu kurczą się mimowolnie, utrudniając puszczenie przewodzącego elementu. Uwaga: Prądy o bardzo dużych natężeniach zazwyczaj nie powodują skurczu, ponieważ, kiedy ciało styka się z takimi prądami, reakcja mięśni jest tak silna, że mimowolne ruchy mięśni odrzucają daną osobę od elementu przewodzącego;
- **zatrzymanie czynności oddechowej:** jeśli prąd popłynie przez mięśnie odpowiedzialne za pracę płuc, mimowolny skurcz tych mięśni zaburza normalny proces oddychania i dana osoba może umrzeć w wyniku uduszenia lub też odnieść obrażenia spowodowane przez niedotlenienie;
- **migotanie komór serca:** najniebezpieczniejszym skutkiem jest nałożenie się zewnętrznych prądów na prądy fizjologiczne, prowadząc do niekontrolowanych skurczów i zaburzając rytm pracy serca. Takie anomalie mogą prowadzić do nieodwracalnych zjawisk, które pozostają nawet po zaniknięciu bodźca;
- **oparzenia:** są one skutkiem nagrzewania (zjawisko Joule'a) i są związane z prądem przepływającym przez ciało ludzkie.

Norma IEC 60479-1 „Wpływ prądu na ciało ludzkie i zwierzęta domowe” stanowi zbiór wytycznych opisujących efekty przepływu prądu przez ciało ludzkie. Ten dokument należy wykorzystywać do określania wymagań bezpieczeństwa elektrycznego. Norma przedstawia na charakterystyce czasowo-prądowej cztery strefy, z którymi związane są skutki fizjologiczne prądu przemiennego (15÷100 Hz) przepływającego przez ciało ludzkie.

4 Ochrona osób

Rysunek 1: Strefy czasowo-prądowe wpływu prądu przemiennego na ciało ludzkie



| Oznaczenie strefy | Granice stref | Skutki fizjologiczne |
|-------------------|---|--|
| AC-1 | Do 0,5 mA linia a | Zazwyczaj bez reakcji. |
| AC-2 | 0,5 mA do linii b* | Zazwyczaj bez szkodliwych skutków fizjologicznych. |
| AC-3 | Linia b do krzywej c ₁ | Zazwyczaj nie powinny wystąpić uszkodzenia organiczne. Prawdopodobieństwo skurczów mięśni i problemów oddechowych dla czasu przepływu prądu przekraczającego 2 s. Odwracalne zakłócenia tworzenia i przewodzenia impulsów elektrycznych w sercu, w tym migotanie przedsionków i przejściowe zatrzymanie akcji serca bez migotania komór, wzrastające wraz z natężeniem prądu i czasem. |
| AC-4 | Powyżej krzywej c ₁ | Oprócz skutków występujących w strefie 3, wystąpić mogą wzrastające wraz z natężeniem prądu i czasem, niebezpieczne skutki fizjologiczne, takie jak zatrzymanie akcji serca i poważne oparzenia. |
| AC-4.1 | c ₁ - c ₂ | Prawdopodobieństwo migotania komór wzrastające do około 5%. |
| AC-4.2 | c ₂ - c ₃ | Prawdopodobieństwo migotania komór sięgające około 50%. |
| AC-4.3 | Powyżej krzywej c ₃ | Prawdopodobieństwo migotania komór powyżej 50%. |

* Dla czasów trwania przepływu prądu poniżej 10 ms, granica wartości prądu rażeniowego dla linii b pozostaje stała i wynosi 200 mA.

Norma podaje również odpowiednie wartości odnoszące się do prądu stałego. Wykorzystując prawo Ohma można określić charakterystykę bezpieczeństwa dla dopuszczalnych napięć, po obliczeniu impedancji ciała ludzkiego. Impedancja elektryczna ciała ludzkiego zależy od wielu czynników. Przywołana wcześniej norma podaje różne wartości impedancji, w funkcji napięcia dotykowego i drogi przepływu prądu.

4 Ochrona osób

4.2 Instalacje dystrybucyjne

Sposoby powstawania zwarcí doziemnych i konsekwencje dotyku elementów pod napięciem są silnie związane z układem przewodu neutralnego oraz z połączeniami dostępnych części przewodzących.

W celu prawidłowego doboru zabezpieczenia należy wiedzieć, jaki jest układ instalacji rozdzielczej.

Norma IEC 60364-1 klasyfikuje instalacje rozdzielcze za pomocą dwóch liter.

Pierwsza litera opisuje związek sieci zasilającej z ziemią:

- T: bezpośrednie połączenie jednego punktu z ziemią; w instalacjach prądu przemiennego jest to zazwyczaj punkt neutralny;
- I: wszystkie części pod napięciem odizolowane od ziemi lub jeden punkt – w instalacjach prądu przemiennego jest to zazwyczaj punkt neutralny – połączony z ziemią poprzez impedancję.

Druga litera opisuje związek dostępnych części przewodzących instalacji z ziemią:

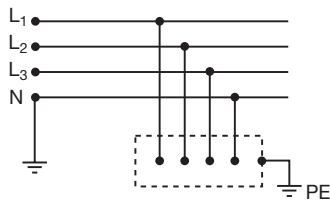
- T: bezpośrednie połączenie dostępnych części przewodzących z ziemią;
- N: bezpośrednie połączenie dostępnych części przewodzących z uziemionym punktem instalacji zasilającej.

Dalsze litery, jeśli występują, informują o układzie przewodu neutralnego i ochronnego:

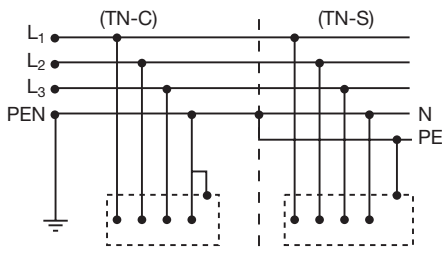
- S: funkcja ochronna zapewniona przez przewód odrębny od przewodu neutralnego;
- C: wspólny przewód neutralny i przewód ochronny (przewód PEN).

Stosowane są trzy rodzaje sieci dystrybucyjnej:

Układ TT



Układ TN

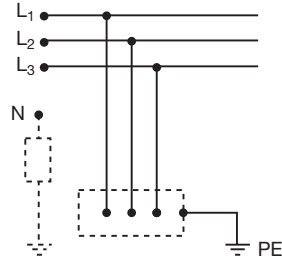


1SDC010033F0001

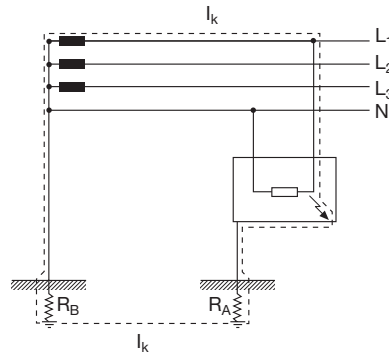
1SDC010033F0001

4 Ochrona osób

Układ IT



W układach **TT**, przewód neutralny oraz dostępne części przewodzące są niezależnie połączone z uziomami. Prąd doziemienia płynie w stronę punktu neutralnego zasilania poprzez ziemię (rysunek 1):



W układach **TT**, przewód neutralny jest połączony z punktem gwiazdowym zasilania, jest zazwyczaj rozprowadzany i jego zadaniem jest udostępnianie napięcia fazowego (np. 230 V), użytecznego do jednofazowego zasilania obciążeń. Dostępne części przewodzące są uziemiane lokalnie, pojedynczo lub wspólnie.

Układy **TT** są zazwyczaj wykorzystywane w instalacjach nieprzemysłowych. Układy **TN** są zazwyczaj wykorzystywane wtedy, kiedy zasilanie jest rozdzielane pomiędzy odbiorców posiadających swoje własne podstacje elektryczne. Przewód neutralny jest uziemiany bezpośrednio w podstacji. Dostępne części przewodzące są podłączone do tego samego punktu uziemienia, co przewód neutralny i mogą zostać uziemione lokalnie.

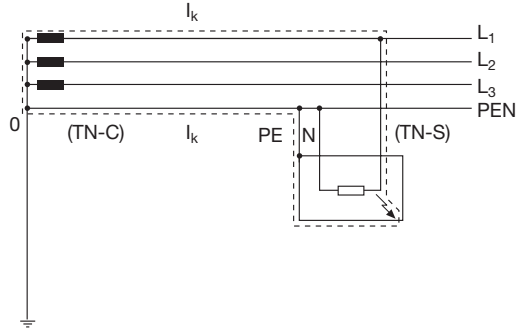
Stosowane są trzy różne rodzaje układów **TN**, rozróżniane w zależności od układu przewodu neutralnego i ochronnego:

1. **TN-C**: przewód neutralny i przewód ochronny stanowią jeden przewód (przewód PEN);
2. **TN-S**: przewód neutralny i przewód ochronny są zawsze rozdzielone;
3. **TN-C-S** przewód neutralny i przewód ochronny połączone w pojedynczy przewód w jednej części instalacji (PEN) i rozdzielone w innej części instalacji (PE + N).

4 Ochrona osób

W układach **TN**, prąd zakłóceńowy płynie w stronę punktu neutralnego zasilania poprzez połączenia metalowe, praktycznie niewykorzystując uziomu (rysunek 2).

Rysunek 2: Zwarcie doziemne w instalacjach TN

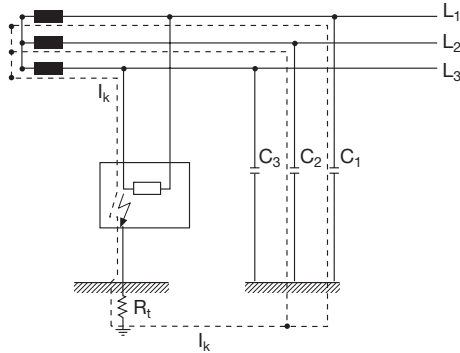


1SDC010038F0001

Instalacje **IT** nie posiadają połączonych bezpośrednio z ziemią elementów pod napięciem, ale mogą być uziemiane poprzez wystarczająco dużą impedancję. Dostępne części przewodzące muszą być uziemiane indywidualnie, grupowo lub zbiorowo, wykorzystując niezależny uziom.

Prąd zwarcia doziemnego płynie w stronę punktu neutralnego zasilania poprzez uziom oraz pojemność przewodu linii (rysunek 3).

Rysunek 3: Zwarcie doziemne w instalacjach IT



1SDC010037F0001

Tego rodzaju instalacje dystrybucyjne są wykorzystywane w zakładach, w których ciągłość zasilania stanowi kluczowe wymaganie i, w których zanik zasilania może powodować zagrożenie dla ludzi lub poważne straty ekonomiczne, lub tam, gdzie wymagana jest mała wartość prądu pierwszego zwarcia doziemnego. W takich przypadkach należy zamontować układ monitorowania izolacji, który będzie w stanie sygnalizować optycznie lub akustycznie zwarcia doziemne lub awarie zasilanych urządzeń.

4 Ochrona osób

4.3 Ochrona przed dotykiem bezpośrednim i dotykiem pośrednim

Kontakt osób z elementami znajdującymi się pod napięciem można podzielić na dwie kategorie:

- dotyk bezpośredni;
- dotyk pośredni.

Dotyk bezpośredni ma miejsce wtedy, kiedy część ciała ludzkiego dotyka elementu instalacji, zazwyczaj pod napięciem (gołe przewody, zaciski, itp...).

Dotyk jest pośredni, jeśli część ciała ludzkiego dotyka dostępną część przewodzącą, która nie znajduje się zazwyczaj pod napięciem, ale na której występuje napięcie, w wyniku uszkodzenia lub zużycia materiałów izolacyjnych.

Środki ochrony przed **dotykiem bezpośrednim** to:

- izolacja części czynnych, przy użyciu materiału izolacyjnego, który może zostać usunięty wyłącznie przez zniszczenie (np. izolacja przewodów);
- przegrody lub obudowy: elementy pod napięciem muszą znaleźć się wewnątrz obudów lub za ogrodzeniami, zapewniając stopień ochrony co najmniej IPXXB lub IP2X; dla powierzchni poziomych, stopień ochrony musi wynosić przynajmniej IPXXD lub IP4X (znaczenie kodów stopni ochrony zostało opisane w punkcie 5.1 „Rozdzielnice elektryczne”, w części pierwszej niniejszego dokumentu);
- przeszkody: ustawienie przeszkody pomiędzy elementami pod napięciem i operatorem zapobiega tylko przypadkowemu dotykowi, ale nie chroni przed zamierzonym dotykiem, w wyniku usunięcia przeszkody, bez użycia specjalnych narzędzi;
- umieszczenie poza zasięgiem: osiągalne równocześnie, dostępne elementy o różnych potencjałach nie mogą znajdować się w zasięgu ramion człowieka.

Dodatkową ochronę przed dotykiem bezpośrednim można zapewnić, stosując zabezpieczenia różnicowoprądowe o prądzie znamionowym różnicowym nieprzekraczającym 30 mA. Należy pamiętać o tym, że stosowanie zabezpieczeń różnicowoprądowych jako środka ochrony przed dotykiem bezpośrednim, nie zwalnia z konieczności stosowania jednego z wyżej wymienionych środków ochrony.

Środki ochrony przed **dotykiem pośrednim** to:

- samoczynne odłączenie zasilania: zabezpieczenie musi automatycznie odłączyć zasilanie obwodu, tak aby napięcie dotykowe spodziewane na dostępnej części przewodzącej nie trwało na tyle długo, aby doprowadzić do szkodliwych skutków fizjologicznych u ludzi.
- podwójna lub wzmocniona izolacja, np. stosując komponenty klasy II;

4 Ochrona osób

- miejsca nieprzewodzące: miejsca o dużej wartości rezystancji podłóg izolujących i ścian ($\geq 50 \text{ k}\Omega$ dla $U_r \leq 500 \text{ V}$; $\geq 100 \text{ k}\Omega$ dla $U_r > 500 \text{ V}$), bez przewodów ochronnych wewnątrz;
- separacja elektryczna, np. stosując transformator zasilający obwód;
- nieuziemione, miejscowe połączenia wyrównawcze: miejsca, w których dostępne części przewodzące są połączone razem, ale nie są uziemione.

Na zakończenie, następujące środki zapewniają połączoną ochronę przed dotykiem pośrednim i dotykiem bezpośrednim:

- układ SELV (Safety Extra Low Voltage – bardzo niskie napięcie bezpieczne) i układ PELV (Protective Extra Low Voltage – bardzo niskie napięcie ochronne);
- układ FELV (Functional Extra Low Voltage – bardzo niskie napięcie funkcjonalne).

Równoczesne zabezpieczenie przed dotykiem bezpośrednim i dotykiem pośrednim jest zapewnione, jeśli spełnione są wymagania punktu 411 normy IEC 60364-4-41, a w szczególności:

- napięcie znamionowe nie przekracza wartości skutecznej 50 V AC i 120 V DC bez tętnień;
- zasilanie jest źródłem SELV lub PELV;
- muszą zostać spełnione wszystkie warunki instalacji, przewidziane dla tego typu obwodów elektrycznych.

Obwód SELV charakteryzuje się następującymi cechami:

- 1) jest zasilany przez niezależne źródło lub też z „bezpiecznego źródła”. Źródłami niezależnymi są akumulatory lub generatory dieslowskie. Źródła bezpieczne są to źródła, które uzyskuje się stosując transformator separujący;
- 2) brak punktów uziemienia. Uziemianie dostępnych części przewodzących oraz części pod napięciem obwodów SELV jest zabronione;
- 3) musi zostać odseparowany od innych instalacji elektrycznych. Separacja układu SELV od innych obwodów musi zostać zagwarantowana dla wszystkich komponentów. W tym celu przewody obwodów SELV mogą stanowić fragment przewodów wielożyłowych lub też mogą być wyposażane w dodatkowy pancerz izolacyjny.

Obwód PELV charakteryzuje się takimi samymi zaleceniami, co układy SELV, za wyjątkiem zakazu dotyczącego punktów uziemienia; faktycznie, w obwodach PELV przynajmniej jeden punkt jest zawsze uziemiony.

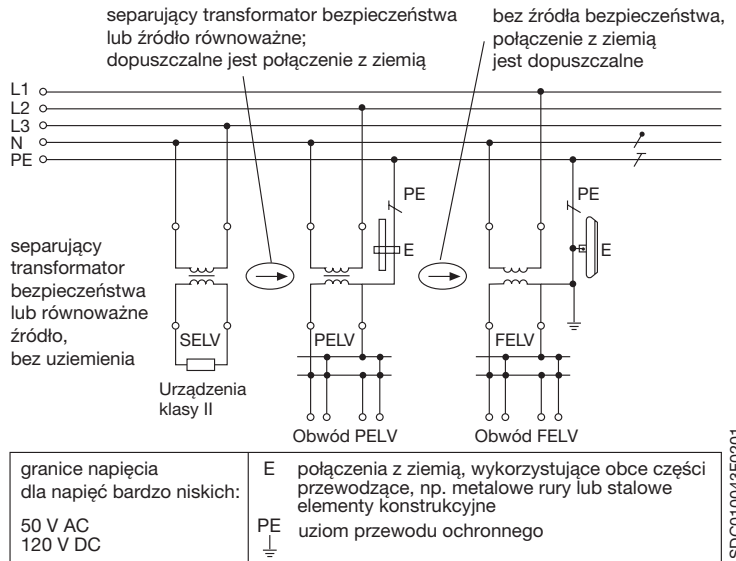
4 Ochrona osób

Obwody FELV są stosowane wtedy, kiedy z powodów funkcjonalnych nie można spełnić wymagań dla obwodów SELV lub PELV. Wymagają one spełnienia następujących zasad:

- a) ochronę przed dotykiem bezpośrednim należy zapewnić za pomocą:
 - barier lub obudów o podanym wcześniej stopniu ochrony (środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim);
 - izolacji odpowiadającej minimalnemu napięciu probierczemu, określone dla obwodu pierwotnego. Jeśli próba ta da wynik negatywny, izolacja dostępnych elementów nieprzewodzących urządzeń musi zostać wzmocniona w trakcie montażu, tak aby mogła wytrzymać napięcie probiercze 1500 V AC (wartość skuteczna) przez 1 min.;
- b) ochronę przed dotykiem pośrednim należy zapewnić za pomocą:
 - podłączenia dostępnych części przewodzących urządzeń obwodu FELV do przewodu ochronnego obwodu pierwotnego, pod warunkiem, że w przypadku tego ostatniego zastosowano jeden ze środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim;
 - podłączenia przewodu pod napięciem obwodu FELV do przewodu ochronnego obwodu pierwotnego, pod warunkiem, że jako środek ochrony zapewniono automatyczne wyłączenie;
- c) wtyczki układów FELV nie mogą pasować do gniazd sieciowych instalacji o innych napięciach, a wtyczki instalacji o innych napięciach nie mogą pasować do gniazd układów FELV.

Na rysunku 1 przedstawiono najważniejsze charakterystyki układów SELV, PELV i FELV.

Rysunek 1: Układy SELV, PELV i FELV



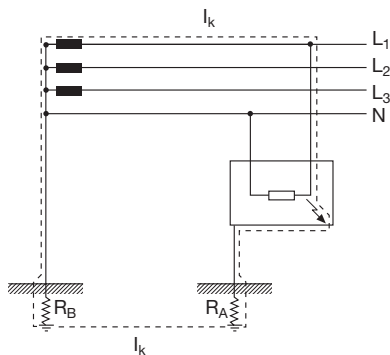
Uwaga 1: Na rysunku nie przedstawiono zabezpieczeń nadprądowych.

4 Ochrona osób

4.4 Układ TT

Zwarcie doziemne w układzie TT obejmuje obwód przedstawiony na rysunku 1:

Rysunek 1: Zwarcie doziemne w układzie TT



Prąd zakłóceniuowy płynie przez uzwojenie wtórne transformatora, przewód linii, rezystancję zwarcia, przewód ochronny i rezystancję uziumi (R_A instalacji użytkownika i R_B przewodu neutralnego). Zgodnie z zaleceniami normy IEC 60364-4, zabezpieczenia muszą być koordynowane z układem uziemienia, w celu zapewnienia szybkiego wyłączenia zasilania, jeśli napięcie dotykowe osiągnie wartość szkodliwą dla ciała ludzkiego.

Przed określeniem takich zaleceń warto poznać rodzaje opisanych w normie obwodów. W instalacji, obwody można podzielić na:

- obwód odbiorczy: jest to obwód, który zazwyczaj zasila urządzenia (na przykład odkurzacz, suwnicę bramową, itd...);
- obwód rozdzielczy: jest to obwód, który zasila rozdzielnicę, do której podłączone są obwody odbiorcze.

W instalacji TT, w celu uzyskania prawidłowej ochrony przed dotykiem pośrednim poprzez automatyczne wyłączenie obwodu, należy koniecznie spełnić jeden z następujących warunków (zgodnie z normą IEC 60364-4):

Ochrona za pomocą zabezpieczeń różnicowoprądowych

Zakładając 50 V jako wartość graniczną napięcia (standardowe środowisko), w celu uzyskania ochrony przed dotykiem pośrednim za pomocą zabezpieczeń różnicowoprądowych, należy spełnić następujący warunek:

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq 50V \quad \text{stad: } R_A \leq \frac{50V}{I_{\Delta n}}$$

gdzie:

R_A jest całkowitą rezystancją (w Ω) uziumi i przewodu ochronnego dostępnych części przewodzących;

$I_{\Delta n}$ jest znamionowym prądem różnicowym zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego.

¹ Rezystancja uziumi jest połączona szeregowo z rezystancją przewodu ochronnego, która jest pomijalnie mała w porównaniu z wartością rezystancji R_A . W rezultacie, we wzorze można uwzględnić tylko rezystancję uziumi instalacji użytkownika.

4 Ochrona osób

W kwestii czasów wyłączenia, norma rozróżnia dwie możliwości:

- obwody odbiorcze o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A: w takim przypadku musi być spełniony powyższy warunek, wraz z czasami przedstawionymi w tabeli 1 (wartości odnoszące się do prądów zakłóceńowych dużo większych, niż prąd znamionowy różnicowy wyłącznika różnicowoprądowego, który typowo wynosi $5 \cdot I_{\Delta n}$);
- prąd obwodu rozdzielczego lub obwodu odbiorczego przekraczający 32 A: w takim przypadku podany powyżej warunek będzie spełniony, jeśli czas nie przekroczy 1 s (czas umowny).

Tabela 1: Maksymalny czas wyłączenia dla obwodów odbiorczych o prądach nieprzekraczających 32 A

| System | $50 \text{ V} < U_0 \leq 120 \text{ V}$ s | | $130 \text{ V} < U_0 \leq 230 \text{ V}$ s | | $230 \text{ V} < U_0 \leq 400 \text{ V}$ s | | $U_0 > 400 \text{ V}$ s | |
|--------|--|---------|---|-----|---|-----|----------------------------|-----|
| | AC | DC | AC | DC | AC | DC | AC | DC |
| TT | 0,3 | Uwaga 1 | 0,2 | 0,4 | 0,07 | 0,2 | 0,04 | 0,1 |

U_0 jest wartością nominalną napięcia stałego lub przemiennego linii względem ziemi.

Tam, gdzie w instalacjach TT wyłączenie jest realizowane przez zabezpieczenie nadprądowe, a ochronne połączenie wyrównawcze jest połączone ze wszystkimi obcymi częściami przewodzącymi wewnątrz instalacji, można stosować maksymalne czasy wyłączenia, które mają zastosowanie do instalacji TN.

UWAGA 1: Wyłączenie może być konieczne z powodów innych, niż ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym.

UWAGA 2: Tam, gdzie zgodność z wyżej wymienionymi wymaganiami jest zapewniona przez zabezpieczenie różnicowoprądowe, czasy wyłączenia, zgodne z tabelą powyżej, odnoszą się do wartości spodziewanych prądów różnicowych dużo większych od wartości prądów różnicowych znamionowych roboczych zabezpieczeń różnicowoprądowych (typowo $5 \cdot I_{\Delta n}$).

Na podstawie powyższego jest oczywiste, że wartość rezystancji R_A układu uziemienia jest różna dla różnych wyłączników różnicowoprądowych, o różnej czułości, ponieważ różna będzie wartość mianownika w podanej powyżej zależności. Faktycznie, stosując zabezpieczenie różnicowoprądowe o czułości 30 mA, wymagana będzie rezystancja uziemienia mniejsza, niż:

$$R_A \leq \frac{50}{0,03} = 1666,6 \Omega$$

podczas gdy dla mniej czułego zabezpieczenia różnicowoprądowego (na przykład 300 mA), wymagana będzie rezystancja uziemienia mniejsza, niż:

$$R_A \leq \frac{50}{0,3} = 166,6 \Omega$$

4 Ochrona osób

Jak przedstawiono to na przykładzie, dzięki zabezpieczeniu różnicowoprądowemu o większej czułości, łatwiej będzie wykonać układ uziemienia skoordynowany z parametrami samego zabezpieczenia.

W tabeli 2 podano maksymalne wartości rezystancji uziemienia, które można uzyskać wraz z zabezpieczeniami różnicowoprądowymi, odnoszące się do typowego środowiska (50 V):

Tabela 2: Wartości rezystancji uziemienia

| $I_{\Delta n}$ [A] | R_A [Ω] |
|-----------------------|--------------|
| 0,01 | 5000 |
| 0,03 | 1666 |
| 0,1 | 500 |
| 0,3 | 166 |
| 0,5 | 100 |
| 3 | 16 |
| 10 | 5 |
| 30 | 1,6 |

4 Ochrona osób

Ochrona za pomocą zabezpieczeń nadprądowych

Dobór zabezpieczenia nadprądowego przed zwarcie faza-ziemia oraz przed dotykiem pośrednim powinien być realizowany w oparciu o odpowiednią koordynację czasów wyłączenia z impedancją pętli zwarcia.

W rezultacie, należy spełnić następujący warunek:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

gdzie:

Z_s jest impedancją (w Ω) pętli zwarcia, która obejmuje:

- źródło;
- przewód linii do miejsca zwarcia;
- przewód ochronny dostępnych części przewodzących;
- przewód uziemiający;
- uziom instalacji;
- uziom źródła.

I_a jest prądem wyłączenia, w czasie podanym w tabeli 1, dla obwodów odbiorczych o prądach nieprzekraczających 32 A lub wyłączenia w czasie 1 s dla obwodów rozdzielczych i obwodów odbiorczych o prądach przekraczających 32 A;

U_0 jest wartością nominalną napięcia przemiennego (wartość skuteczna) linii względem ziemi (V).

Dobór zabezpieczenia nadprądowego powinien być realizowany w oparciu o odpowiednią koordynację czasów wyłączenia, z impedancją pętli zwarcia.

Zależność $Z_s \cdot I_a \leq U_0$ można zapisać w postaci:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{\text{KL-ziemia}}$$

gdzie $I_{\text{KL-ziemia}}$ jest prądem zakłóceniovym zwarcia faza-ziemia. Wobec powyższego można stwierdzić, że zabezpieczenie przed dotykiem pośrednim jest zapewnione, jeśli prąd wyzwolenia zabezpieczenia I_a (w czasie podanym w tabeli 1 lub w czasie 1 s) jest mniejszy, niż prąd zakłóceniovym zwarcia faza-ziemia $I_{\text{KL-ziemia}}$ występujący na dostępnych częściach przewodzących, które mają być chronione.

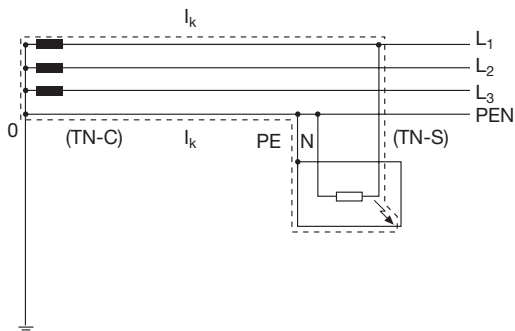
Należy podkreślić, że zastosowanie zabezpieczeń różnicowoprądowych w instalacjach rozdzielczych TT umożliwi posiadanie układu uziemienia o rezystancji uziemienia, którą można łatwo uzyskać, podczas gdy zastosowanie wyłączników automatycznych jest możliwe tylko w przypadku małych wartości rezystancji uziemienia R_A (bardzo trudne do uzyskania w praktyce). Oprócz tego, w takiej sytuacji obliczenie wartości impedancji pętli zwarcia (Z_s) może okazać się bardzo trudne, ponieważ rezystancja uziemienia przewodu neutralnego nie może być traktowana jako pomijalnie mała (w rzeczywistości, może osiągnąć wartość porównywalną z rezystancją uziemienia).

4 Ochrona osób

4.5 Układ TN

Zwarcie doziemne w układzie TN obejmuje obwód przedstawiony na rysunku 2:

Rysunek 2: Zwarcie doziemne w układzie TN



Pętla zwarcia nie wpływa na układ uzimienia i składa się głównie z szeregowego połączenia przewodu fazowego i przewodu ochronnego.

W celu zapewnienia zabezpieczenia przez automatyczne wyłączenie obwodu, zgodnie z normą IEC 60364-4 muszą być spełnione następujące warunki:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0$$

gdzie:

Z_s jest impedancją pętli zwarcia, obejmującej źródło, przewód pod napięciem do miejsca zwarcia i przewód ochrony od miejsca zwarcia do źródła [Ω];

U_0 jest wartością nominalną napięcia przemiennego (wartość skuteczna) względem ziemi (V).

I_a jest prądem wyłączenia (w A) zabezpieczenia, w czasie określonym w tabeli 3, w funkcji napięcia znamionowego U_0 obwodów odbiorczych o natężeniu prądu nieprzekraczającym 32 A lub w czasie 5 s, w przypadku obwodów dystrybucyjnych oraz obwodów odbiorczych o natężeniu prądu przekraczającym 32 A (opis typów obwodów został zamieszczony w opisie układu TT).

Tabela 3: Maksymalny czas wyłączenia w układzie TN

| Instalacja | 50 V < $U_0 \leq 120$ V | | 120 V < $U_0 \leq 230$ V | | 230 V < $U_0 \leq 400$ V | | $U_0 > 400$ V | |
|------------|-------------------------|---------|--------------------------|----|--------------------------|-----|---------------|-----|
| | AC | DC | AC | DC | AC | DC | AC | DC |
| TN | 0,8 | Uwaga 1 | 0,4 | 5 | 0,2 | 0,4 | 0,1 | 0,1 |

UWAGA 1: Wyłączenie może być konieczne z powodów innych, niż ochrona przed porażeniem elektrycznym.

UWAGA 2: Tam, gdzie zgodność z opisanymi powyżej wymaganiami jest zapewniona za pomocą zabezpieczenia różnicowoprądowego, czasy wyłączenia, zgodnie z powyższą tabelą, odnoszą się do wartości prądów różnicowych spodziewanych dużo większych, niż wartość prądu różnicowego znamionowego zadziałania zabezpieczenia różnicowoprądowego (typowo $5 \cdot I_{\Delta n}$).

4 Ochrona osób

Dobór automatycznego zabezpieczenia przed zwarciami faza-PE oraz przed dotykiem pośrednim powinien być realizowany w oparciu o odpowiednią koordynację czasów wyłączenia, z impedancją pętli zwarcia.

W układach TN, zwarcie bezrezystancyjne faza-PE po stronie nn generuje zazwyczaj prąd zbliżony do prądu zwarcia, a prąd doziemienia płynący przez przewód linii (lub przewody) oraz przez przewód ochronny nie wpływa absolutnie na układ uziemienia.

Zależność $Z_s \cdot I_a \leq U_0$ można zapisać w postaci:

$$I_a \leq \frac{U_0}{Z_s} = I_{kLPE}$$

gdzie I_{kLPE} jest prądem zakłóceniovym zwarcia faza-PE. Wobec powyższego można stwierdzić, że zabezpieczenie przed dotykiem pośrednim jest zapewnione, jeśli prąd wyzwolenia zabezpieczenia I_a (w czasie podanym w tabeli 3 lub w czasie 5 s) jest mniejszy, niż prąd zakłóceniovym zwarcia faza-PE I_{kLPE} , występujący na dostępnych częściach przewodzących, które mają być chronione.

W układach TN, do ochrony przed dotykiem pośrednim wykorzystywane są następujące urządzenia:

- wyłączniki z wyzwalaczem termomagnetycznym;
- wyłączniki z wyzwalaczem elektronicznym;
- zabezpieczenia różnicowoprądowe (tylko układy TN-S).

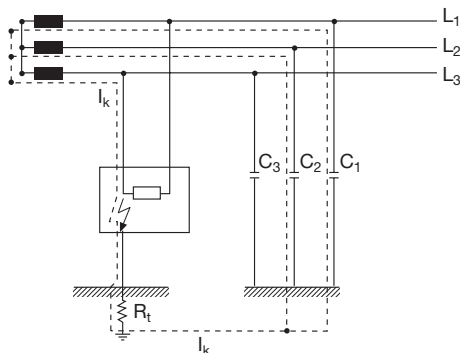
Na zakończenie należy podkreślić, że zabezpieczenia różnicowoprądowe nie mogą być stosowane w układach TN-C, ponieważ przewód neutralny i ochronny są tam połączone w jeden przewód: taka konfiguracja uniemożliwia działanie zabezpieczeń różnicowoprądowych.

4 Ochrona osób

4.6 Układ IT

Jak przedstawiono to na rysunku 3, zwarcie doziemne w układzie IT płynie przez pojemność przewodu linii, do punktu neutralnego zasilania. Z tego powodu pierwsze zwarcie doziemne charakteryzuje się niezwykle małą wartością prądu. Zapobiega to zadziałaniu zabezpieczeń nadprądowych, a wynikające z tego napięcie dotykowe jest bardzo małe.

Rysunek 3: Zwarcie doziemne w układach IT



Zgodnie z normą IEC 60364-4, automatyczne wyłączenie obwodu, w przypadku pierwszego zwarcia doziemnego, nie jest niezbędne tylko wtedy, jeśli spełniony jest następujący warunek:

$$R_A \cdot I_d \leq 50 \text{ Va.c.}$$

$$R_A \cdot I_d \leq 120 \text{ Vd.c.}$$

gdzie:

R_A jest sumą rezystancji, w Ω , uziumi i przewodu ochronnego dostępnych części przewodzących;

I_d jest prądem zakłóceńowym, w amperach, pierwszego zwarcia² z pominięciem małą impedancją pomiędzy przewodem linii i dostępną częścią przewodzącą. Taka wartość uwzględnia prądy upływu oraz całkowitą impedancję uziemienia instalacji elektrycznej.

Jeśli warunek ten jest spełniony, po zwarcu, napięcie dotykowe na dostępnych częściach przewodzących będzie mniejsze, niż 50 V (dla prądu przemiennego), co stanowi wartość tolerowaną przez ciało ludzkie, przez nieograniczony czas. W instalacjach IT należy zapewnić układ monitorowania izolacji, w celu sygnalizacji pojawienia się nienormalnych warunków, po wystąpieniu zwarcia. Zgodny z normą IEC 61557-8 układ monitorowania izolacji jest układem stale monitorującym instalację elektryczną.

Jego zadaniem jest sygnalizacja znaczącego zmniejszenia poziomu izolacji instalacji. Celem jest znalezienie przyczyny uszkodzenia, zanim wystąpi drugie zwarcie – zapobiegając tym samym wyłączeniu zasilania.

² Jest określane przez normę jako pierwsze zwarcie doziemne. Równoczesne wystąpienie dwóch zwarcia na dwóch fazach jest nazywane podwójnym zwarcie doziemnym.

4 Ochrona osób

Sygnalizuje wystąpienie pierwszego zwarcia doziemnego. W przypadku drugiego zwarcia, zasilanie musi zostać wyłączone, zgodnie z poniższymi zasadami:

- a) tam, gdzie dostępne części przewodzące są uziemione grupowo lub indywidualnie, warunki ochrony są takie same, jak w układach TT:
tam, gdzie dostępne części przewodzące są uziemione grupowo lub indywidualnie, muszą być spełnione następujące warunki:

$$R_A \cdot I_a \leq 50V$$

gdzie:

R_A jest całkowitą rezystancją (w Ω) uziomu i przewodu ochronnego dostępnych części przewodzących;

I_a jest prądem powodującym samoczynne zadziałanie zabezpieczenia przewodu ochronnego, w czasie zgodnym z wymaganiami dla układów TT;

- b) tam, gdzie dostępne części przewodzące są połączone za pomocą przewodu ochronnego i wspólnie uziemione, obowiązują zasady dla układów TN; w szczególności, muszą zostać spełnione następujące warunki:

jeśli przewód neutralny nie jest rozproszony:

$$Z_s \leq \frac{U}{2 \cdot I_a}$$

jeśli przewód neutralny jest rozproszony:

$$Z's \leq \frac{U_0}{2 \cdot I_a}$$

gdzie:

U_0 jest napięciem nominalnym pomiędzy przewodem linii i przewodem neutralnym;

U jest napięciem nominalnym pomiędzy przewodami linii;

Z_s jest impedancją pętli zwarcia obejmującą przewód linii i przewód ochronny obwodu;

$Z's$ jest impedancją pętli zwarcia obejmującą przewód neutralny i przewód ochronny obwodu;

I_a jest prądem powodującym zadziałanie zabezpieczenia, w czasie zgodnym z wymaganiami dla układów TN;

Norma zaleca, aby nie rozproszczać przewodu neutralnego w instalacjach typu IT. Jedną z przyczyn są duże trudności w spełnieniu zalecanych warunków dotyczących impedancji w pętli podwójnego zwarcia $Z's$. W rzeczywistości, w przypadku obecności rozproszzonego przewodu neutralnego, impedancja musi być o 58% mniejsza od impedancji Z_s , która jest wymagana, w przypadku podwójnego zwarcia pomiędzy fazami. W ten sposób staje się jasne, że trudniej będzie zapewnić koordynację wyłącznikiem nadprądowym, który musi zadziałać, w celu ochrony przed dotykiem pośrednim.

Co więcej, w przypadku złożonych instalacji przemysłowych, obecność rozproszzonego przewodu neutralnego może prowadzić do niebezpieczeństwa przypadkowego podłączenia go do ziemi, tym samym eliminując zalety oferowane przez układy IT.

Próg zadziałania zabezpieczenia różnicowoprądowego musi zostać dobrany starannie, tak aby uniknąć niechcianego zadziałania, spowodowanych również przez szczególną drogę przepływu prądu pierwszego zwarcia, która prowadzi przez pojemność przewodu linii, do punktu neutralnego zasilania (zamiast na zwartej linii, większa wartość prądu zakłóceniewego może pojawić się na innej, nieszkodzonej linii, o większej pojemności).

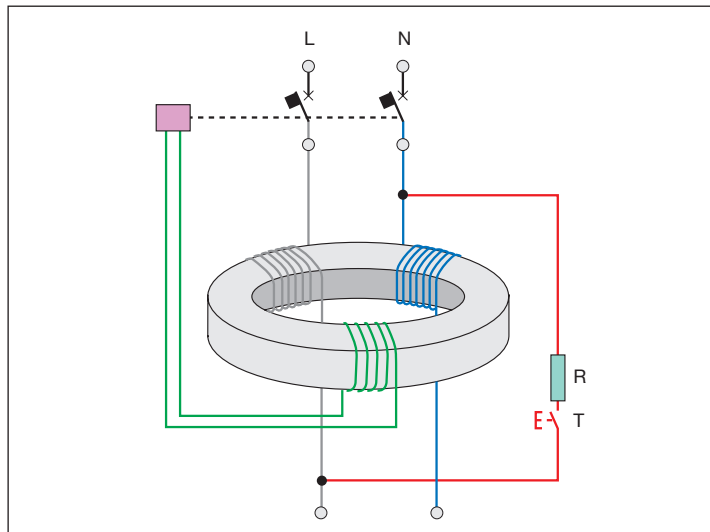
4 Ochrona osób

4.7 Zabezpieczenia różnicowoprądowe

Ogólne informacje na temat wyłączników różnicowoprądowych

Zasada działania wyłącznika różnicowoprądowego polega na wykrywaniu prądu zwarcia doziemnego, wykorzystując przekładnik toroidalny, który obejmuje wszystkie przewody pod napięciem, w tym również przewód neutralny, jeśli został on rozproszony.

Rysunek 1: Zasada działania zabezpieczenia różnicowoprądowego



Jeśli nie ma zwarcia doziemnego, wektorowa suma prądów I_A jest równa zero; W przypadku zwarcia doziemnego, jeśli wartość I_A przekroczy wartość prądu znamionowego różnicowego zadziałania $I_{\Delta n}$, obwód strony wtórnej przekładnika toroidalnego wysyła sygnał sterujący do dedykowanej cewki otwierającej, powodując zadziałanie wyłącznika.

Pierwszego podziału zabezpieczeń różnicowoprądowych można dokonać w funkcji rodzaju prądu zakłóceniewego, który mogą wykrywać te zabezpieczenia:

- Typu AC: wyzwolenie jest zapewniane dla prądu różnicowego przemiennego sinusoidalnego, w przypadku powolnego narastania lub nagłego wystąpienia prądu różnicowego;
- Typu A: wyzwolenie jest zapewniane dla prądu różnicowego przemiennego sinusoidalnego, prądu przemiennego sinusoidalnego wyprostowanego jednopółkwoowo lub prądu impulsowego, w przypadku powolnego narastania lub nagłego wystąpienia prądu różnicowego;
- Typu B: wyzwolenie jest zapewniane dla prądu różnicowego przemiennego sinusoidalnego, prądu przemiennego sinusoidalnego wyprostowanego jednopółkwoowo, prądu impulsowego lub prądu stałego, w przypadku powolnego narastania lub też nagłego wystąpienia prądu różnicowego;

Inna klasyfikacja może zostać oparta na zwłocze zadziałania zabezpieczenia:

- typu bezzwłocznego;
- zwłoczne typu S.

1SDC010041F0001

4 Ochrona osób

Zabezpieczenia różnicowoprądowe mogą być łączone z innymi urządzeniami. Można rozróżnić:

- wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego (RCCB): wyposażone tylko w wyzwalacz różnicowoprądowy; mogą chronić wyłącznie przed zwarciami doziemnymi. Muszą być łączone z wyłącznikami termomagnetycznymi lub bezpiecznikami, w celu zapewnienia ochrony przed obciążeniami termicznymi i dynamicznymi;
- wyłączniki różnicowoprądowe z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym (RCBO): stanowią połączenie wyłącznika termomagnetycznego i zabezpieczenia różnicowoprądowego RCD; z tego też powodu zapewniają ochronę przed przetężeniami i zwarciami doziemnymi;
- wyłączniki różnicowoprądowe z zewnętrznym przekładnikiem toroidalnym: są stosowane w instalacjach przemysłowych charakteryzujących się dużymi wartościami prądów. Składają się z wyzwalacza podłączonego do zewnętrznego przekładnika toroidalnego, wyposażonego w uzwojenie służące do wykrywania prądów różnicowych. W przypadku zwarcia doziemnego, wygenerowany sygnał wysterowuje mechanizm otwierający wyłącznika lub stycznika linii.

Oprócz prądu różnicowego zadziałania $I_{\Delta n}$ bardzo ważnym parametrem zabezpieczenia różnicowoprądowego jest prąd różnicowy niezadziałania, który odpowiada maksymalnej wartości prądu różnicowego, która nie powoduje zadziałania wyłącznika. Jest ona równa $0,5 \cdot I_{\Delta n}$. Można więc stwierdzić, że:

- dla $I_{\Delta} < 0,5 \cdot I_{\Delta n}$ zabezpieczenie różnicowoprądowe nie może zadziałać;
- dla $0,5 \cdot I_{\Delta n} < I_{\Delta} < I_{\Delta n}$ zabezpieczenie różnicowoprądowe może zadziałać;
- dla $I_{\Delta} > I_{\Delta n}$ zabezpieczenie różnicowoprądowe musi zadziałać.

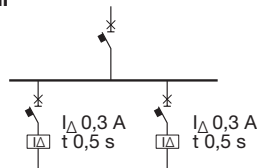
W celu doboru wartości prądu znamionowego różnicowego zadziałania należy uwzględnić, oprócz koordynacji z układem uziemienia, również wszystkie prądy upływu w instalacji. W celu uniknięcia niechcianego zadziałania, ich suma wektorowa nie może być większa, niż $0,5 \cdot I_{\Delta n}$.

Selektywność pomiędzy zabezpieczeniami różnicowoprądowymi

Norma IEC 60364-5-53 stwierdza, że selektywność pomiędzy zabezpieczeniami różnicowoprądowymi, zamontowanymi szeregowo może być potrzebna ze względów serwisowych, szczególnie, jeśli wchodzi w grę kwestie bezpieczeństwa, na przykład w celu zapewnienia ciągłości zasilania sprawnej części instalacji, nawet jeśli doszło do awarii. Selektywność można uzyskać dobierając i montując zabezpieczenia różnicowoprądowe tak, aby zapewnić odłączenie od zasilania przez zabezpieczenie znajdujące się najbliższej miejsca awarii. Istnieją dwa rodzaje selektywności pomiędzy zabezpieczeniami różnicowoprądowymi:

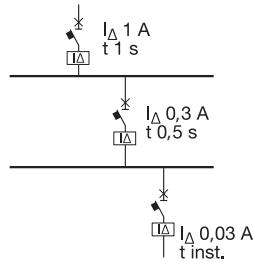
- selektywność pozioma: zapewnia ochronę każdej linii, wykorzystując dedykowany wyłącznik różnicowoprądowy; w ten sposób, w przypadku zwarcia doziemnego, wyłączona zostaje tylko uszkodzona linia, ponieważ pozostałe wyłączniki różnicowoprądowe nie wykrywają prądów zakłóceńowych. Należy jednak zapewnić zabezpieczenie przed dotykem pośrednim, w części rozdzielniczy oraz w instalacji przed wyłącznikiem;
- selektywność pionowa: jest realizowana wykorzystując połączone szeregowo zabezpieczenia różnicowoprądowe.

Rysunek 2: Pozioma selektywność pomiędzy zabezpieczeniami różnicowoprądowymi



4 Ochrona osób

Rysunek 3: Pionowa selektywność pomiędzy zabezpieczeniami różnicowoprądowymi



Zgodnie z normą IEC 60364-5-53, w celu zapewnienia selektywności pomiędzy dwoma zabezpieczeniami różnicowoprądowymi połączonymi szeregowo, obydwa te zabezpieczenia muszą spełnić następujące warunki:

- charakterystyka czasowo-prądowa prądu niezadziałania zabezpieczenia różnicowoprądowego, znajdującego się po stronie zasilania, musi znajdować się powyżej całkowitego czasu zadziałania charakterystyki czasowo-prądowej zabezpieczenia różnicowoprądowego zamontowanego po stronie obciążenia;
- prąd znamionowy różnicowy zadziałania zabezpieczenia znajdującego się po stronie zasilania musi być większy, niż prąd zabezpieczenia różnicowoprądowego zamontowanego po stronie obciążenia.

Charakterystyka czasowo-prądowa prądu niezadziałania jest charakterystyką informującą o maksymalnym czasie, w trakcie którego prąd różnicowy większy, niż prąd różnicowy niezadziałania (równy $0,5 \cdot I_{\Delta n}$) może przepływać przez wyłącznik różnicowoprądowy, bez jego zadziałania.

W rezultacie, selektywność pomiędzy dwoma zabezpieczeniami różnicowoprądowymi, połączonymi szeregowo, można uzyskać:

- w przypadku wyłączników różnicowoprądowych typu S, zamontowanych po stronie zasilania, (zgodnych z normą IEC 61008-1 i IEC 61009), typu zwłocznego, wybierając typ wyłącznika zamontowanego po stronie obciążenia, o prądzie $I_{\Delta n}$ równym $1/3$ prądu $I_{\Delta n}$ wyłączników po stronie zasilania;
- w przypadku elektronicznych wyzwalaczy różnicowoprądowych, wybierając po stronie zasilania urządzenie z czasem i wartością progu prądowego bezpośrednio większymi, niż dla urządzenia po stronie obciążenia, pamiętając przy tym o tolerancjach.

W celu ochrony przed dotykiem pośrednim w instalacjach rozdzielczych w układzie TT, maksymalny czas wyłączenia dla prądu $I_{\Delta n}$ nie może przekroczyć 1 s (IEC 60364-4-41, punkt 411.3.2.4)

4 Ochrona osób

4.8 Maksymalna długość zabezpieczonego przewodu, zapewniająca ochronę osób

Jak opisano to już w poprzednich punktach, normy podają wskazówki dotyczące maksymalnego czasu wyłączenia zabezpieczeń. Czasy te są tak dobrane, aby uniknąć skutków patofizjologicznych u osób, które dotkną elementów pod napięciem.

W celu ochrony przed dotykiem pośrednim należy sprawdzić, czy wyłącznik zadziała w czasie krótszym, niż maksymalny czas podany przez normę. Takie sprawdzenie jest wykonywane, porównując minimalną wartość prądu zwarcowego zabezpieczanych, dostępnych części przewodzących, z prądem zadziałania, który odpowiada czasowi podanemu przez normę.

Minimalna wartość prądu zwarcowego pojawia się w przypadku zwarcia pomiędzy fazą i przewodem ochronnym, w najbardziej oddalonym punkcie chronionego przewodu.

W celu obliczenia minimalnej wartości prądu zwarcowego można wykorzystać przybliżoną metodę, zakładając że:

- akceptowalne jest 50% zwiększenie rezystancji przewodu, względem wartości dla temperatury 20°C, ze względu na przegrzewanie spowodowane przez prąd zwarcowy;
- 80% zmniejszenie napięcia zasilania jest traktowane jako skutek prądu zwarcowego;
- reaktancja przewodu jest uwzględniana tylko dla przekrojów powyżej 95 mm².

Podany poniżej wzór otrzymuje się stosując prawo Ohma dla odcinka pomiędzy zabezpieczeniem i miejscem uszkodzenia.

Legenda symboli i stałych użytych we wzorze:

- 0,8 jest współczynnikiem opisującym zmniejszenie napięcia;
- 1,5 jest współczynnikiem opisującym przyrost rezystancji;
- U_f jest napięciem znamionowym międzyfazowym;
- U_o jest napięciem znamionowym faza-ziemia;
- S jest przekrojem przewodu fazowego;
- S_N jest przekrojem przewodu neutralnego;
- S_{PE} jest przekrojem przewodu ochronnego;
- ρ jest rezystywnością przewodu w temperaturze 20°C;
- L jest długością przewodu;
- $m = \frac{S \cdot n}{S_{PE}}$ jest stosunkiem pomiędzy całkowitym przekrojem przewodu fazowego (przekrój pojedynczego przewodu fazowego S pomnożony przez n , czyli liczbę równoległych przewodów) i przekrojem przewodu ochronnego S_{PE} , zakładając, że są one wykonane z tego samego materiału;
- $m_1 = \frac{S_N \cdot n}{S_{PE}}$ jest stosunkiem pomiędzy całkowitym przekrojem przewodu neutralnego (przekrój pojedynczego przewodu neutralnego S_N pomnożony przez n , czyli liczbę równoległych przewodów) i przekrojem przewodu ochronnego S_{PE} , zakładając, że są one wykonane z tego samego materiału;
- k_1 jest współczynnikiem korekcyjnym, uwzględniającym reaktancję przewodów o przekroju przekraczającym 95 mm²; jego wartość można odczytać z tabeli poniżej:

| Przekrój przewodu fazowego | | | | | |
|----------------------------|------|------|------|------|------|
| [mm ²] | 120 | 150 | 185 | 240 | 300 |
| k_1 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,75 | 0,72 |

4 Ochrona osób

- k_2 jest współczynnikiem korekcyjnym dla równoległych przewodów, który można obliczyć, stosując następujący wzór:

$$k_2 = 4 \frac{n-1}{n}$$

gdzie n stanowi liczbę równoległych przewodów na fazę;

- 1,2 jest tolerancją progu magnetycznego, dopuszczaną przez normę.

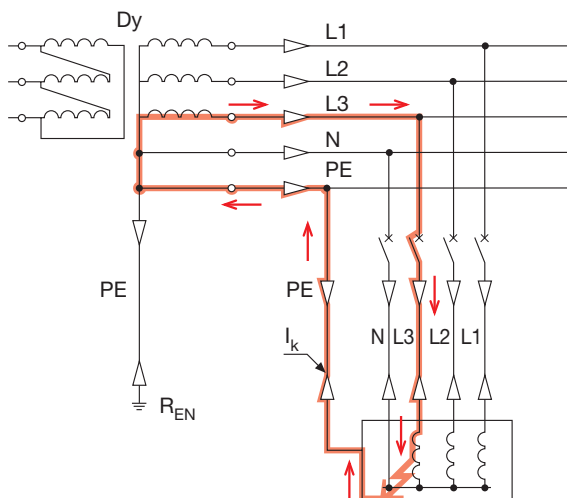
Układ TN

Wzór umożliwiający oszacowanie minimalnej wartości prądu zwarciego ma następującą postać:

$$I_{k\min} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

i w rezultacie:

$$L = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_{k\min}} \cdot k_1 \cdot k_2$$



1SDC010043F0001

Układ IT

Przedstawione poniżej wzory są słuszne, jeśli drugie zwarcie zamieni układ IT w układ TN.

Należy niezależnie przeanalizować instalacje z rozprowadzonym i nierozprowadzonym przewodem neutralnym.

4 Ochrona osób

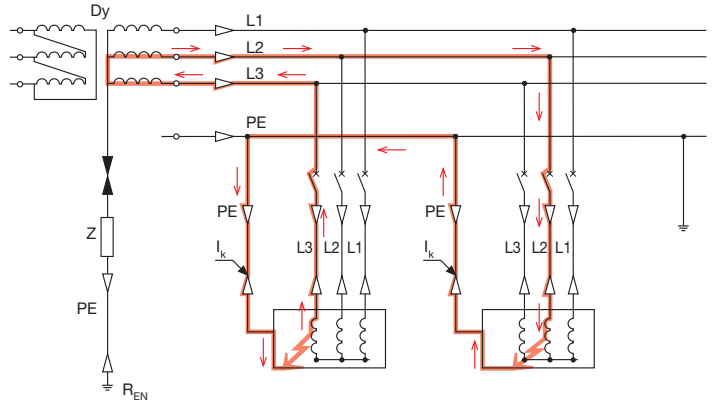
Przewód neutralny nierozprowadzony

Jeśli dojdzie do drugiego zwarcia, wzór przyjmuje postać:

$$I_{k\min} = \frac{0,8 \cdot U_r \cdot S}{2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

i w rezultacie:

$$L = \frac{0,8 \cdot U_r \cdot S}{2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_{k\min}} \cdot k_1 \cdot k_2$$



Przewód neutralny rozprowadzony

Przypadek A: obwody trójfazowe w układzie IT, z rozprowadzonym przewodem neutralnym. Wzór ma postać:

$$I_{k\min} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

i w rezultacie:

$$L = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S}{2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m) \cdot I_{k\min}} \cdot k_1 \cdot k_2$$

Przypadek B: obwody trójfazowe w układzie IT, z rozprowadzonym przewodem neutralnym.

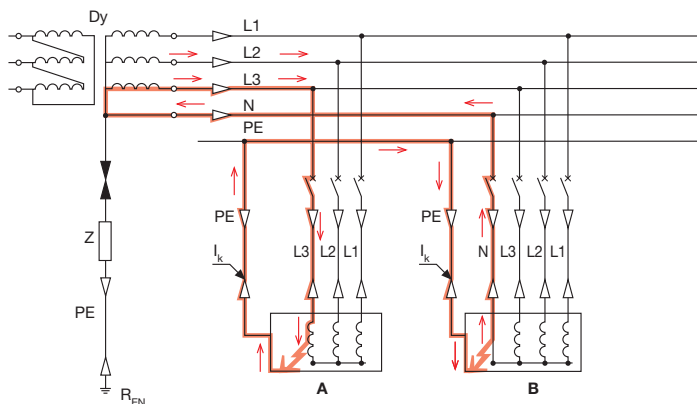
Wzór ma postać:

$$I_{k\min} = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_N}{2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m_1) \cdot L} \cdot k_1 \cdot k_2$$

i w rezultacie:

$$L = \frac{0,8 \cdot U_0 \cdot S_N}{2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot \rho \cdot (1+m_1) \cdot I_{k\min}} \cdot k_1 \cdot k_2$$

4 Ochrona osób



TSDC010045F0001

Uwaga dotycząca korzystania z tabel

Tabele określające maksymalną długość zabezpieczonego przewodu (MPL) uzyskano przy założeniu następujących warunków:

- jeden przewód na fazę;
- napięcie znamionowe równe 400 V (instalacja trójfazowa);
- przewody miedziane;
- nierozprowadzony przewód neutralny, tylko w przypadku układu IT;
- przekrój przewodu ochronnego zgodnie z tabelą 1.

Tabela 1: Przekrój przewodu ochronnego

| Przekrój przewodu fazowego S [mm ²] | Przekrój przewodu ochronnego S _{PE} [mm ²] |
|--|--|
| S ≤ 16 | S |
| 16 < S ≤ 35 | 16 |
| S > 35 | S/2 |

Uwaga: Dla przewodów fazowych i ochronnych wykonanych z takiego samego materiału w przypadku izolacji i przewodnika.

Za każdym razem, kiedy funkcja S (zabezpieczenie zwarciami zwłoczne) wyłączny elektronicznych jest wykorzystywana do określenia maksymalnej długości zabezpieczonego przewodu, należy sprawdzić, czy zwłoka zadziałania jest krótsza, niż wartość podana w punkcie 4.5, w tabeli 1, dla układów TN oraz w punkcie 4.6, w tabeli 1, dla układów IT.

Dla warunków innych, niż podane, należy zastosować następujące współczynniki korekcyjne.

4 Ochrona osób

Współczynniki korekcyjne

Współczynniki korekcyjne dla równoległych przewodów na fazę: Wartość maksymalnej długości zabezpieczonego przewodu, odczytaną z tabeli 2 (układ TN) lub tabeli 3 (układ IT), należy pomnożyć przez następujący współczynnik:

| | | | | | | | |
|-------|---|-----|---|-----|-----|-----|-----|
| n | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| k_p | 2 | 2,7 | 3 | 3,2 | 3,3 | 3,4 | 3,5 |

n stanowi liczbę równoległych przewodów na fazę

Współczynnik korekcyjny dla napięcia trójfazowego różnego od 400 V:

Wartość maksymalnej długości zabezpieczonego przewodu, odczytaną z tabeli 2 (układ TN) lub tabeli 3 (układ IT), należy pomnożyć przez następujący współczynnik:

| | | | | | |
|--------------|------|-----|-----|------|------|
| napięcie [V] | 230 | 400 | 440 | 500 | 690 |
| k_v | 0,58 | 1 | 1,1 | 1,25 | 1,73 |

W przypadku instalacji jednofazowych 230 V, nie ma potrzeby stosowania współczynników korekcyjnych.

Współczynnik korekcyjny dla przewodów aluminiowych:

Wartość maksymalnej długości zabezpieczonego przewodu, odczytaną z tabeli 2 (układ TN) lub tabeli 3 (układ IT), należy pomnożyć przez następujący współczynnik:

| | |
|----------|------|
| k_{Al} | 0,64 |
|----------|------|

Współczynnik korekcyjny dla przekroju przewodu ochronnego SPE różnego od przekrojów podanych w tabeli 1:

Wartość maksymalnej długości zabezpieczonego przewodu należy pomnożyć przez współczynnik odpowiadający przekrojowi przewodu fazowego oraz stosunkowi przekrojów przewodu ochronnego (PE) i fazowego:

| | | | | | | | | | | |
|------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| S_{PE}/S | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,66 | 0,75 | 0,87 | 1 | 1,25 | 1,5 | 2 |
| S | k_{PE} | | | | | | | | | |
| $\leq 16 \text{ mm}^2$ | 0,67 | 0,71 | 0,75 | 0,80 | 0,86 | 0,93 | 1,00 | 1,11 | 1,20 | 1,33 |
| 25 mm ² | 0,85 | 0,91 | 0,96 | 1,02 | 1,10 | 1,19 | 1,28 | 1,42 | 1,54 | 1,71 |
| 35 mm ² | 1,06 | 1,13 | 1,20 | 1,27 | 1,37 | 1,48 | 1,59 | 1,77 | 1,91 | 2,13 |
| >35 mm ² | 1,00 | 1,06 | 1,13 | 1,2 | 1,29 | 1,39 | 1,5 | 1,67 | 1,8 | 2,00 |

Współczynnik korekcyjny dla rozproszanego przewodu neutralnego w układach IT (tylko dla tabeli 3):

Wartość maksymalnej długości zabezpieczonego przewodu należy pomnożyć przez 0,58.

5 Instalacje fotowoltaiczne

5.1 Zasada działania

Instalacja fotowoltaiczna (PV) przekształca energię słoneczną na energię elektryczną, bezpośrednio i natychmiastowo, nie korzystając przy tym z żadnego paliwa. Technologia fotowoltaiczna (PV) wykorzystuje efekt fotoelektryczny, w oparciu o który, niektóre odpowiednio domieszkowane półprzewodniki wytwarzają prąd elektryczny, jeśli zostaną wystawione na działanie promieniowania słonecznego.

Najważniejsze zalety instalacji fotowoltaicznych (PV) można opisać w następujący sposób:

- rozproszone wytwarzanie, tam gdzie jest potrzebne;
- brak emisji substancji zanieczyszczających;
- oszczędności paliw kopalnych;
- niezawodność instalacji, ponieważ nie zawierają one elementów ruchomych (użyteczny czas eksploatacji przekracza 20 lat);
- zmniejszone koszty eksploatacji i konserwacji;
- modułowość systemu (w celu zwiększenia mocy instalacji wystarczy zwiększyć liczbę paneli), stosowanie do rzeczywistych potrzeb użytkowników.

Początkowe koszty rozwoju instalacji fotowoltaicznej są jednak dość duże, ze względu na rynek, który nie osiągnął jeszcze pełnej dojrzałości, z technicznego i ekonomicznego punktu widzenia. Oprócz tego, taki sposób wytwarzania energii jest nieregularny, co wynika ze zmienności nasłonecznienia.

Roczna wydajność elektryczna instalacji fotowoltaicznej zależy od szeregu czynników. Między innymi od:

- promieniowania słonecznego padającego na miejsce montażu instalacji;
- nachylenia i kierunku ustawienia paneli;
- obecności lub braku cienia;
- parametrów technicznych elementów instalacji (szczególnie od modułów i falowników).

Głównymi aplikacjami instalacji fotowoltaicznych są:

1. Instalacje (z układami magazynowania) przeznaczone dla użytkowników odseparowanych od sieci elektroenergetycznej;
2. Instalacje dla użytkowników podłączonych do sieci nn;
3. Elektrownie słoneczne, podłączone zazwyczaj do sieci SN. Zachęty w postaci taryf za sprzedawaną energię elektryczną są oferowane tylko w przypadku aplikacji typu 2 i 3, dla instalacji o mocy znamionowej przekraczającej 1 kW.

Instalacja fotowoltaiczna składa się głównie z generatora (paneli fotowoltaicznych), konstrukcji nośnej do montażu paneli na ziemi, budynku lub w konstrukcji budynku, z systemu sterowania i kondycjonowania mocy, z układu magazynowania energii, z rozdzielnic elektrycznych i aparatury rozdzielczej (w tym układy łączeniowe) oraz z przewodów podłączeniowych.

5 Instalacje fotowoltaiczne

5.2 Najważniejsze elementy instalacji fotowoltaicznych

5.2.1 Generator fotowoltaiczny

Podstawowym elementem generatora fotowoltaicznego jest ogniwo fotowoltaiczne, w którym następuje konwersja promieniowania słonecznego na prąd elektryczny. Ogniwo składa się z cienkiej warstwy materiału półprzewodnikowego, zazwyczaj odpowiednio przetworzonego krzemu, o grubości około 0,3 mm i powierzchni od 100 do 225 cm².

Krzem, który posiada cztery elektrony walencyjne (czterowalenty), jest domieszkowany za pomocą atomów trójwartentnych (np. boru - domieszkowanie typu P) w jednej „warstwie” oraz za pomocą atomów pięciowalencyjnych (np. fosforu - domieszkowanie typu N) w drugiej warstwie. Obszar typu P charakteryzuje się nadmiarem dziur, podczas gdy obszar typu N charakteryzuje się nadmiarem elektronów.

W warstwie styku tych różnie domieszkowanych obszarów (złącze P-N), elektrony mają tendencję do dyfuzji z obszaru zawierającego dużo elektronów (N) do obszaru zawierającego mało elektronów (P), wytwarzając równocześnie sumaryczny ładunek ujemny w obszarze typu P. Podobne zjawisko zachodzi w przypadku dziur, których akumulacja prowadzi do powstania dodatniego ładunku w obszarze typu N. W związku z tym, powstaje pole elektryczne na złączu, które przeciwstawia się dalszej dyfuzji ładunków elektrycznych.

Po przyłożeniu zewnętrznego napięcia, złącze umożliwia przepływ prądu tylko w jednym kierunku (działanie diody).

Kiedy ogniwo zostanie wystawione na działanie światła, w wyniku efektu fotowoltaicznego¹, w obszarze typu N i obszarze typu P powstają pary dziura-elektron.

Wewnętrzne pole elektryczne umożliwia separację nadmiaru elektronów (powstałych w wyniku pochłonięcia fotonów przez część materiału) od dziur i ich transport w przeciwnych kierunkach, z dala od siebie. W rezultacie, kiedy elektrony przejdą przez obszar zubożony, nie mogą już wrócić, ponieważ pole elektryczne uniemożliwia ich przepływ w przeciwnym kierunku.

Zwierając złącze za pomocą zewnętrznego przewodu, otrzymuje się obwód zamknięty, w którym prąd płynie z warstwy półprzewodnika typu P, o wyższym potencjale, do warstwy półprzewodnika typu N, o niższym potencjale, tak długo, jak długo ogniwo pozostaje oświetlone.

Obszar krzemu, który jest źródłem prądu, jest to obszar otaczający złącze P-N. Ładunki elektryczne powstają również z daleka od złącza, ale nie ma tam pola elektrycznego, które wymuszałoby ich ruch i, tym samym, ulegają one rekombinacji. Jest więc bardzo ważne, aby ogniwo fotowoltaiczne miało dużą powierzchnię: im większa będzie powierzchnia, tym większe będzie natężenie generowanego prądu.

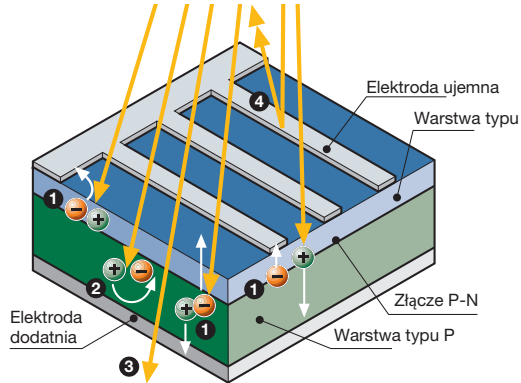
¹ Efekt fotowoltaiczny ma miejsce wtedy, kiedy elektron z pasma walencyjnego materiału (zazwyczaj półprzewodnika) przeskoczy do pasma przewodzenia, w wyniku pochłonięcia padającego na materiał fotonu o dostatecznie dużej energii (kwant promieniowania elektromagnetycznego). W materiałach półprzewodnikowych, tak jak w izolatorach, elektrony walencyjne nie mogą poruszać się swobodnie. Porównując półprzewodniki z izolatorami, przerwa energetyczna pomiędzy pasmem walencyjnym i pasmem przewodzenia (które jest typowe dla materiałów przewodzących) jest mniejsza w tych pierwszych. Dzięki temu elektrony mogą łatwo poruszać się pomiędzy obydwojma pasmami, jeśli zostanie im dostarczona z zewnątrz energia. Energia ta może mieć postać promieniowania świetlnego. Stanowi to podstawę efektu fotowoltaicznego.

5 Instalacje fotowoltaiczne

Na rysunku 1 zilustrowano efekt fotowoltaiczny oraz przedstawiono bilans energii pokazujący, że znacząca część energii słonecznej padającej na ogniwo nie jest przetwarzana na energię elektryczną.

Efekt fotowoltaiczny

- ❶ Separacja ładunku
- ❷ Rekombinacja
- ❸ Transmisja
- ❹ Odbicia i przesłonięcie przez znajdującą się na górze metalizację



100% padającej energii słonecznej

- **3%**: straty odbiciowe i spowodowane przez przesłonięcie przez znajdującą się na górze metalizację
 - **23%**: fotony o dużej długości fali i energii niewystarczającej do wzbudzenia elektronów; generowane jest ciepło
 - **32%**: fotony o zbyt krótkiej długości fali, nadmiar energii (transmisja)
 - **8,5%**: rekombinacja wolnych nośników ładunków
 - **20%**: gradient pola elektrycznego w ogniwie, przede wszystkim w strefie złącza
 - **0,5%**: rezystancja szeregową, reprezentująca straty przewodzenia
- = **13%** użytecznej energii elektrycznej

W znormalizowanych warunkach pracy (irradiancja 1 W/m^2 , w temperaturze 25°C), ogniwo fotowoltaiczne wytwarza prąd o natężeniu około 3 A , napięciu $0,5 \text{ V}$ i mocy szczytowej $1,5\text{-}1,7 \text{ Wp}$.

Na rynku dostępne są moduły fotowoltaiczne składające się z układu ogniw fotowoltaicznych.

Najczęściej spotykane moduły są zbudowane z 36 ogniw, rozmieszczonych w 4 równoległych rzędach połączonych szeregowo, o powierzchni od $0,5$ do 1 m^2 . Szereg połączonych razem mechanicznie i elektrycznie modułów tworzy panel, czyli wspólną konstrukcję, która może zostać zamocowana do podłoża lub do budynku.

Grupa połączonych szeregowo paneli tworzy zespół paneli (łańcuch), a szereg zespołów połączonych równoległe elektrycznie tworzy generator lub pole fotowoltaiczne.

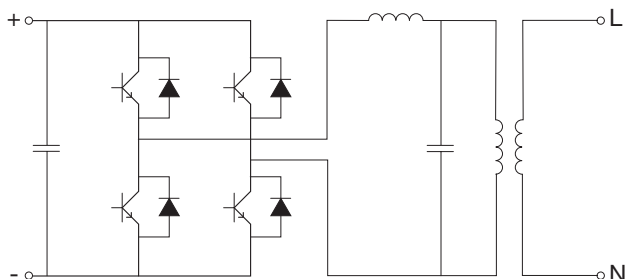
5 Instalacje fotowoltaiczne

5.2.2 Falownik

System sterowania i kondycjonowania mocy składa się z falownika, który przekształca prąd stały na prąd przemienny i steruje jakością wyjściowej energii elektrycznej, dostarczanej do sieci, wykorzystując również zamontowane wewnątrz falownika filtry L-C.

Tranzystory, wykorzystywane jako statyczne łączniki, są sterowane przez sygnał zamykania-otwierania, który w najprostszym trybie pracy generuje wyjściowy przebieg prostokątny.

Zasada działania falownika jednofazowego



W celu uzyskania przebiegu możliwie najbardziej zbliżonego do sinusoidalnego, wykorzystywane jest bardziej skomplikowane rozwiązanie - modulacja szerokości impulsów (PWM). Modulacja ta umożliwia regulację częstotliwości oraz wartości skutecznej przebiegu wyjściowego.

Moc dostarczana przez generator fotowoltaiczny zależy od jego miejsca pracy. W celu maksymalizacji ilości energii dostarczanej przez instalację, generator musi dostosować się do obciążenia, tak aby punkt pracy odpowiadał zawsze punktowi mocy maksymalnej. W tym celu, wewnątrz falownika stosowany jest sterowany układ przerywający, nazywany układem śledzenia punktu mocy maksymalnej (Maximum Power Point Tracker - MPPT). Regulator MPPT oblicza co chwilę parę wartości "napięcie-prąd" generatora, dla których uzyskiwana jest maksymalna dostępna moc.

Stosowane komercyjnie regulatory MPPT identyfikują punkt mocy maksymalnej na charakterystyce generatora, powodując, w regularnych odstępach czasu, niewielkie zmiany obciążenia i szacując, czy nowy iloczyn $I \times V$ ma mniejszą, czy też większą wartość od poprzedniego. Jeśli większą, warunki obciążenia są dalej zmieniane w danym kierunku. Jeśli nie, warunki obciążenia są zmieniane w przeciwnym kierunku. Ze względu na wymagania dotyczące parametrów, falowniki przeznaczone dla niezależnych instalacji oraz falowniki dla instalacji podłączanych do sieci elektroenergetycznej muszą mieć różne charakterystyki:

- w instalacjach niezależnych, falowniki muszą być w stanie dostarczyć napięcie przemiennie o tak stałych parametrach, jak to tylko jest możliwe, przy zmieniającej się wydajności generatora oraz przy zmieniającym się zapotrzebowaniu obciążenia;
- w instalacjach podłączonych do sieci, falowniki muszą odtwarzać, tak dokładnie, jak to jest możliwe, napięcie sieci i, równocześnie, muszą optymalizować wydajność energetyczną paneli fotowoltaicznych.

5 Instalacje fotowoltaiczne

5.3 Typy instalacji fotowoltaicznych

5.3.1 Instalacje niezależne

Instalacje niezależne są instalacjami, które nie są podłączone do sieci elektroenergetycznej i składają się z paneli fotowoltaicznych oraz z układu magazynowania energii, który stanowi źródło zasilania w słabych warunkach oświetleniowych lub w ciemnościach. Ponieważ prąd dostarczony przez generator fotowoltaiczny jest prądem stałym, a użytkownik potrzebuje prądu przemiennego, konieczny staje się montaż falownika. Takie instalacje są korzystne z technicznego i finansowego punktu widzenia, w sytuacjach braku dostępu do sieci elektroenergetycznej lub w przypadku utrudnionego dostępu do niej. Zastępują wtedy generatory silnikowe.

W konfiguracji niezależnej, farma fotowoltaiczna jest przewymiarowywana, tak aby w okresach nasłonecznienia można było zagwarantować zasilanie obciążeń i ładowanie akumulatorów magazynujących, z pewnym marginesem bezpieczeństwa uwzględniającym dni słabego nasłonecznienia. Aktualnie takie instalacje wykorzystuje się do zasilania:

- instalacji pompujących wodę;
- repeaterów radiowych, pogodowych lub sejsmicznych stacji obserwacyjnych i stacji transmisji danych;
- systemów oświetleniowych;
- systemów oznakowania drogowego, portowego i lotniskowego;
- zasilania roboczego w samochodach kempingowych;
- instalacji reklamowych;
- schronisk budowanych na dużych wysokościach.

5.3.2 Instalacje podłączone do sieci elektroenergetycznej

Instalacje podłączone na stałe do sieci elektroenergetycznej pobierają energię z sieci w okresach, kiedy generator fotowoltaiczny nie może wytworzyć energii niezbędnej do sprostania wymaganiom użytkownika.

Przeciwnie, jeśli instalacja fotowoltaiczna wytwarza nadmiar energii, jest ona przesyłana do sieci, która może wtedy pracować jak duży akumulator. W konsekwencji, instalacje podłączone do sieci nie wymagają zestawów akumulatorów. Tęgo typu rozwiązania oferują zalety generacji rozproszonej - w przeciwieństwie do scentralizowanej. Energia wytwarzana w pobliżu miejsca zużycia ma większą wartość, niż energia wytworzona w tradycyjnych, dużych elektrowniach, ponieważ zostają wtedy ograniczone straty przesyłowe i koszty związane z dużymi systemami przesyłu i dystrybucji. Oprócz tego, wytwarzanie energii w godzinach nasłonecznienia umożliwia ograniczenie wymagań dotyczących sieci elektroenergetycznej w trakcie dnia, czyli wtedy, kiedy zapotrzebowanie na energię jest największe.

5 Instalacje fotowoltaiczne

5.4 Uziemienie i ochrona przed dotykiem pośrednim

Koncepcja uziomów stosowanych w instalacjach fotowoltaicznych może dotyczyć dostępnych części przewodzących (np. metalowych ram paneli), jak również instalacji wytwarzania energii (elementy instalacji fotowoltaicznej pod napięciem, np. ogniwa).

Instalacja fotowoltaiczna może zostać uziemiona tylko wtedy, jeśli jest galwanicznie odseparowana (np. za pomocą transformatora) od sieci elektroenergetycznej. Izolowana instalacja fotowoltaiczna może wydawać się bezpieczniejsza dla osób dotykających części przewodzące. W rzeczywistości, rezystancja izolacji względem ziemi elementów pod napięciem nie jest nieskończona. Przy dotyku, przez osobę przepływa prąd powracający przez taką rezystancję. Jego wartość rośnie, jeśli rośnie napięcie instalacji względem ziemi i wtedy, kiedy rośnie wielkość instalacji, ponieważ maleje wtedy rezystancja izolacji względem ziemi. Kolejnym problemem jest fizyczne starzenie się materiałów izolacyjnych. Wraz z upływem czasu oraz z powodu wilgoci maleje rezystancja izolacji. W rezultacie, w bardzo dużych instalacjach, prąd przepływający przez osobę dotykającą element pod napięciem może spowodować porażenie prądem elektrycznym. Oznacza to, że przewaga instalacji izolowanych nad uziemionymi występuje tylko w małych instalacjach.

5.4.1 Instalacje z transformatorami

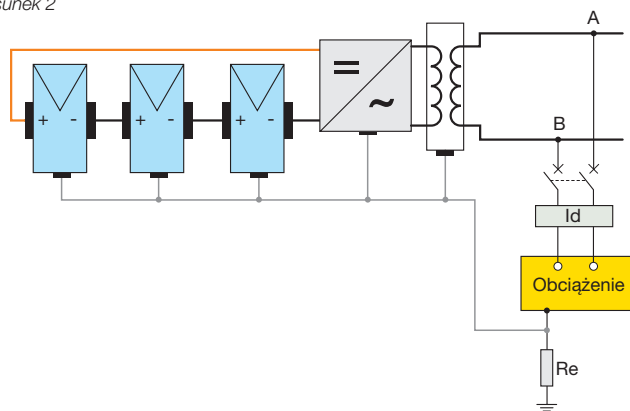
W instalacjach z transformatorem, oprócz analizy instalacji fotowoltaicznej izolowanej lub uziemionej, w celu ochrony przed dotykiem pośrednim należy również rozróżnić dostępne części przewodzące przed i za transformatorem².

5.4.1.1 Dostępne części przewodzące po stronie obciążenia transformatora

Instalacja w układzie IT

W tego typu instalacji, elementy pod napięciem są izolowane od ziemi, podczas gdy dostępne części przewodzące są uziemione³ (rysunek 2).

Rysunek 2



² W takim przypadku terminy przed i po odnoszą się do kierunku przepływu energii elektrycznej wytwarzanej przez instalację fotowoltaiczną.

³ Ze względów bezpieczeństwa, układ uziemienia instalacji fotowoltaicznej jest wspólny z instalacją uziemienia użytkownika.

5 Instalacje fotowoltaiczne

W tym przypadku rezystancja uziemienia R_e dostępnych części przewodzących musi spełniać warunek (CEI 64-8):

$$R_e \leq \frac{120}{I_d} \quad (1)$$

gdzie I_d jest prądem pierwszego zwarcia doziemnego, który nie jest pierwotnie znany, ale który jest zazwyczaj niewielki w małych instalacjach.

W rezultacie, rezystancja uziemienia R_e instalacji użytkownika, która jest definiowana dla zwarcia w sieci, spełnia zazwyczaj tylko warunek (1).

W przypadku podwójnego zwarcia doziemnego, ponieważ generator fotowoltaiczny jest generatorem prądowym, napięcie połączonych ze sobą dostępnych części przewodzących musi być niższe, niż:

$$I_{sc} \cdot R_{eqp} \leq 120V \quad (2)$$

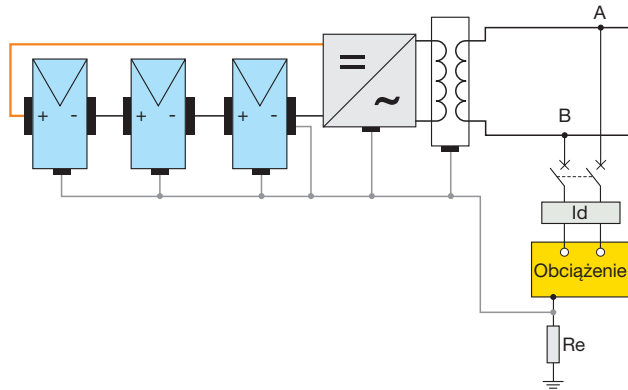
gdzie I_{sc} jest prądem zwarciovym ogniw biorących udział w zwarciu, podczas gdy R_{eqp} jest rezystancją przewodów łączących dostępne części przewodzące, których dotyczy zwarcie. Przykładowo, jeśli $R_{eqp} = 1 \Omega$ (wartość przeszacowana), zależność (2) jest spełniona dla natężenia prądu I_{sc} nieprzekraczającego 120 A, co jest typową wartością w małych instalacjach. Wobec powyższego, efektywna wartość napięcia dotykowego w przypadku drugiego zwarcia doziemnego nie powoduje zagrożenia.

Przeciwnie, w dużych instalacjach należy obniżyć dopuszczalne prawdopodobieństwo wystąpienia drugiego zwarcia doziemnego, eliminując pierwsze zwarcie doziemne wykryte przez kontroler izolacji (zamontowany wewnątrz falownika lub zewnętrzny).

Instalacja w układzie TN

W tego typu instalacjach elementy pod napięciem i dostępne części przewodzące są podłączone do tego samego układu uziemienia (układ uziemienia instalacji użytkownika). Uzyskuje się więc układ TN po stronie stałoprądowej instalacji (rysunek 3).

Rysunek 3



5 Instalacje fotowoltaiczne

W przypadku wystąpienia zwarcia doziemnego, zwarcie przebiega w sposób typowy dla układów TN, ale taki prąd zwarcia nie może zostać wykryty przez układy wyzwalane maksymalną wartością prądu, ponieważ instalacje fotowoltaiczne charakteryzują się prądami zakłóceniovymi o natężeniu niewiele większym, od wartości znamionowej prądu.

Wobec powyższego, analizując zagrożenie powodowane przez takie zwarcie, obowiązują uwagi poczynione w poprzednim punkcie,⁴ dotyczące drugiego zwarcia doziemnego w układzie IT.

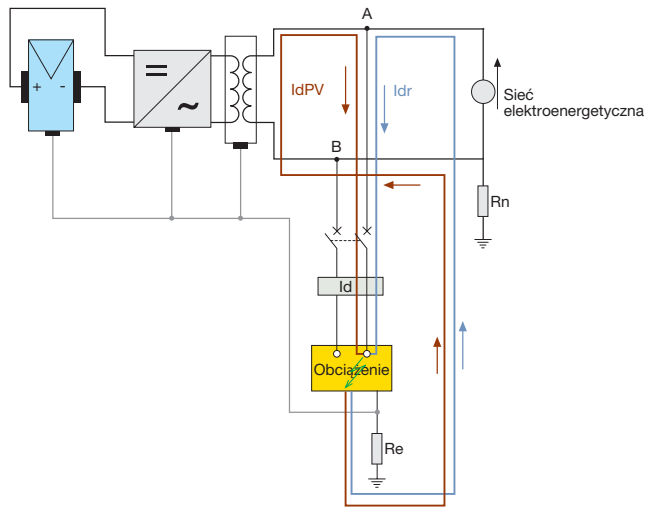
⁴ Norma IEC 60364-7 zaleca, aby cała instalacja po stronie stałoprądowej (rozdzielnice, przewody i listwy zaciskowe) była budowana, wykorzystując elementy klasy II lub charakteryzujące się równoważną izolacją.

5.4.1.2 Dostępne części przewodzące po stronie zasilania transformatora

Rozważmy sieć odbiorcy w układzie TT.

Dostępne części przewodzące, należące do instalacji odbiorcy, chronione przez wyłączniki różnicowoprądowe, umieszczone na początku instalacji użytkownika (rysunek 4), zapewniają ochronę w kierunku sieci oraz w kierunku generatora fotowoltaicznego.

Rysunek 4



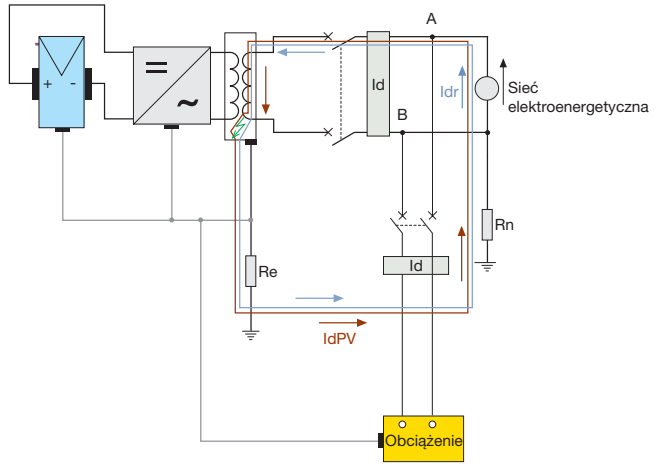
Pomiędzy punktem równoległym A-B i siecią nie może być żadnych dostępnych części przewodzących, ponieważ w takim przypadku norma wymaga, aby wszystkie dostępne części przewodzące instalacji odbiorcy w układzie TT były zabezpieczone za pomocą wyłącznika różnicowoprądowego.

5 Instalacje fotowoltaiczne

W kwestii dostępnych części przewodzących, znajdujących się przed punktem równoległym A-B, na przykład dostępnych części przewodzących transformatora lub falownika, jeśli transformator jest wbudowany, zabezpieczenie różnicowoprądowe⁵ musi zostać zamontowane tak, jak na rysunku 5. Takie zabezpieczenie różnicowoprądowe wykrywa prądy upływu w sieci oraz w generatorze fotowoltaicznym.

W przypadku zadziałania zabezpieczenia różnicowoprądowego w wyniku zwarcia doziemnego, falownik przełącza się w stan czuwania, ze względu na brak napięcia sieciowego.

Rysunek 5

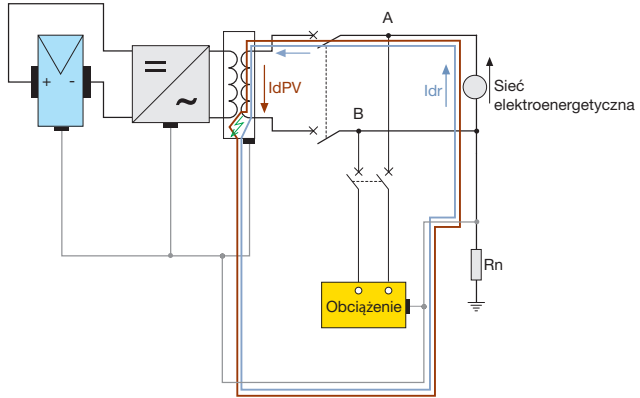


⁵ Prąd znamionowy różnicowy musi być koordynowany z rezystancją uziemienia R_g , zgodnie ze standardową dla układów TT zależnością: $R_g \leq \frac{50}{I_{dn}}$

5 Instalacje fotowoltaiczne

Jeśli instalacja sieć-odbiorca ma układ TN, dla obydwu przypadków zasilania (z sieci lub generatora fotowoltaicznego) nie są potrzebne wyłączniki różnicowoprądowe, pod warunkiem, że prąd zakłóceniowy po stronie prądu przemiennego spowoduje zadziałanie zabezpieczenia różnicowoprądowego, w czasie zalecanym przez normę. (Rysunek 6)

Rysunek 6



5.4.2 Instalacje bez transformatorów

W przypadku braku transformatora separującego instalację fotowoltaiczną i sieć elektroenergetyczną, sama instalacja fotowoltaiczna musi być izolowana od ziemi, w części dotyczącej jej elementów aktywnych, które stanowią wtedy przedłużenie sieci zasilającej, która jest zazwyczaj układem z uziemionym punktem (układ TT lub TN).

W kwestii dostępnych części przewodzących instalacji odbiorcy, przed punktem równoległym A-B, z koncepcyjnego punktu widzenia obowiązuje analiza przedstawiona w punkcie 5.4.1.2.

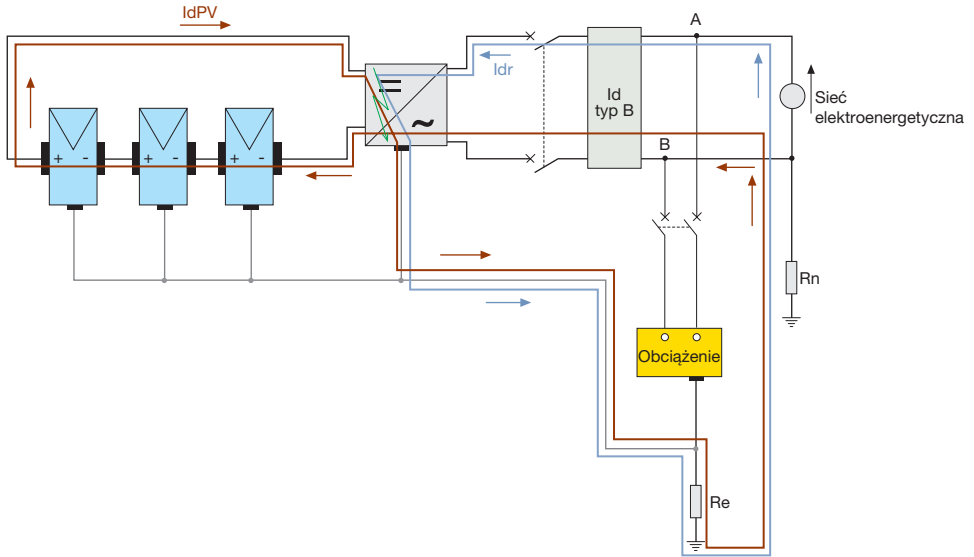
Po stronie stałoprądowej, zwarcie doziemne na dostępnych częściach przewodzących determinuje zadziałanie wyłącznika różnicowoprądowego zamontowanego za falownikiem (rysunek 7). Po zadziałaniu zabezpieczenia różnicowoprądowego, falownik przełącza się w stan czuwania, ze względu na brak napięcia sieciowego, ale zwarcie jest dalej zasilane przez generator fotowoltaiczny. Ponieważ instalacja fotowoltaiczna ma układ IT, obowiązuje analiza przedstawiona w punkcie 5.4.1.1.1.

5 Instalacje fotowoltaiczne

W przypadku zwarcień doziemnych po stronie stałoprądowej oraz na dostępnych częściach przewodzących, przed punktem równoległym A-B, przez wyłącznik różnicowoprądowy po stronie obciążenia falownika przepływa prąd różnicowy, który nie jest prądem przemiennym.

Musi więc to być wyłącznik różnicowoprądowy typu B⁶, chyba że sam falownik ma taką konstrukcję, że nie generuje prądów stałych zwarcia doziemnego (norma IEC 60364-7)⁷.

Rysunek 7



⁶ Zabezpieczenie różnicowoprądowe typu B wykrywa następujące rodzaje prądów doziemienia:

- prąd przemienny (również o częstotliwości przekraczającej częstotliwość sieci, to znaczy do 1000 Hz);
- prąd wyprostowany jednopółkowo i impulsowy;
- prąd stały.

⁷ Norma CEI EN 62040-1 zaleca, aby ochrona zasilaczy awaryjnych UPS (w tym i falowników) przed zwarciami doziemnymi została zapewniona za pomocą zabezpieczeń różnicowoprądowych typu B (dla trójfazowych zasilaczy awaryjnych UPS) lub typu A (dla jednofazowych zasilaczy awaryjnych UPS), jeśli tylko istnieje prawdopodobieństwo wystąpienia zwarcia doziemnego ze składową stałą. Będzie to zależało od konstrukcji zasilaczy UPS.

5 Instalacje fotowoltaiczne

5.5 Ochrona przed przetężeniami i przepięciami

Określając rozplanowanie instalacji fotowoltaicznej należy zapewnić, jeśli jest to konieczne, ochronę różnych segmentów instalacji przed przetężeniami i przepięciami atmosferycznymi. Poniżej opisano, na początku, warunki ochrony przed przetężeniami w instalacji fotowoltaicznej, po stronie zasilania (strona stałoprądowa) oraz po stronie obciążenia falownika (strona prądu przemiennego), a następnie opisano metody ochrony instalacji przed uszkodzeniami spowodowanymi przez bezpośrednie lub pośrednie uderzenie pioruna⁸.

5.5.1 Ochrona przed przetężeniami po stronie stałoprądowej

5.5.1.1 Ochrona przewodów

Z punktu widzenia ochrony przed przeciążeniami, nie ma potrzeby zabezpieczania przewodów (norma CEI 64-8/7), jeśli zostaną odpowiednio dobrane, z obciążalnością prądową nie mniejszą, niż maksymalne natężenie prądu, który może przez nie płynąć (1,25 I_{sc})⁹.

W kwestii zwarcć, przewody po stronie stałoprądowej zostaną narażone na przeciążenie w przypadku:

- zwarcia pomiędzy polaryzacjami instalacji fotowoltaicznej;
- zwarcia doziemnego w instalacjach uziemionych;
- podwójnego zwarcia doziemnego w instalacjach izolowanych od ziemi;

Zwarcie na przewodzie łączącym łańcuch ogniw z rozdzielnicą paneli (zwarcie 1 z rysunku 8) jest zasilane równocześnie z danego łańcucha ogniw (I_{cc1} = 1,25 · I_{sc}) oraz z pozostałych x-1 łańcuchów ogniw podłączonych do tego samego falownika (I_{cc2} = (x-1) · 1,25 · I_{sc}).

Jeśli instalacja fotowoltaiczna jest mała i składa się tylko z dwóch łańcuchów (x = 2), oznacza to I_{cc2} = 1,25 · I_{sc} = I_{cc1} i, tym samym, nie ma potrzeby zabezpieczania przed zwarciami przewodów łańcuchów ogniw. Jeśli jednak do falownika podłączono więcej łańcuchów ogniw (x ≥ 3), prąd I_{cc2} będzie miał większą wartość, niż prąd roboczy i, tym samym, przewody muszą zostać zabezpieczone przed zwarciami, jeśli ich obciążalność prądowa będzie mniejsza, niż I_{cc2}, to znaczy I_z < (x-1) · 1,25 · I_{sc}.

Zwarcie pomiędzy rozdzielnicą paneli i rozdzielnicą falownika (zwarcie 2 na rysunku 8) jest zasilane od strony zasilania przez y równoległych łańcuchów ogniw (I_{cc3}) oraz z drugiej strony przez pozostałe łańcuchy (x-y) powiązane z tą samą rozdzielnicą falownika.

Prąd zwarciovym I_{cc3} = y · 1,25 · I_{sc} odpowiada prądowi roboczemu obwodu pomiędzy rozdzielnicą paneli i rozdzielnicą falownika, a prąd I_{cc4} = (x-y) · 1,25 · I_{sc} ma większą wartość, niż prąd roboczy, jeśli x-y > y ⇒ x > 2y.

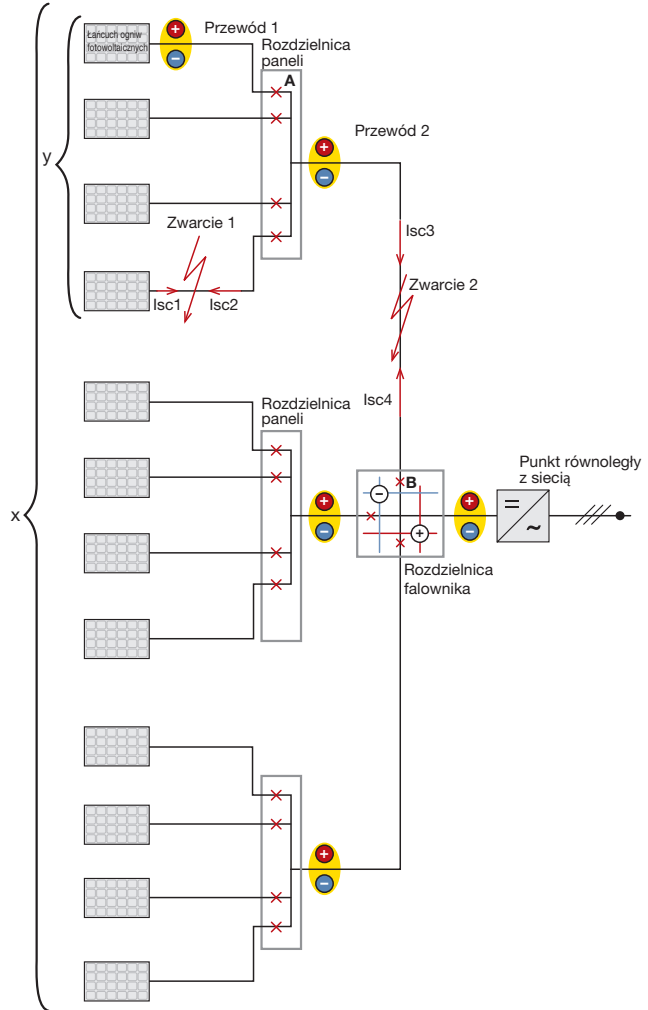
W takim przypadku konieczne jest zabezpieczenie przewodu przed zwarciami, jeśli jego obciążalność prądowa jest mniejsza, niż I_{cc4}, to znaczy I_z < (x-y) · 1,25 · I_{sc}.

⁸ W kwestii poprawy współczynnika mocy instalacji użytkownika, w przypadku obecności instalacji fotowoltaicznej, należy zapoznać się z załącznikiem E dokumentu QT8 „Poprawa współczynnika mocy i filtrowanie wyższych harmonicznych w instalacjach elektrycznych”.

⁹ I_{sc} jest prądem zwarciovym w module, w standardowych warunkach probierczych, a 25% przyrost uwzględnia nasłonecznienie przekraczające 1 kW/m².

5 Instalacje fotowoltaiczne

Rysunek 8



“A” oznacza zabezpieczenie zamontowane w rozdzielnic paneli, chroniące “przewód 1” łączący łańcuch ogniw z samą rozdzielnicą.

“B” oznacza zabezpieczenie zamontowane w rozdzielnic falownika, chroniące “przewód 2” łączący rozdzielnicę falownika z rozdzielnicą paneli.

“y” oznacza liczbę łańcuchów ogniw połączonych z tą samą rozdzielnicą paneli.

“x” oznacza całkowitą liczbę łańcuchów ogniw podłączonych do tego samego falownika.

5 Instalacje fotowoltaiczne

5.5.1.2 Ochrona łańcuchów ogniw przed prądem zwrotnym

W wyniku przesłonięcia lub niesprawności, łańcuch ogniw może stać się elementem pasywnym, pobierającym i rozpraszającym energię elektryczną, wytwarzaną przez pozostałe łańcuchy podłączone równolegle do tego samego falownika, poprzez błąd płynący przez rozważany łańcuch, w kierunku odwrotnym względem kierunku normalnej pracy. Takie zjawisko może prowadzić do uszkodzenia modułów. Moduły są w stanie wytrzymać prąd zwrotny o wartości od 2,5 do $3 \cdot I_{sc}$ (norma IEC TS 62257-7-1). Ponieważ w przypadku x połączonych równolegle łańcuchów, podłączonych do tego samego falownika, wartość maksymalna prądu zwrotnego wynosi $I_{inv} = (x-1) \cdot 1,25 \cdot I_{sc}$, nie ma potrzeby zabezpieczania łańcuchów $I_{inv} \leq 2,5 \cdot I_{sc}$, jeśli $(x-1) \cdot 1,25 \leq 2,5 \Rightarrow x \leq 3^{10}$.

5.5.1.3 Działanie falownika

Udział w prądzie zwarcia po stronie stałoprądowej falownika może pochodzić z sieci elektroenergetycznej lub z rozładowania kondensatorów znajdujących się wewnątrz falownika.

Prąd sieci jest związany z diodami zwrotnymi falownika mostkowego, który działa w takim przypadku jak prostownik mostkowy. Prąd ten jest ograniczony przez impedancję transformatora, cewki układu wyjściowego oraz przez bezpieczniki zabezpieczające falownik po stronie prądu przemiennego, które zostały dobrane w taki sposób, aby mogły ograniczyć skutki termiczne ewentualnych, wewnętrznych uszkodzeń elementów półprzewodnikowych.

W rezultacie, przepływająca normalnie energia I^2t zostanie ograniczona. W przybliżeniu, górną granicę końcowej wartości prądu (całkowicie rozładowane wewnętrzne kondensatory) może stanowić wartość $10 \cdot I_n$. Taki prąd wystąpi w przypadku galwanicznej izolacji falownika, przy częstotliwości 50 Hz, a w przypadku falownika bez transformatora będzie wynosił zero.

W rzeczywistości, tego typu falowniki są wyposażane w przetwornice wejściowe DC/DC, tak aby umożliwić pracę w szerokim zakresie napięć z generatora fotowoltaicznego. Powyższa przetwornica, ze względu na swoją konstrukcję, zawiera przynajmniej jedną diodę blokującą, która zapobiega udziałowi prądu sieci w prądzie zwarcia.

Prąd rozładowania kondensatorów jest ograniczony przez przewody pomiędzy falownikiem i miejscem uszkodzenia, i rozładowuje się w sposób wykładniczy: im mniejsza impedancja odcinka przewodu, tym większe natężenie początkowe prądu, ale równocześnie mniejsza stała czasowa procesu rozładowania. Energia, która przepływa, jest ograniczona do energii zmagazynowanej na początku w kondensatorach. Oprócz tego, jeśli szeregowo z jednym z biegunów zamontowano diodę blokującą lub podobny układ, udział w prądzie zwarcia będzie zerowy.

W każdym przypadku zwarcie po stronie stałoprądowej powoduje spadek wartości napięcia stałego, falownik wyłącza się i, prawdopodobnie, odłącza od sieci.

Czas wyłączenia są zazwyczaj rzędu milisekund, podczas gdy czasy odłączenia mogą być rzędu dziesiątek milisekund. W okresie pomiędzy wyłączeniem i odłączeniem, sieć może wywołać opisane wcześniej skutki, podczas gdy wewnętrzne kondensatory, jeśli uczestniczą w zdarzeniu, wpływają na wartość prądu zwarcia, aż do momentu pełnego rozładowania.

¹⁰ Można zastosować diody blokujące, ale nie zastąpią one zabezpieczeń przed przetężeniami (norma IEC TS 62257-7-1), ponieważ uwzględniana jest możliwość nieprawidłowego działania diod i ich zwarcie. Oprócz tego, diody wprowadzają straty mocy w wyniku spadku napięcia na złączu. Straty te można zmniejszyć, stosując diody Schottky'ego o spadku napięcia na złączu, wynoszącym 0,4 V, zamiast 0,7 V w przypadku konwencjonalnych diod. Wsteczne napięcie znamionowe diod musi wynosić $\geq 2 U_{oc}$, a wartość prądu znamionowego $\geq 1,25 \cdot I_{sc}$ (Przewodnik CEI 82-25).

5 Instalacje fotowoltaiczne

Wpływ sieci i wewnętrznych kondensatorów na prąd zwarcia jest jednak tylko przejściowy i elementy te nie wpływają na dobór wielkości elementów zabezpieczających, łączących i wyłączających po stronie stałoprądowej.

5.5.1.4 Dobór zabezpieczeń

W kwestii zabezpieczeń zwarciovych po stronie stałoprądowej, układy te muszą być oczywiście przystosowane do pracy z prądem stałym i charakteryzować się napięciem znamionowym łączeniowym/zadziałania U_e , równym lub większym od maksymalnego napięcia generatora fotowoltaicznego, które wynosi $1,2 U_{oc}$ ¹¹ (norma IEC TS 62257-7-1).

Zabezpieczenia muszą ponadto zostać zamontowane na końcu chronionego obwodu, przemieszczając się od łańcucha ogniów w stronę falownika, to znaczy, w różnych rozdzielnicach paneli i rozdzielnicach falowników, ponieważ prądy zwarciove pochodzą z pozostałych łańcuchów ogniów, czyli od strony obciążenia, a nie od strony zasilania (norma IEC TS 62257-7-1).

W celu uniknięcia niechcianego wyzwolenia w normalnych warunkach pracy, zabezpieczenia umieszczone w rozdzielnicach paneli (urządzenie A na rysunku 8) muszą charakteryzować się prądem znamionowym I_n ¹²:

$$I_n \geq 1,25 \cdot I_{sc} \quad (3)$$

Układy te muszą chronić:

- każdy łańcuch ogniów przed prądem zwrotnym;
- przewody¹³ łączące łańcuchy ogniów z rozdzielnicą (przewód 1 z rysunku 8), jeśli ta ostatnia charakteryzuje się obciążalnością prądową mniejszą, niż maksymalna wartość prądu zwarciovego pozostałych x-1 łańcuchów ogniów podłączonych do tej samej rozdzielnicy falownika¹⁴, to znaczy, jeśli:

$$I_z < I_{cc2} = (x - 1) \cdot 1,25 \cdot I_{sc} \quad (4)$$

W celu ochrony łańcucha ogniów, prąd znamionowy zabezpieczenia (wyłącznika termomagnetycznego lub bezpiecznika) nie może przekraczać deklarowanej przez producenta wartości prądu układu zabezpieczenia panelu. Jeśli producent nie poda żadnych informacji, zakłada się (norma IEC TS 62257-7-1):

$$1,25 \cdot I_{sc} \leq I_n \leq 2 \cdot I_{sc} \quad (5)$$

¹¹ U_{oc} jest wartością napięcia z łańcucha ogniów, w warunkach braku obciążenia.

¹² W przypadku wyłączników termomagnetycznych, wzór [3] przyjmuje postać $I_n \geq 1,25 \cdot I_{sc}$, podczas gdy dla wyłączników magnetycznych przyjmuje postać $I_n \geq 1,25 \cdot I_{sc}$, tak aby uniknąć ich przegrzewania się.

¹³ Ochrona zwarciova tylko dla $I_z \geq 1,25 \cdot I_{sc}$.

¹⁴ Prąd zwarciovy $I_{cc1} = 1,25 \cdot I_{sc}$ (rysunek 8) nie ma znaczenia, ponieważ przewód łańcucha ogniów charakteryzuje się obciążalnością prądową nie mniejszą, niż $1,25 \cdot I_{sc}$.

5 Instalacje fotowoltaiczne

W celu ochrony przewodu połączeniowego, zabezpieczenie należy dobrać w taki sposób, aby poniższa zależność była spełniona dla każdej wartości prądu zwarcia (norma IEC 60364)15, do maksymalnie $(x-1) \cdot 1,25 \cdot I_{sc}$:

$$I^2 t \leq K^2 S^2 \quad (6)$$

Wartość prądu wyłączalnego zabezpieczenia nie może być mniejsza, niż wartość prądu zwarciovego pozostałych $n-1$ łańcuchów ogniw, to znaczy:

$$I_{cu} \geq (x-1) \cdot 1,25 \cdot I_{sc} \quad (7)$$

Urządzenia w przelącznicy falownika muszą chronić przed zwarcim przewody łaczeniowe, łaczące rozdzielnicę paneli i rozdzielnicę falownika, jeśli przewody te charakteryzują się obciążalnością prądową mniejszą, niż $I_{cc4} = (x-y) \cdot 1,25 \cdot I_{sc}$ ¹⁶ (rysunek 8).

W takim przypadku zabezpieczenia muszą spełnić zależności (3) i (6), a ich obciążalność prądowa nie może być mniejsza, niż wartość prądu zwarciovego pozostałych $n-m$ łańcuchów ogniw, to znaczy:

$$I_{cu} \geq (x-y) \cdot 1,25 \cdot I_{sc} \quad (8)$$

Krótko mówiąc, przewód łaczący rozdzielnicę falownika z falownikiem nie może być chroniony, jeśli jego obciążalność prądowa zostanie dobrana jako równa przynajmniej (norma CEI 64-8/7):

$$I_{cu} \geq (x) \cdot 1,25 \cdot I_{sc} \quad (9)$$

¹⁵ W przypadku wyłącznika magnetycznego należy, jeśli jest to możliwe, ustawić wartość prądu I_3 równą wartości prądu I_z przewodu, w celu uzyskania zadziałania zabezpieczenia wtedy, kiedy prąd zwarciový przekracza obciążalność prądową przewodu. Można również zastosować wyłącznik magnetyczny, jeśli liczba łańcuchów ogniw podłączonych do tego samego falownika wynosi maksymalnie 3. W przeciwnym wypadku, w celu ochrony łańcuchów ogniw należy stosować wyłączniki termomagnetyczne, zgodnie z (5).

¹⁶ Prąd zwarciový $I_{sc3} = y \cdot 1,25 \cdot I_{sc}$ (rysunek 8) nie ma znaczenia, ponieważ przewód łańcucha ogniw charakteryzuje się obciążalnością prądową nie mniejszą, niż $y \cdot 1,25 \cdot I_{sc}$.

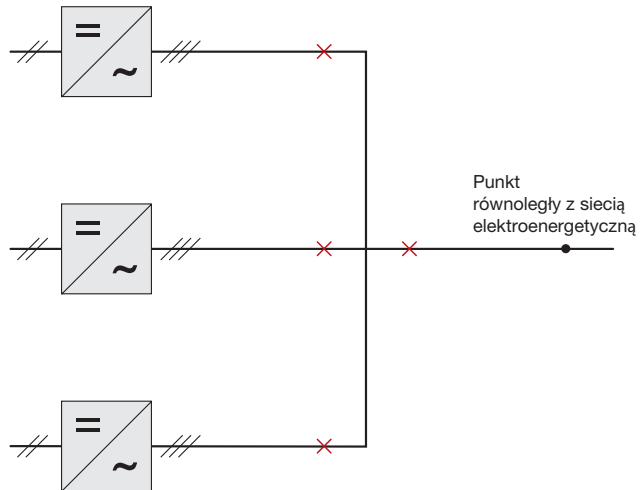
5 Instalacje fotowoltaiczne

5.5.2 Ochrona przed przetężeniami po stronie prądu przemiennego

Ponieważ przewód łączący falownik z punktem podłączenia do sieci elektroenergetycznej jest zazwyczaj dobierany w taki sposób, aby zapewnić obciążalność prądową większą, niż maksymalne natężenie prądu wyjściowego falownika, nie ma potrzeby stosowania zabezpieczenia przeciążeniowego. Przewód musi być jednak chroniony przed zwarcim zasilanym przez sieć¹⁷, stosując zabezpieczenie zamontowane w pobliżu punktu podłączenia do sieci elektroenergetycznej.

W celu zabezpieczenia takiego przewodu, wyłącznik główny instalacji odbiorcy musi być stosowany, jeśli wartość przepływającej energii jest wytrzymywana przez przewód. Zadziałanie wyłącznika głównego powoduje jednak wyłączenie całej instalacji odbiorcy. W instalacjach wykorzystujących szereg falowników (rysunek 9), zastosowanie jednego zabezpieczenia na linię umożliwia, w przypadku niesprawności falownika, dalszą pracę pozostałych, pod warunkiem, że wyłączniki na każdej linii są selektywne względem wyłącznika głównego.

Rysunek 9



¹⁷ Falownik ogranicza prąd wyjściowy do wartości będącej dwukrotnością jego prądu znamionowego i przelacza się w stan czuwania w ciągu kilku dziesiątych sekundy, w wyniku zadziałania wewnętrznego zabezpieczenia. W rezultacie, udział falownika w prądzie zwarciovym jest pomijalnie mały, w porównaniu do udziału sieci elektroenergetycznej.

5 Instalacje fotowoltaiczne

5.5.3 Dobór łączników i odłączników

Montaż urządzenia odłączającego w każdym z łańcuchów jest wskazany, w celu umożliwienia kontroli lub prac konserwacyjnych łańcucha ogniw, bez wyłączenia pozostałych fragmentów instalacji fotowoltaicznej (Przewodnik CEI 82-25, wydanie II)18.

Odłączenie falownika musi być możliwe z obydwu stron, tak stałoprądowej, jak i prądu przemiennego, tak aby możliwe było prowadzenie prac konserwacyjnych, wyłączając obydwa źródła zasilania (sieć i generator fotowoltaiczny) (CEI 64-8/7). Po stronie stałoprądowej falownika należy zamontować urządzenie umożliwiające odłączanie pod obciążeniem, na przykład rozłącznik izolacyjny. Po stronie prądu przemiennego wystarczy montaż zwykłego odłącznika.

Można wykorzystać zabezpieczenie zamontowane w punkcie połączenia z siecią elektroenergetyczną. Jeśli to urządzenie nie znajduje się blisko falownika, zaleca się zamontowanie odłącznika bezpośrednio po stronie obciążenia falownika.

5.5.4 Ochrona przed przepięciami

Ponieważ, instalacje fotowoltaiczne są zazwyczaj montowane na zewnątrz budynków, mogą padać ofiarą przepięć będących skutkiem wyładowań atmosferycznych, tak bezpośrednich (wyładowanie trafiające w konstrukcję), jak i pośrednich (wyładowanie uderzające w pobliżu konstrukcji budynku lub wpływające na linie energetyczne lub sygnalizacyjne wchodzące do konstrukcji), poprzez sprzężenia rezystancyjne lub indukcyjne. Sprzężenie rezystancyjne ma miejsce wtedy, kiedy wyładowanie atmosferyczne trafia w linię elektryczną wchodzącą do budynku. Prąd piorunowy, poprzez impedancję charakterystyczną linii, generuje przepięcia, których wartość może przekroczyć napięcie udarowe wytrzymałwane urządzeń, prowadząc w rezultacie do ich uszkodzenia i powodując ryzyko pożaru.

Sprzężenie indukcyjne powstaje, ponieważ prąd piorunowy ma charakter impulsowy i generuje w otaczającej przestrzeni szybkozmienne pole elektromagnetyczne.

W rezultacie, zmiany pola magnetycznego generują przepięcia w znajdujących się w pobliżu obwodach elektrycznych. Oprócz przepięć związanych z wyładowaniami atmosferycznymi, w instalacji fotowoltaicznej mogą wystąpić również wewnętrzne przepięcia łączeniowe.

5.5.4.1 Bezpośrednie uderzenie pioruna - budynek bez instalacji odgromowej (LPS)¹⁹

Generalnie, montaż instalacji fotowoltaicznej nie zmienia obrysu budynku i, wobec tego, częstotliwości wyładowań atmosferycznych. Nie są więc wymagane żadne szczególne środki ochrony przed wyładowaniami atmosferycznymi (Podręcznik CEI 82-25, wydanie II). Przeciwnie, jeśli instalacja fotowoltaiczna zmienia znacząco obrys budynku, należy koniecznie przeanalizować częstotliwość wyładowań atmosferycznych trafiających w budynek i, w rezultacie, rozważyć konieczność wykonania niezbędnej instalacji odgromowej (Podręcznik CEI 82-25, wydanie II).

¹⁸ Jeśli stosowany jest wyłącznik automatyczny, funkcja łączenia i odłączania jest już uwzględniona.

¹⁹ LPS – Lightning Protection System (instalacja odgromowa). Składa się z układów ochronnych zewnętrznych (zwoody, przewody odprowadzające i uziomy) oraz wewnętrznych (środki ochrony redukujące skutki elektromagnetyczne prądów piorunowych wpływających do chronionej konstrukcji).

5 Instalacje fotowoltaiczne

Budynki z instalacjami odgromowymi

W przypadku obecności układu ochrony przed wyładowaniami atmosferycznymi²⁰, jeśli instalacja fotowoltaiczna nie wpływa na zewnętrzny obrys budynku, a minimalna odległość d pomiędzy instalacją fotowoltaiczną i instalacją odgromową jest większa, niż odległość bezpieczeństwa (norma EN 62305-3), nie są wymagane dodatkowe środki ochrony nowej instalacji (Podręcznik CEI 82-25, wydanie II).

Przeciwnie, jeśli instalacja fotowoltaiczna nie wpływa na zewnętrzny obrys budynku, ale minimalna odległość d jest mniejsza, niż odległość s , wskazane jest rozszerzenie instalacji odgromowej i podłączenie jej do metalowych elementów konstrukcyjnych instalacji fotowoltaicznej (Podręcznik CEI 82-25, wydanie II). Podsumowując, jeśli instalacja fotowoltaiczna wpływa na zewnętrzny obrys budynku, należy wtedy przeprowadzić nową analizę zagrożenia i/lub zmodyfikować instalację odgromową (Podręcznik CEI 82-25, wydanie II).

Instalacja fotowoltaiczna zamontowana na ziemi

Jeśli instalacja fotowoltaiczna jest budowana na ziemi, nie ma ryzyka pożaru w przypadku bezpośredniego uderzenia pioruna. Występuje tylko zagrożenie dla ludzi, związane z napięciem krokowym i dotykowym.

Jeśli rezystywność powierzchniowa podłoża przekracza $5 \text{ k}\Omega\text{m}$ (np. skaliste podłoże pokryte asfaltem o grubości przynajmniej 5 cm lub pokryte warstwą żwiru o grubości przynajmniej 15 cm), nie ma potrzeby podejmowania szczególnych środków, ponieważ wartości napięcia krokowego i dotykowego są pomijalnie małe (CEI 81-10). Przeciwnie, jeśli rezystywność gruntu jest równa lub mniejsza niż $5 \text{ k}\Omega\text{m}$, konieczne jest teoretyczne sprawdzenie, czy będą potrzebne środki ochrony przed napięciem krokowym i dotykowym. W tym przypadku, prawdopodobieństwo wyładowań atmosferycznych jest jednak bardzo małe i problem ten występuje wyłącznie w bardzo dużych instalacjach.

Pośrednie uderzenie pioruna

Również wtedy, kiedy wyładowanie atmosferyczne nie trafi bezpośrednio w konstrukcję instalacji fotowoltaicznej, należy przedsięwziąć odpowiednie środki, w celu minimalizacji przepięć spowodowanych przez pośrednie uderzenie pioruna:

- ekranowanie obwodów, w celu zmniejszenia pola magnetycznego wewnątrz obudowy i, w konsekwencji, zmniejszenia indukowanych przepięć²¹;
- zmniejszenie powierzchni obwodu układu, w którym dochodzi do zaindukowania prądu, poprzez odpowiednie połączenie modułów, skręcając przewody razem i układając przewody napięciowe tak blisko przewodu ochronnego PE, jak to tylko możliwe.

²⁰ Zaleca się, aby uziemienie ochronne instalacji było podłączone do instalacji ochrony odgromowej

²¹ Skuteczność ekranowania metalowej obudowy wynika z prądów indukowanych w samej obudowie. Tworzą one pole magnetyczne, które zgodnie z zasadą Lenz' a przeciwstawia się przyczynie stanowiącej jego źródło, czyli polu magnetycznemu prądu piorunowego. Im większe jest natężenie prądu indukowanego w ekranie (im większa jego kondukcyjność), tym większa jest skuteczność ekranowania.

5 Instalacje fotowoltaiczne

Przebiecia, nawet ograniczone, muszą zostać rozładowane do ziemi za pomocą ograniczników przepięć SPD (Surge Protective Device), w celu ochrony urządzeń. Ograniczniki przepięć są elementami o impedancji zależącej od przyłożonego napięcia. Dla napięcia znamionowego instalacji charakteryzują się one bardzo dużą impedancją, natomiast w przypadku przepięcia, ich impedancja maleje, odprowadzając prąd związany z przepięciem i zachowując jego wartość w określonym zakresie. W zależności od zasady działania, ograniczniki przepięć można podzielić na:

- odcinające, takie jak iskierniki lub sterowane diody; kiedy napięcie przekracza określoną wartość, zmniejszają natychmiast swoją impedancję i, w rezultacie, napięcie na swoich wyprowadzeniach;
- ograniczające, takie jak warystory lub diody Zenera, które charakteryzują się impedancją, która maleje stopniowo, wraz ze wzrostem napięcia na ich wyprowadzeniach;
- kombinowane, które zawierają obydwie wyżej wymienione układy, połączone szeregowo lub równolegle.

Ochrona po stronie stałoprądowej

W celu ochrony strony stałoprądowej zaleca się stosowanie warystorów lub też kombinowanych ograniczników przepięć. Falowniki są zazwyczaj wyposażone w wewnętrzne zabezpieczenia przed przepięciami, ale jeśli do zacisków falownika zostaną dodane ograniczniki przepięć, jego ochrona zostanie poprawiona, równocześnie, możliwe będzie uniknięcie zadziałania jego wewnętrznych zabezpieczeń, wyłączających falownik, zatrzymując wytwarzanie energii i powodując konieczność interwencji wyszkolonego personelu. Powyższe ograniczniki przepięć powinny charakteryzować się następującymi parametrami:

- Typ 2
- Maksymalne robocze napięcie znamionowe $U_e > 1,25 U_{oc}$
- Napięciowy poziom ochrony $U_p \geq U_{inv}^{22}$
- Nominalny prąd wyładowczy $I_n \geq 5 \text{ kA}$
- Zabezpieczenie termiczne, zdolne do gaszenia prądu zwarciovego przy zużyciu i z koordynacją z odpowiednim dobezpieczeniem.

Ponieważ moduły łańcuchów ogniwi charakteryzują się zazwyczaj większym napięciem udarowym wytrzymywanym, niż falownik, ogranicznik przepięć zamontowany w celu ochrony falownika umożliwia także ochronę modułów, pod warunkiem, że odległość pomiędzy modułami i falownikiem jest krótsza, niż 10 m^{23} .

²² U_{inv} jest napięciem udarowym wytrzymywanym strony stałoprądowej falownika.

²³ Ograniczniki przepięć muszą być montowane po stronie zasilania (kierunek przepływu energii z generatora fotowoltaicznego) urządzenia rozłączającego falownika, tak aby chronić moduły również wtedy, kiedy urządzenie rozłączające będzie otwarte.

5 Instalacje fotowoltaiczne

Ochrona po stronie prądu przemiennego

Instalacja fotowoltaiczna podłączona do sieci elektroenergetycznej jest również narażona na przebiecia pochodzące z samej linii. Jeśli w instalacji zamontowano transformator separujący, z uziemionym metalowym ekranem, falownik jest chroniony przed przebieciami samego transformatora. Jeśli nie ma transformatora lub też, jeśli nie został on wyposażony w ekran, należy zamontować odpowiedni ogranicznik przepięć, zaraz za falownikiem. Powyższy ogranicznik przepięć powinien charakteryzować się następującymi parametrami:

- Typ 2
- Maksymalne znamionowe napięcie robocze $U_e > 1,1 \cdot U_0$ ²⁴
- Napięciowy poziom ochrony $U_p \leq U_{inv}$ ²⁵
- Nominalny prąd wyładowczy $I_n \geq 5 \text{ kA}$
- Zabezpieczenie termiczne, zdolne do gaszenia prądu zwarciovego przy zużyciu życia i z koordynacją z odpowiednim dobezpieczeniem.

Jeśli analiza ryzyka dla budynku zaleca montaż zewnętrznej instalacji odgromowej, należy wtedy umieścić w punkcie dostarczania mocy ogranicznik przepięć chroniący przed bezpośrednim uderzeniem pioruna. Powyższy ogranicznik przepięć powinien charakteryzować się następującymi parametrami:

- Typ 1
- Maksymalne znamionowe napięcie robocze $U_e > 1,1 \cdot U_0$
- Napięciowy poziom ochrony $U_p \leq U_{inv}$
- Prąd udarowy $I_{imp} \geq 25 \text{ kA}$ dla każdego bieguna
- Zgaszenie prądu następczego I_{it} , przekraczającego wartość prądu zwarciovego w miejscu zamontowania i koordynacja z odpowiednim dobezpieczeniem.

²⁴ U_0 jest napięciem względem ziemi w układach TT i TN. W przypadku układu IT jest to $U_0 > 1,73 \cdot U_G$.

²⁵ U_{inv} jest napięciem udarowym wytrzymywanym strony prądu przemiennego falownika.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

6.1 Aspekty ogólne

Zwarcie jest to uszkodzenie z pomijalnie małą impedancją łączącą dwa przewody pod napięciem, o różnym potencjale, w normalnych warunkach pracy.

6.2 Rodzaje zwarcć

W instalacji trójfazowej mogą wystąpić następujące zwarcia:

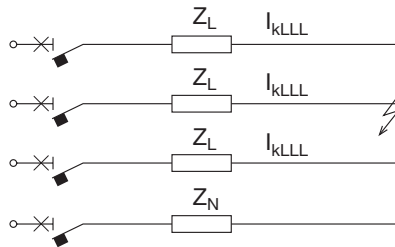
- zwarcie trójfazowe;
- zwarcie dwufazowe;
- zwarcie faza-przewód neutralny;
- zwarcie faza-przewód ochronny;

We wzorach wykorzystano następujące symbole:

- I_k prąd zwarcioowy;
- U_f napięcie znamionowe;
- Z_L impedancja przewodu fazowego;
- Z_N impedancja przewodu neutralnego;
- Z_{PE} impedancja przewodu ochronnego;

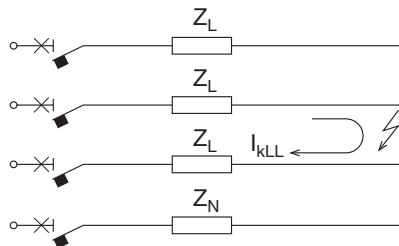
W tabeli poniżej przedstawiono skrótkowo rodzaje zwarcć i zależności pomiędzy wartością prądu zwarcioowego dla zwarcia symetrycznego (trójfazowego) i prądu zwarcioowego dla zwarcć asymetrycznych (dwu i jednofazowego), w przypadku zwarcć występujących daleko od generatorów.

Zwarcie trójfazowe



$$I_{kLLL} = \frac{U_f}{\sqrt{3}Z_L}$$
$$Z_L = \sqrt{R_L^2 + X_L^2}$$

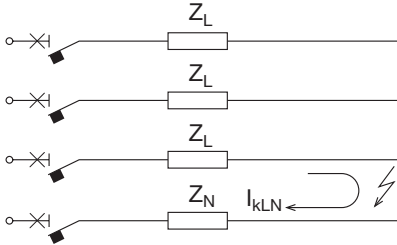
Zwarcie dwufazowe



$$I_{kLL} = \frac{U_f}{2Z_L} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{kLLL} = 0.87 I_{kLLL}$$

6 Obliczenia wartości prądu zwarcioviego

Zwarcie faza-przewód neutralny



$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)}$$

If $Z_L = Z_N$ (przekrój przewodu neutralnego jest równy przekrojowi przewodu fazowego):

$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(2Z_L)} = 0,5 I_{kLLL}$$

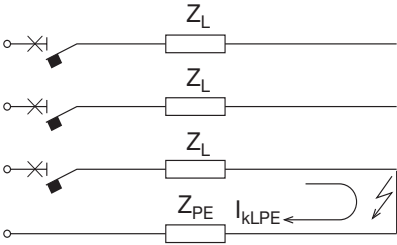
If $Z_N = 2Z_L$ (przekrój przewodu neutralnego jest równy połowie przekroju przewodu fazowego):

$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(3Z_L)} = 0,33 I_{kLLL}$$

If $Z_N \neq 0$ warunek graniczny:

$$I_{kLN} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_N)} = \frac{U_f}{\sqrt{3}Z_L} = I_{kLLL}$$

Zwarcie faza-przewód ochronny



$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})}$$

If $Z_L = Z_{PE}$ (przekrój przewodu neutralnego jest równy przekrojowi przewodu fazowego):

$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(2Z_L)} = 0,5 I_{kLLL}$$

If $Z_{PE} = 2Z_L$ (przekrój przewodu neutralnego jest równy połowie przekroju przewodu fazowego):

$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(3Z_L)} = 0,33 I_{kLLL}$$

If $Z_{PE} \neq 0$ warunek graniczny:

$$I_{kLPE} = \frac{U_f}{\sqrt{3}(Z_L + Z_{PE})} = \frac{U_f}{\sqrt{3}Z_L} = I_{kLLL}$$

W tabeli poniżej podano odpowiednie wzory umożliwiające przybliżone, szybkie obliczenie wartości prądu zwarcioviego.

| Uwaga | Zwarcie trójfazowe | Zwarcie dwufazowe | Zwarcie faza-przewód neutralny | Zwarcie faza-przewód ochronny (układ TN) |
|------------|--|---|--|--|
| I_{kLLL} | - | $I_{kLL} = 0,87 I_{kLLL}$ | $I_{kLN} = 0,5 I_{kLLL} (Z_L = Z_N)$ $I_{kLN} = 0,33 I_{kLLL} (Z_L = 0,5 Z_N)$ $I_{kLN} = I_{kLLL} (Z_N \cong 0)$ | $I_{kLPE} = 0,5 I_{kLLL} (Z_L = Z_{PE})$ $I_{kLPE} = 0,33 I_{kLLL} (Z_L = 0,5 Z_{PE})$ $I_{kLPE} = I_{kLLL} (Z_{PE} \cong 0)$ |
| I_{kLL} | $I_{kLLL} = 1,16 I_{kLL}$ | - | $I_{kLN} = 0,58 I_{kLL} (Z_L = Z_N)$ $I_{kLN} = 0,38 I_{kLL} (Z_L = 0,5 Z_N)$ $I_{kLN} = 1,16 I_{kLL} (Z_N \cong 0)$ | $I_{kLPE} = 0,58 I_{kLL} (Z_L = Z_{PE})$ $I_{kLPE} = 0,38 I_{kLL} (Z_L = 0,5 Z_{PE})$ $I_{kLPE} = 1,16 I_{kLL} (Z_{PE} \cong 0)$ |
| I_{kLN} | $I_{kLLL} = 2 I_{kLN} (Z_L = Z_N)$ $I_{kLLL} = 3 I_{kLN} (Z_L = 0,5 Z_N)$ $I_{kLLL} = I_{kLN} (Z_N \cong 0)$ | $I_{kLL} = 1,73 I_{kLN} (Z_L = Z_N)$ $I_{kLL} = 2,6 I_{kLN} (Z_L = 0,5 Z_N)$ $I_{kLL} = 0,87 I_{kLN} (Z_N \cong 0)$ | - | |

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

6.3 Obliczenia wartości prądu zwarciovego: „metoda mocy zwarcioviej”

Wartość prądu zwarciovego można określić w oparciu o „metodę mocy zwarcioviej”. Umożliwia ona określenie, w prosty sposób, przybliżonej wartości prądu zwarciovego w punkcie montażu. Otrzymany wynik jest zbliżony do rzeczywistego, a przez to akceptowalny. Metoda ta nie jest jednak zachowawcza i może pozwolić uzyskać dokładniejsze wyniki, jeśli zostaną uwzględnione współczynniki mocy uwzględnianych elementów (sieć, generatory, transformatory, silniki, przewody o dużych przekrojach, itp...).

„Metoda mocy zwarcioviej” oblicza wartość prądu zwarciovego I_k na podstawie wzoru:

$$\text{Zwarcie trójfazowe} \quad I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

$$\text{Zwarcie dwufazowe} \quad I_k = \frac{S_k}{2 \cdot U_r}$$

gdzie:

- S_k jest mocą pozorną zwarciovą w punkcie zwarcia;
- U_r jest napięciem znamionowym.

W celu określenia mocy pozornej zwarcioviej S_k należy uwzględnić wszystkie elementy sieci. Mogą to być:

- elementy, które biorą udział w prądzie zwarciovym: sieć, generatory, silniki;
- elementy, które ograniczają wartość prądu zwarciovego: przewody i transformatory.

Procedura obliczeń prądu zwarciovego obejmuje następujące etapy:

1. obliczenie mocy zwarcioviej poszczególnych elementów instalacji;
2. obliczenie wartości mocy zwarcioviej w miejscu zwarcia;
3. obliczenie wartości prądu zwarciovego.

6.3.1 Obliczenia mocy zwarcioviej poszczególnych elementów instalacji

Moc pozorną zwarciovą S_k należy określić dla wszystkich elementów instalacji:

Sieć

Zakłada się, że sieć elektryczna obejmuje wszystkie elementy znajdujące się przed punktem zasilania.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

Dystrybutor energii dostarcza zazwyczaj informację na temat wartości mocy pozornej zwarcioviej (S_{knet}) w punkcie zasilania. Jednakże, jeśli znana jest wartość prądu zwarciovego I_{knet} w przypadku instalacji trójfazowych wartość mocy można obliczyć stosując następujący wzór:

$$S_{knet} = \sqrt{3}U_r I_{knet}$$

gdzie U_r jest napięciem znamionowym w punkcie zasilania.

Jeśli wyżej wymienione dane nie są znane, jako wartości odniesienia można wykorzystać wartość mocy S_{knet} podaną w tabeli poniżej:

| Napięcie sieci U_r [kV] | Moc zwarciovia S_{knet} [MVA] |
|---------------------------|---------------------------------|
| Do 20 | 500 |
| Do 32 | 750 |
| Do 63 | 1000 |

Generator

Wartość mocy zwarcioviej oblicza się na podstawie wzoru:

$$S_{kgen} = \frac{S_r \cdot 100}{X_{d\%}^*}$$

gdzie $X_{d\%}^*$ jest procentową wartością reaktancji przejściowej wstępnej (X_d'') lub reaktancji przejściowej (X_d') lub reaktancji synchronicznej (X_d), w zależności od chwili, dla której szacowana jest moc zwarciovia. W sposób ogólny, reaktancje są podawane jako wartość procentowa impedancji znamionowej generatora (Z_d), określonej wzorem:

$$Z_d = \frac{U_r^2}{S_r}$$

gdzie U_r i S_r są napięciem i mocą znamionową generatora. Typowe wartości mogą wynosić:

Typical values can be:

- $X_{d\%}^*$ od 10 % do 20 %;
- $X_{d\%}'$ od 15 % do 40 %;
- $X_{d\%}$ od 80 % do 300 %.

Zazwyczaj rozważany jest najgorszy przypadek, czyli reaktancja przejściowa wstępna. W tabeli poniżej podano przybliżone wartości mocy zwarcioviej generatorów ($X_{d\%}^* = 12,5\%$):

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| S_r [kVA] | 50 | 63 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 |
| S_{kgen} [MVA] | 0,4 | 0,5 | 1,0 | 1,3 | 1,6 | 2,0 | 2,6 | 3,2 | 4,0 | 5,0 | 6,4 | 8,0 | 10,0 | 12,8 | 16,0 | 20,0 | 25,6 | 32,0 |

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

Trójfazowe silniki asynchroniczne

W warunkach zwarcia, silniki elektryczne uczestniczą w prądzie zwarcia przez krótką chwilę (5-6 okresów).

Wartość mocy można obliczyć w zależności od wartości prądu zwarciego silnika (I_k), wykorzystując następujący wzór:

$$S_{kmot} = \sqrt{3} \cdot U_r \cdot I_k$$

Typowe wartości są następujące:

$$S_{kmot} = 5 \div 7 S_{mot}$$

(I_k wynosi około $5 \div 7 I_{mot}$: 5 dla małych silników i 7 dla dużych silników).

Transformatory

Moc zwarciową transformatora (S_{ktrafo}) można obliczyć na podstawie następującego wzoru:

$$S_{ktrafo} = \frac{100}{u_k \%} \cdot S_r$$

W tabeli poniżej podano przybliżone wartości mocy zwarciowej transformatorów:

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| S_r [kVA] | 50 | 63 | 125 | 160 | 200 | 250 | 320 | 400 | 500 | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 3200 | 4000 |
| u_k % | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 |
| S_{ktrafo} [MVA] | 1,3 | 1,6 | 3,1 | 4 | 5 | 6,3 | 8 | 10 | 12,5 | 15,8 | 16 | 20 | 25 | 26,7 | 33,3 | | | |

Przewody

Przybliżoną wartość mocy zwarciowej przewodów można uzyskać, korzystając ze wzoru:

$$S_{kcable} = \frac{U_r^2}{Z_C}$$

gdzie impedancja przewodu (Z_C) wynosi:

$$Z_C = \sqrt{R_C^2 + X_C^2}$$

W tabeli poniżej podano przybliżone wartości mocy zwarciowej przewodów, dla częstotliwości 50 i 60 Hz, w funkcji napięcia zasilania (długość przewodu = 10 m):

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

| S [mm ²] | 230 [V] | 400 [V] | 440 [V] | 500 [V] | 690 [V] | 230 [V] | 400 [V] | 440 [V] | 500 [V] | 690 [V] |
|----------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|----------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | S _{kcable} [MVA] @50 Hz | | | | | S _{kcable} [MVA] @60 Hz | | | | |
| 1,5 | 0,44 | 1,32 | 1,60 | 2,07 | 3,94 | 0,44 | 1,32 | 1,60 | 2,07 | 3,94 |
| 2,5 | 0,73 | 2,20 | 2,66 | 3,44 | 6,55 | 0,73 | 2,20 | 2,66 | 3,44 | 6,55 |
| 4 | 1,16 | 3,52 | 4,26 | 5,50 | 10,47 | 1,16 | 3,52 | 4,26 | 5,50 | 10,47 |
| 6 | 1,75 | 5,29 | 6,40 | 8,26 | 15,74 | 1,75 | 5,29 | 6,40 | 8,26 | 15,73 |
| 10 | 2,9 | 8,8 | 10,6 | 13,8 | 26,2 | 2,9 | 8,8 | 10,6 | 13,7 | 26,2 |
| 16 | 4,6 | 14,0 | 16,9 | 21,8 | 41,5 | 4,6 | 13,9 | 16,9 | 21,8 | 41,5 |
| 25 | 7,2 | 21,9 | 26,5 | 34,2 | 65,2 | 7,2 | 21,9 | 26,4 | 34,1 | 65,0 |
| 35 | 10,0 | 30,2 | 36,6 | 47,3 | 90,0 | 10,0 | 30,1 | 36,4 | 47,0 | 89,6 |
| 50 | 13,4 | 40,6 | 49,1 | 63,4 | 120,8 | 13,3 | 40,2 | 48,7 | 62,9 | 119,8 |
| 70 | 19,1 | 57,6 | 69,8 | 90,1 | 171,5 | 18,8 | 56,7 | 68,7 | 88,7 | 168,8 |
| 95 | 25,5 | 77,2 | 93,4 | 120,6 | 229,7 | 24,8 | 75,0 | 90,7 | 117,2 | 223,1 |
| 120 | 31,2 | 94,2 | 114,0 | 147,3 | 280,4 | 29,9 | 90,5 | 109,5 | 141,5 | 269,4 |
| 150 | 36,2 | 109,6 | 132,6 | 171,2 | 326,0 | 34,3 | 103,8 | 125,6 | 162,2 | 308,8 |
| 185 | 42,5 | 128,5 | 155,5 | 200,8 | 382,3 | 39,5 | 119,5 | 144,6 | 186,7 | 355,6 |
| 240 | 49,1 | 148,4 | 179,5 | 231,8 | 441,5 | 44,5 | 134,7 | 163,0 | 210,4 | 400,7 |
| 300 | 54,2 | 164,0 | 198,4 | 256,2 | 488,0 | 48,3 | 146,1 | 176,8 | 228,3 | 434,7 |

W przypadku n równoległych przewodów należy pomnożyć wartość podaną w tabeli przez n . Jeśli długość przewodu (L_{act}) jest inna, niż 10 m, należy pomnożyć wartość z tabeli przez odpowiedni współczynnik:

$$\frac{10}{L_{act}}$$

6.3.2 Obliczenia wartości prądu zwarciovego w miejscu zwarcia

Zasada obliczania mocy zwarcioviej w punkcie montażu, w zależności od mocy zwarcioviej różnych elementów obwodu, jest podobna do obliczeń admitancji równoważnej. W szczególności:

- moc elementów połączonych szeregowo jest równa sumie odwrotności poszczególnych mocy (tak, jak w przypadku równoległego połączenia impedancji);

$$S_k = \frac{1}{\sum \frac{1}{S_i}}$$

- moc elementów połączonych równolegle jest równa sumie poszczególnych mocy (tak, jak w przypadku szeregowego połączenia impedancji);

$$S_k = \sum S_i$$

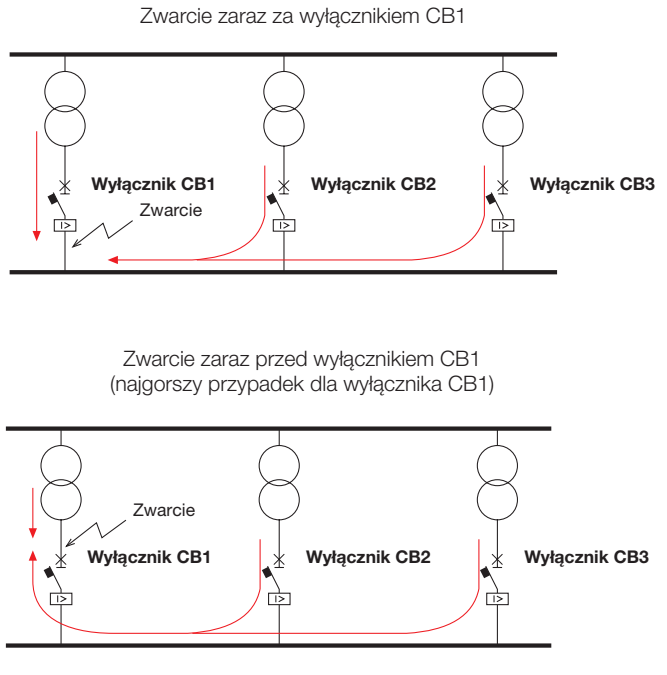
Elementy obwodu są uznawane za połączone szeregowo lub równolegle, patrząc od strony punktu zwarcia.

W przypadku szeregu gałęzi połączonych równolegle, rozływ prądu pomiędzy poszczególnymi gałęziami należy obliczyć po uprzednim obliczeniu wartości prądu zwarciovego w miejscu zwarcia. Należy to zrobić, w celu zapewnienia prawidłowego doboru zabezpieczeń zamontowanych w poszczególnych gałęziach obwodu.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

6.3.3 Obliczenia wartości prądu zwarciego

W celu określenia wartości prądu zwarciego w instalacji, należy uwzględnić punkt zwarcia oraz konfigurację systemu, która prowadzi do uzyskania maksymalnej wartości prądu zwarciego, dla zamontowanych urządzeń. Jeśli jest to konieczne, należy również uwzględnić udział silników w wartości prądu zwarcia. Przykładowo, w przedstawionym poniżej przypadku, dla wyłącznika CB1 najgorszy przypadek występuje wtedy, kiedy zwarcie ma miejsce zaraz przed wyłącznikiem. W celu określenia wartości prądu wyłączalnego wyłącznika, należy uwzględnić wpływ obydwu transformatorów połączonych równolegle.



Kiedy zostanie już określona moc zwarciowa odpowiadająca danemu miejscu zwarcia, można obliczyć wartość prądu zwarciego, wykorzystując poniższy wzór:

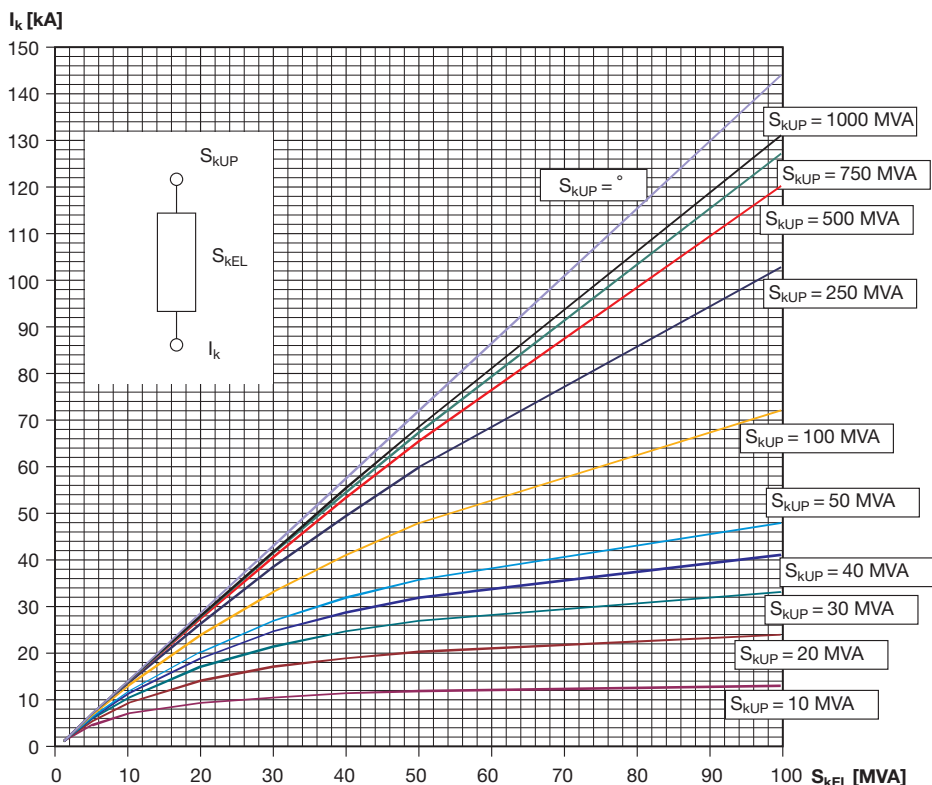
Zwarcie trójfazowe
$$I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_r}$$

Zwarcie dwufazowe
$$I_k = \frac{S_k}{2 \cdot U_r}$$

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

W pierwszym przybliżeniu, wykorzystując poniższy wykres, można oszacować wartość trójfazowego prądu zwarciego za obiektem o znanej mocy zwarciowej (S_{kEL}). W oparciu o tę wartość, znając wartość mocy zwarciowej przed obiektem (S_{kUP}), można odczytać na osi y wykresu wartość prądu I_k , która została podana w kA, dla napięcia 400 V.

Rysunek 1: Charakterystyka do obliczeń wartości trójfazowego prądu zwarciego, dla napięcia 400 V



1SDC010052F0001

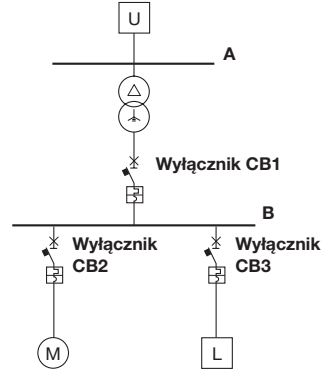
6 Obliczenia wartości prądu zwarcioowego

6.3.4 Przykłady

Na przedstawionych poniżej przykładach pokazano, w jaki sposób oblicza się wartości prądu zwarcioowego, w różnego typu instalacjach.

Przykład 1

| | |
|-----------------------|---|
| Sieć zasilająca: | $U_r = 20000 \text{ V}$ $S_{\text{knet}} = 500 \text{ MVA}$ |
| Transformator: | $S_r = 1600 \text{ kVA}$ $u_k \% = 6\%$ $U_{1r} / U_{2r} = 20000/400$ |
| Silnik: | $P_r = 220 \text{ kW}$ $I_{\text{kmot}} / I_r = 6,6$ $\cos \varphi_r = 0,9$ $\eta = 0,917$ |
| Obciążenie zastępcze: | $I_{\text{L}} = 1443,4 \text{ A}$ $\cos \varphi_r = 0,9$ |



1SDC010053FP001

Obliczenia mocy zwarciowej różnych elementów

| | |
|----------------|---|
| Sieć: | $S_{\text{knet}} = 500 \text{ MVA}$ |
| Transformator: | $S_{\text{ktrafa}} = \frac{100}{u_k \%} \cdot S_r = 26,7 \text{ MVA}$ |
| Silnik: | $S_{\text{rmot}} = \frac{P_r}{\eta \cdot \cos \varphi_r} = 267 \text{ kVA}$ |

$S_{\text{kmot}} = 6,6 \cdot S_{\text{rmot}} = 1,76 \text{ MVA}$ przez pierwsze 5-6 okresów (około 100 ms dla częstotliwości 50 Hz)

Obliczenia wartości prądu zwarcioowego na potrzeby doboru wyłączników

Dobór wyłącznika CB1

W przypadku wyłącznika CB1, najgorszy przypadek ma miejsce wtedy, kiedy do zwarcia dochodzi zaraz za wyłącznikiem. W przypadku zwarcia tuż przed wyłącznikiem, przez wyłącznik płynąłby tylko prąd zakłócenioowy płynący z silnika, którego wartość byłaby dużo mniejsza, niż prądu wynikającego z udziału sieci.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

Obwód, widziany z punktu zwarcia, stanowi połączenie szeregowe sieci i transformatora. Zgodnie z podanymi wcześniej zasadami, moc zwarciovą należy określić, stosując poniższy wzór:

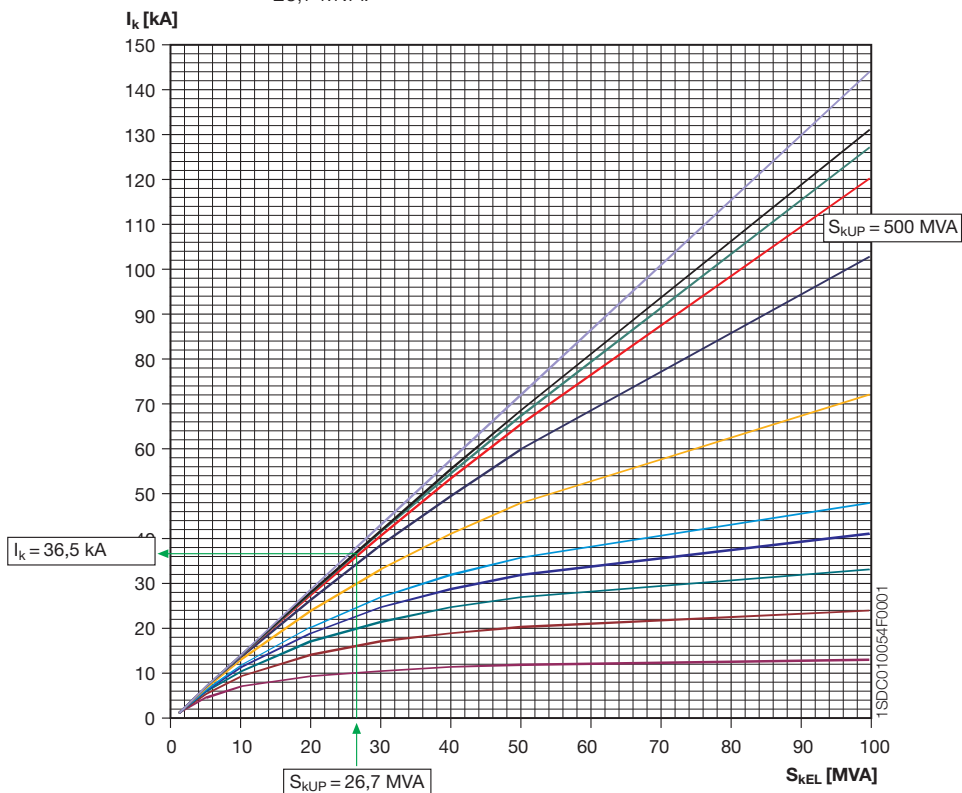
$$S_{kCB1} = \frac{S_{knet} \cdot S_{ktrafo}}{S_{knet} + S_{ktrafo}} = 25,35 \text{ MVA}$$

Maksymalna wartość prądu zakłóceniovego wynosi więc:

$$I_{kCB1} = \frac{S_{kCB1}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 36,6 \text{ kA}$$

Wartość prądu znamionowego po stronie nn transformatora wynosi 2309 A. Wobec powyższego wybrano wyłącznik typu Emax E3N 2500.

Wykorzystując charakterystykę z rysunku 1 można odczytać wartość prądu I_{kCB1} na podstawie krzywej $S_{kUP} = S_{knet} = 500 \text{ MVA}$, odpowiadającej $S_{kEL} = S_{knet} = 26,7 \text{ MVA}$:



6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

Dobór wyłącznika CB2

W przypadku wyłącznika CB2, najgorszy przypadek ma miejsce wtedy, kiedy do zwarcia dochodzi zaraz za wyłącznikiem. Obwód, widziany z punktu zwarcia, stanowi połączenie szeregowe sieci i transformatora. Wartość prądu zwarciego jest taka sama, jak w przypadku wyłącznika CB1.

$$I_{kCB1} = \frac{S_{kCB1}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 36.6 \text{ kA}$$

Wartość prądu znamionowego silnika wynosi 385 A. Wobec powyższego wybrano wyłącznik typu Tmax T5H 400.

Dobór wyłącznika CB3

W przypadku wyłącznika CB3, najgorszy przypadek ma także miejsce wtedy, kiedy do zwarcia dochodzi zaraz za wyłącznikiem.

Obwód, widziany z punktu zwarcia, stanowi połączenie równoległe dwóch gałęzi: silnika i połączenia szeregowego sieci i transformatora. Zgodnie z podanymi wcześniej zasadami, moc zwarciową należy określić, stosując poniższy wzór: Silnik // (sieć + transformator)

$$S_{kCB3} = S_{kmot} + \frac{1}{\frac{1}{S_{knet}} + \frac{1}{S_{ktrafo}}} = 27,11 \text{ MVA}$$

$$I_{kCB3} = \frac{S_{kCB3}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 39,13 \text{ kA}$$

Wartość prądu znamionowego obciążenia wynosi 1443 A. Wobec powyższego wybrano wyłącznik typu Tmax T7S1600 lub typu Emax X1B1600.

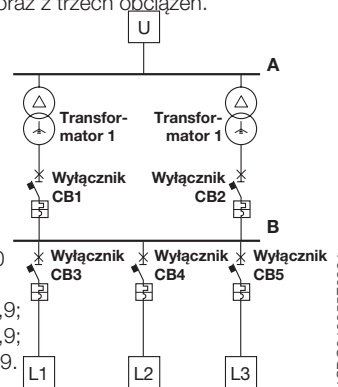
Przykład 2

Przedstawiony na schemacie obwód składa się z zasilania, dwóch transformatorów połączonych równoległe oraz z trzech obciążeń.

Sieć zasilająca: $U_{r1} = 20000 \text{ V}$
 $S_{knet} = 500 \text{ MVA}$

Transformatory 1 i 2: $S_r = 1600 \text{ kVA}$
 $u_k\% = 6\%$
 $U_{1r}/U_{2r} = 20000/400$

Obciążenie L1: $S_r = 1500 \text{ kVA}$; $\cos\varphi = 0,9$;
 Obciążenie L2: $S_r = 1000 \text{ kVA}$; $\cos\varphi = 0,9$;
 Obciążenie L3: $S_r = 50 \text{ kVA}$; $\cos\varphi = 0,9$.



1SDCO10055F0001

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

Obliczenia mocy zwarcioviej różnych elementów:

$$\text{Sieć} \quad S_{\text{knet}} = 500 \text{ MVA}$$

$$\text{Transformatory 1 i 2} \quad S_{\text{ktrafo}} = \frac{S_r}{u_k \%} \cdot 100 = 26,7 \text{ MVA}$$

Dobór wyłącznika CB1 (CB2)

W przypadku wyłącznika CB1 (CB2), najgorszy przypadek ma miejsce wtedy, kiedy do zwarcia dochodzi zaraz za wyłącznikiem. Zgodnie z przedstawionymi wcześniej zasadami, obwód widziany z punktu zwarcia jest równoważny równoległemu połączeniu dwóch transformatorów, połączonych szeregowo z siecią: sieć + (transformator 1 // transformator 2).

Obliczona w ten sposób wartość prądu zwarciovego odpowiada zwarciu na szynie zbiorczej. Prąd ten, uwzględniając symetrię obwodu, rozplywa się po równo na obydwie gałęzie (po połowie w każdej). Prąd przepływający przez wyłącznik CB1 (CB2) jest więc równy połowie wartości prądu szyny zbiorczej.

$$S_{\text{kbusbar}} = \frac{S_{\text{knet}} \cdot (S_{\text{trafo1}} + S_{\text{trafo2}})}{S_{\text{knet}} + (S_{\text{trafo1}} + S_{\text{trafo2}})} = 48,2 \text{ MVA}$$

$$I_{\text{kbusbar}} = \frac{S_{\text{kbusbar}}}{\sqrt{3} \cdot U_r} = 69,56 \text{ kA}$$

$$I_{\text{kCB1(2)}} = \frac{I_{\text{kbusbar}}}{2} = 34,78 \text{ kA}$$

Wobec powyższego jako wyłącznik CB1 (CB2), uwzględniając wartość prądu znamionowego transformatorów, wybrano wyłącznik typu Emax E3N 2500.

Dobór wyłączników CB3-CB4-CB5

W przypadku tych wyłączników, najgorszy przypadek ma także miejsce wtedy, kiedy do zwarcia dochodzi zaraz za wyłącznikiem. Wobec tego jako prąd zwarciovyy należy przyjąć prąd na szynie zbiorczej:

$$I_{\text{kCB3}} = I_{\text{kbusbar}} = 69,56 \text{ kA}$$

Uwzględniając prądy obciążeń, należy więc wybrać następujące wyłączniki:

Wyłącznik CB3: Emax E3S 2500

Wyłącznik CB4: Emax E2S 1600

Wyłącznik CB5: Tmax T2H 160

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

6.4 Obliczenia wartości prądu zwarciovego I_k za przewodem, w funkcji prądu przed przewodem

Przedstawiona poniżej tabela umożliwi określenie, w sposób zachowawczy, wartości trójfazowego prądu zwarciovego w punkcie sieci 400 V, za jednobiegunowym przewodem miedzianym, w temperaturze 20°C. Znane wartości:

- wartość trójfazowego prądu zwarciovego przed przewodem;
- długość i przekrój przewodu.

| Przekrój przewodu [mm ²] | Długość [m] | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|-----|----|----|----|
| | 0,9 | 1 | 1,2 | 1,5 | 1,8 | 2,3 | 2,9 | 3,5 | 4,1 | 4,7 | 5,8 | 7 | 9,4 | 12 | 16 | 24 |
| 1,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 95 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 185 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 240 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2x120 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2x150 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2x185 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3x120 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3x150 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3x185 | | | | | | | | | | | | | | | | |

I_k przed przewodem

I_k za przewodem

| [kA] | [kA] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 100 | 96 | 92 | 89 | 85 | 82 | 78 | 71 | 65 | 60 | 50 | 43 | 36 | 31 | 27 | 24 | 20 | 17 | 13 | 11 | 7,8 | 5,6 | 3,7 | 2,7 | 2,0 | 1,3 |
| 90 | 86 | 83 | 81 | 78 | 76 | 72 | 67 | 61 | 57 | 48 | 42 | 35 | 31 | 27 | 24 | 20 | 17 | 13 | 11 | 7,8 | 5,6 | 3,7 | 2,7 | 2,0 | 1,3 |
| 80 | 77 | 75 | 73 | 71 | 69 | 66 | 62 | 57 | 53 | 46 | 40 | 34 | 30 | 27 | 24 | 20 | 17 | 13 | 10 | 7,7 | 5,5 | 3,7 | 2,7 | 2,0 | 1,3 |
| 70 | 68 | 66 | 65 | 63 | 62 | 60 | 56 | 53 | 49 | 43 | 38 | 33 | 29 | 26 | 23 | 19 | 16 | 13 | 10 | 7,6 | 5,5 | 3,7 | 2,7 | 2,0 | 1,3 |
| 60 | 58 | 57 | 56 | 55 | 54 | 53 | 50 | 47 | 45 | 40 | 36 | 31 | 28 | 25 | 23 | 19 | 16 | 12 | 10 | 7,5 | 5,4 | 3,7 | 2,7 | 2,0 | 1,3 |
| 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 41 | 39 | 35 | 32 | 29 | 26 | 23 | 21 | 18 | 15 | 12 | 10 | 7,3 | 5,3 | 3,6 | 2,6 | 2,0 | 1,3 |
| 40 | 39 | 39 | 38 | 38 | 37 | 37 | 35 | 34 | 33 | 31 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 17 | 15 | 12 | 10 | 7,1 | 5,2 | 3,6 | 2,6 | 2,0 | 1,3 |
| 35 | 34 | 34 | 34 | 33 | 33 | 32 | 32 | 31 | 30 | 28 | 26 | 24 | 22 | 20 | 19 | 16 | 14 | 11 | 10 | 7,1 | 5,1 | 3,5 | 2,6 | 2,0 | 1,3 |
| 30 | 30 | 29 | 29 | 28 | 28 | 28 | 27 | 26 | 25 | 23 | 22 | 20 | 19 | 18 | 16 | 14 | 11 | 9,3 | 7,0 | 5,0 | 3,5 | 2,6 | 1,9 | 1,3 | |
| 25 | 25 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 23 | 23 | 22 | 21 | 21 | 19 | 18 | 17 | 16 | 14 | 13 | 11 | 9,0 | 6,8 | 5,0 | 3,4 | 2,6 | 1,9 | 1,3 |
| 20 | 20 | 20 | 20 | 19 | 19 | 19 | 19 | 18 | 18 | 18 | 17 | 16 | 15 | 15 | 14 | 13 | 12 | 10 | 8,4 | 6,5 | 4,8 | 3,3 | 2,5 | 1,9 | 1,3 |
| 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 13 | 12 | 12 | 12 | 11 | 10 | 8,7 | 7,6 | 6,1 | 4,6 | 3,2 | 2,5 | 1,9 | 1,3 | |
| 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9,3 | 8,8 | 7,8 | 7,0 | 5,7 | 4,4 | 3,1 | 2,4 | 1,9 | 1,3 |
| 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 9,5 | 9,4 | 9,2 | 9,0 | 8,8 | 8,5 | 8,3 | 8,1 | 7,7 | 7,3 | 6,5 | 5,9 | 5,0 | 3,9 | 2,9 | 2,3 | 1,8 | 1,2 |
| 8,0 | 8,0 | 7,9 | 7,9 | 7,9 | 7,8 | 7,8 | 7,7 | 7,7 | 7,6 | 7,5 | 7,4 | 7,2 | 7,1 | 6,9 | 6,8 | 6,5 | 6,2 | 5,7 | 5,2 | 4,5 | 3,7 | 2,8 | 2,2 | 1,7 | 1,2 |
| 6,0 | 6,0 | 5,9 | 5,9 | 5,9 | 5,9 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,7 | 5,6 | 5,5 | 5,4 | 5,3 | 5,2 | 5,1 | 4,9 | 4,8 | 4,4 | 4,1 | 3,6 | 3,1 | 2,4 | 2,0 | 1,6 | 1,1 |
| 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,9 | 2,8 | 2,8 | 2,8 | 2,7 | 2,7 | 2,6 | 2,5 | 2,4 | 2,2 | 2,0 | 1,7 | 1,4 | 1,2 | 0,9 |

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

Uwaga:

- W przypadku wartości prądu I_k przed przewodem i długości przewodu innych, niż podane w tabeli, należy rozważyć:
 - wartość prądu tuż powyżej wartości I_k przed przewodem;
 - długość tuż poniżej długości przewodu.

Takie przybliżenia umożliwiają dokonanie obliczeń sprzyjających bezpieczeństwu.

- W przypadku przewodów ułożonych równoległe – przypadek ten nie został uwzględniony w tabeli – długość należy podzielić przez liczbę równoległych przewodów.

Przykład

Dane

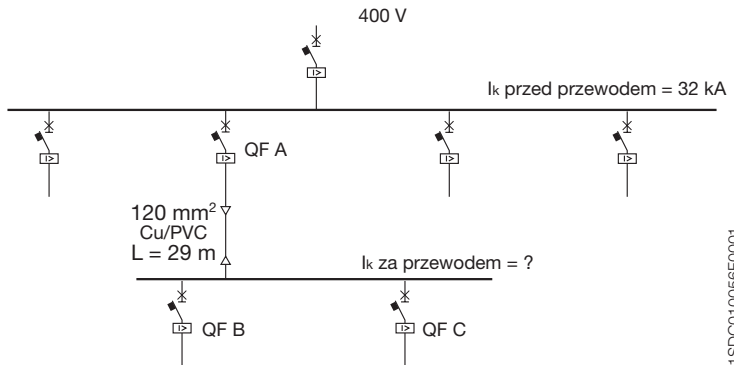
Napięcie znamionowe = 400 V

Przekrój przewodu: 120 mm²

Przewodnik = miedź

Długość = 29 m

Wartość prądu zwarciego przed przewodem = 32 kA



1SDC010056F0001

Procedura

W wierszu odpowiadającym przekrojowi przewodu 120 mm² można znaleźć kolumnę dla długości równej 29 m lub długości tuż poniżej (w tym przypadku 24 m). W kolumnie powyżej wartości prądu zwarciego można odnaleźć wiersz z wartością 32 kA lub wartością zaraz powyżej (w tym przypadku 35 kA). Na podstawie przecięcia tego ostatniego wiersza z wcześniej wybraną kolumną, odczytana wartość prądu zwarciego za przewodem wynosi 26 kA.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

6.5 Sekwencje algebraiczne

6.5.1 Aspekty ogólne

Można w bardzo prosty sposób przeanalizować symetryczną, zrównoważoną sieć trójfazową, redukując ją do sieci jednofazowej o napięciu znamionowym takim samym, co napięcie linia-przewód neutralny w sieci trójfazowej.

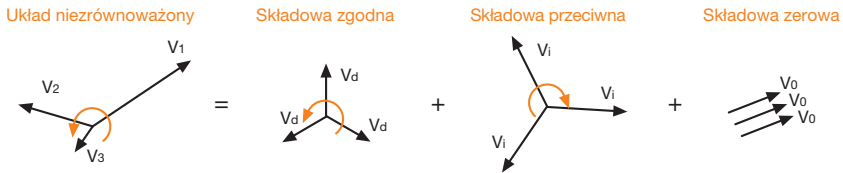
Sieci asymetrycznej nie można zredukować w taki sam sposób, w celu analizy, ze względu na jej niezrównoważenie. W takim przypadku, ponieważ nie można wprowadzić uproszczenia, należy postępować zgodnie z metodą analizy typową dla obliczeń instalacji elektrycznych.

Technika modelowania, która umożliwia obliczenia dla niezrównoważonej sieci asymetrycznej, przekształcając ją w zespół trzech sieci zrównoważonych, z których każda może zostać przedstawiona przez równoważny obwód jednofazowy, łatwy do rozwiązania, jest nazywana metodą składowych symetrycznych.

Metoda ta opiera się na analizie matematycznej, według której dowolny zbiór trzech fazorów¹ może zostać podzielony na trzy zbiory fazorów o następujących parametrach:

- zbiór zrównoważony, nazywany *składową zgodną*, utworzony z trzech fazorów o takim samym module, przesuniętych względem siebie o 120° , o takiej samej kolejności faz, co układ początkowy
- zbiór zrównoważony, nazywany *składową przeciwną*, utworzony z trzech fazorów o takim samym module, przesuniętych względem siebie o 120° , o kolejności faz odwrotnej, niż układ początkowy
- zbiór utworzony przez trzy fazory w fazie, o takim samym module, nazywany *składową zerową*.

Figure 1



¹ Fazor jest wektorowym przedstawieniem wielkości zmiennej w czasie. Sygnał postaci $v(t) = \sqrt{2} \cdot V \cdot \cos(\omega \cdot t + \varphi)$ można zapisać za pomocą fazora $\vec{v} = V \cdot e^{j\varphi}$.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

6.5.2 Instalacje składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej

Przedstawione poniżej zależności* opisują związek pomiędzy wielkościami dla zrównoważonej sieci trójfazowej oraz instalacją składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej:

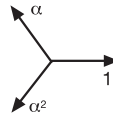
$$\begin{array}{llll}
 \bar{V}_0 = \frac{1}{3} (\bar{V}_1 + \bar{V}_2 + \bar{V}_3) & \bar{I}_0 = \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3) & \bar{V}_1 = \bar{V}_0 + \bar{V}_d + \bar{V}_i & \bar{I}_1 = \bar{I}_0 + \bar{I}_d + \bar{I}_i \\
 \bar{V}_d = \frac{1}{3} (\bar{V}_1 + \alpha \cdot \bar{V}_2 + \alpha^2 \cdot \bar{V}_3) & \bar{I}_d = \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + \alpha \cdot \bar{I}_2 + \alpha^2 \cdot \bar{I}_3) & \bar{V}_2 = \bar{V}_0 + \alpha^2 \cdot \bar{V}_d + \alpha \cdot \bar{V}_i & \bar{I}_2 = \bar{I}_0 + \alpha^2 \cdot \bar{I}_d + \alpha \cdot \bar{I}_i \\
 \bar{V}_i = \frac{1}{3} (\bar{V}_1 + \alpha^2 \cdot \bar{V}_2 + \alpha \cdot \bar{V}_3) & \bar{I}_i = \frac{1}{3} (\bar{I}_1 + \alpha^2 \cdot \bar{I}_2 + \alpha \cdot \bar{I}_3) & \bar{V}_3 = \bar{V}_0 + \alpha \cdot \bar{V}_d + \alpha^2 \cdot \bar{V}_i & \bar{I}_3 = \bar{I}_0 + \alpha \cdot \bar{I}_d + \alpha^2 \cdot \bar{I}_i
 \end{array}$$

* W podanych wzorach, indeksy dolne odnoszące się do składowej zgodnej, składowej przeciwnej oraz składowej zerowej oznaczono, odpowiednio, "d", "i" oraz "0".

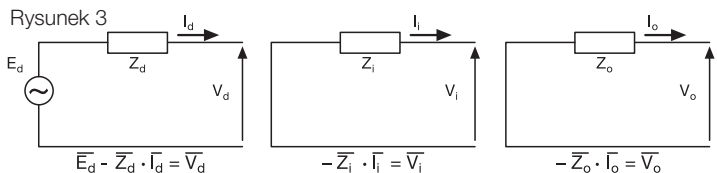
Składowa zespolona $\alpha = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ jest wektorem jednostkowym, który pomnożony przez wektor powoduje jego obrót o 120° w kierunku dodatnim (przeciwnym do kierunku wskazówek zegara). Składowa zespolona $\alpha^2 = -\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2}$ powoduje obrót wektora o -120° . Poniżej podano niektóre przydatne zależności, dla opisanych powyżej trzech wektorów:

$$\begin{array}{l}
 1 + \alpha + \alpha^2 = 0 \\
 |\alpha^2 - \alpha| = \sqrt{3}
 \end{array}$$

Rysunek 2



Można więc stwierdzić, że rzeczywista sieć trójfazowa może zostać zastąpiona przez trzy sieci jednofazowe, związane ze składową zgodną, przeciwną i zerową, a każdej składowej odpowiada stosowny obwód równoważny. Jeśli generatory mogą być traktowane jako symetryczne, co ma miejsce w rzeczywistych instalacjach, zakładając, że generują one tylko składową zgodną, trzy sieci jednofazowe są definiowane przez następujące obwody i równania:



Gdzie:

- E_d jest napięciem linia-przewód neutralny ($E_d = \frac{U_r}{\sqrt{3}}$) segmentu, przed miejscem zwarcia
- Z jest impedancją instalacji przed miejscem zwarcia
- I jest prądem zakłóceniovym;
- V jest napięciem zmierzonym w miejscu zwarcia

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

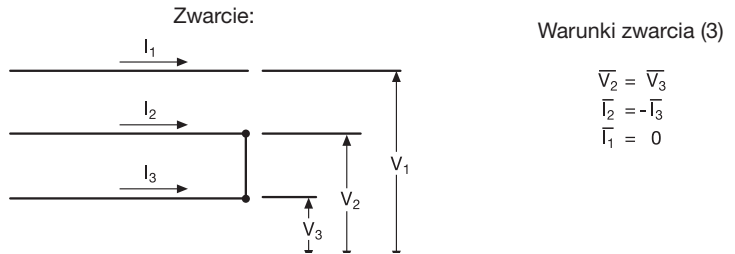
6.5.3 Obliczenia prądów zwarciovych, wykorzystując algebrę sekwencji

Nie wchodząc w szczegóły analizy teoretycznej, w oparciu o przykład można zademonstrować procedurę upraszczającą, umożliwiającą rozwiązanie sieci elektrycznej w określonych warunkach zwarcia.

Zwarcie linia-linia izolowana

Na schemacie przedstawiono tego typu zwarcie oraz powiązania pomiędzy prądami i napięciami, które można przedstawić w następujący sposób:

Rysunek 4



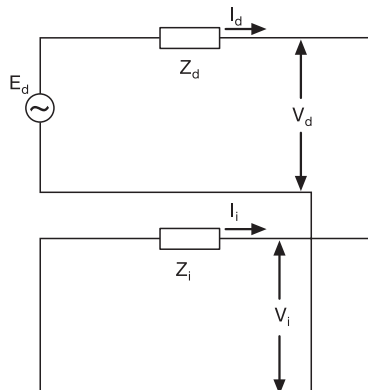
Wykorzystując podane warunki zwarcia oraz wzór 1), otrzymujemy:

$$\begin{aligned} V_d &= V_i \\ I_d &= -I_i \end{aligned} \quad (4)$$

$I_o = 0$ wobec tego $V_o = 0$

Powyższe zależności zastosowane do trzech obwodów z rysunku 3 umożliwiają określenie sieci równoważnej względem analizowanej sieci trójfazowej, przedstawiającej początkowy stan zwarcia. Sieć tą można przedstawić w następujący sposób:

Rysunek 5



6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

Rozwiązując ten prosty układ (składający się z połączonych szeregowo elementów) względem prądu I_d , otrzymujemy:

$$\bar{I}_d = \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \quad 5)$$

Wykorzystując wzory 2) dla prądu oraz wzory 4), otrzymujemy:

$$\bar{I}_2 = (\alpha^2 - \alpha) \cdot \bar{I}_d \quad \bar{I}_3 = (\alpha - \alpha^2) \cdot \bar{I}_d$$

Ponieważ moduł $|(\alpha^2 - \alpha)|$ okazuje się być równy $\sqrt{3}$, wartość prądu zwarciego linia-linia w dwóch zwartych fazach można opisać w następujący sposób:

$$|\bar{I}_2| = |\bar{I}_3| = |\bar{I}_{k2}| = \sqrt{3} \cdot \left| \frac{\bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \right|$$

Wykorzystując wzory 2) dla napięcia oraz otrzymane poprzednio wzory 4), otrzymujemy:

$$\begin{aligned} \bar{V}_1 &= 2 \cdot \bar{V}_i & 6) \text{ dla fazy, w której nie wystąpiło zwarcie} \\ \bar{V}_2 = \bar{V}_3 &= (\alpha^2 + \alpha) \cdot \bar{V}_d = -\bar{V}_d & 7) \text{ dla faz, w których wystąpiło zwarcie} \end{aligned}$$

Oporając się na układzie dla składowej przeciwnej, równanie 6) można zapisać w postaci: $\bar{V}_1 = -2 \cdot \bar{Z}_i \cdot \bar{I}_i$.

Wobec powyższego oraz ponieważ $\bar{I}_d = -\bar{I}_i$, dla fazy, w której nie wystąpiło zwarcie, otrzymujemy:

$$\bar{V}_1 = \frac{2 \cdot \bar{Z}_i}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i} \cdot \bar{E}_d$$

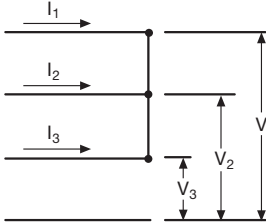
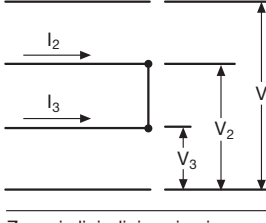
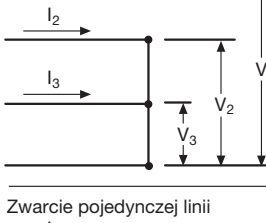
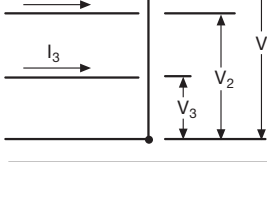
Dla faz, w których wystąpiło zwarcie, ponieważ $\bar{V}_d = \bar{V}_i = \frac{\bar{V}_1}{2}$, otrzymujemy:

$$\bar{V}_2 = \bar{V}_3 = -\frac{\bar{V}_1}{2} = \frac{\bar{Z}_i \cdot \bar{E}_d}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_i}$$

Oporając się na poprzednim przykładzie można przeprowadzić analizę każdego rodzaju zwarcia i opisać prądy zakłócenie i napięcia jako funkcje impedancji składowych.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

Podsumowanie zostało zamieszczone w tabeli 1, poniżej:

| Rodzaj zwarcia | Warunki zwarcia: | Prąd | Napięcia faz |
|-------------------------------|--|---|---|
| Zwarcie trójfazowe |  $\begin{aligned} \bar{V}_1 &= \bar{V}_2 = \bar{V}_3 \\ \bar{I}_1 + \bar{I}_2 + \bar{I}_3 &= 0 \end{aligned}$ | $ \bar{I}_{k3} = \bar{I}_1 = \frac{U_n}{\sqrt{3} \cdot \bar{Z}_d }$ | $\bar{V}_1 = \bar{V}_2 = \bar{V}_3 = 0$ |
| Zwarcie linia-linia |  $\begin{aligned} \bar{V}_2 &= \bar{V}_3 \\ \bar{I}_2 &= -\bar{I}_3 \end{aligned}$ | $ \bar{I}_{k2} = \bar{I}_2 = \frac{U_n}{ \bar{Z}_d + \bar{Z}_1 }$ | $\begin{aligned} \bar{V}_1 &= \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_1} \right \\ \bar{V}_d = \bar{V}_3 &= \frac{U_n}{\sqrt{3}} \cdot \left \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_1} \right \end{aligned}$ |
| Zwarcie linia-linia uziemiona |  $\begin{aligned} \bar{V}_2 &= \bar{V}_3 = 0 \\ \bar{I}_1 &= 0 \end{aligned}$ | $\begin{aligned} \bar{I}_2 &= U_n \cdot \left \frac{(1+\alpha^2) \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right \\ \bar{I}_3 &= U_n \cdot \left \frac{(1+\alpha) \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right \\ \bar{I}_{\text{ground}} = \bar{I}_2 + \bar{I}_3 &= U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_1}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right \end{aligned}$ | $\begin{aligned} \bar{V}_2 &= \bar{V}_3 = 0 \\ \bar{V}_1 &= \sqrt{3} \cdot U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_1 \cdot \bar{Z}_0 + \bar{Z}_0 \cdot \bar{Z}_d} \right \end{aligned}$ |
| Zwarcie pojedynczej linii |  $\begin{aligned} \bar{V}_1 &= 0 \\ \bar{I}_2 &= \bar{I}_3 = 0 \end{aligned}$ | $ \bar{I}_{k1} = \bar{I}_1 = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n}{ \bar{Z}_d + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0 }$ | $\begin{aligned} \bar{V}_1 &= 0 \\ \bar{V}_2 &= U_n \cdot \left \frac{\bar{Z}_1 - \alpha \cdot \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0} \right \\ \bar{V}_d &= U_n \cdot \left \frac{-\alpha \cdot \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0}{\bar{Z}_d + \bar{Z}_1 + \bar{Z}_0} \right \end{aligned}$ |

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

6.5.4 Impedancje zwarciovie składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej urządzeń elektrycznych

Każdy element sieci elektrycznej (sieć elektroenergetyczna – transformator – generator – przewód) może zostać opisany za pomocą wartości impedancji dla składowej zgodnej, przeciwnej lub zerowej.

Sieć elektroenergetyczna

Przez sieć elektroenergetyczną rozumiana jest sieć dystrybucyjna (zazwyczaj SN), z której jest zasilana instalacja. Charakteryzuje się ona impedancją składowej zgodnej i składowej przeciwnej, podczas gdy impedancja składowej zerowej nie jest uwzględniana, ponieważ połączone w układzie trójkąta uzwojenia pierwotne transformatora blokują prąd składowej zerowej. Dla występujących impedancji można zapisać:

$$Z_d = Z_i = Z_{NET} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot I_{k3}}$$

Transformator

Charakteryzuje się impedancją składowej zgodnej i składowej przeciwnej. Oprócz tego, w zależności od sposobu połączenia uzwojeń oraz w zależności od instalacji rozdzielczej po stronie NN, obecna może być również składowa zerowa. Można więc stwierdzić, że:

$$Z_d = Z_i = Z_T = \frac{uk \%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r}$$

a składową zerową można opisać jako:

$Z_o = Z_i$ jeśli w obydwu uzwojeniach możliwy jest przepływ prądów składowej zerowej
 $Z_o = \infty$ jest przepływ prądów składowej zerowej jest niemożliwy w obydwu uzwojeniach

Przewód

Charakteryzuje się impedancją składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej, które zależą od drogi powrotnej prądu zwarciovego.

W przypadku składowej zgodnej i składowej przeciwnej można zapisać:

$$Z_d = Z_i = Z_C = R_C + j X_C$$

W celu oszacowania impedancji składowej zerowej należy znać drogę powrotną prądu:

$$Z_o = Z_C + j3 \cdot Z_{nC} = (R_C + 3 \cdot R_{nC}) + j (X_C + 3 \cdot X_{nC})$$

Powrót poprzez przewód neutralny (zwarcie faza-przewód neutralny)

$$Z_o = Z_C + j3 \cdot Z_{PEC} = (R_C + 3 \cdot R_{PEC}) + j (X_C + 3 \cdot X_{PEC})$$

Powrót poprzez przewód ochronny PE (zwarcie faza-przewód ochronny w ukł. TN-S)

$$Z_o = Z_{EC} + j3 \cdot Z_{EC} = (R_C + 3 \cdot R_{EC}) + j (X_C + 3 \cdot X_{EC})$$

Powrót poprzez ziemię (zwarcie faza-ziemia w układzie TT)

gdzie:

- Z_C , R_C i X_C odnoszą się do przewodu linii
- Z_{nC} , R_{nC} i X_{nC} odnoszą się do przewodu neutralnego
- Z_{PEC} , R_{PEC} i X_{PEC} odnoszą się do przewodu ochronnego PE
- Z_{EC} , R_{EC} i X_{EC} odnoszą się do ziemi.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

Generatory synchroniczne

Ogólnie, reaktancje składowej zgodnej, przeciwnej i zerowej generatorów synchronicznych (jak również maszyn wirujących) mają różne wartości.

Dla sekwencji zgodnej, wykorzystywana jest tylko reaktancja wstępna znacząca X_d'' , ponieważ w tym przypadku obliczenia prądu zakłóceniewego prowadzą do największej wartości.

Reaktancja składowej przeciwnej jest silnie zmienna, zmieniając w zakresie od X_d'' do X_q'' . W chwili początkowej zwarcia, reaktancje X_d'' i X_q'' nie różnią się znacząco i, wobec tego, można przyjąć, że $X_i = X_d''$. Przeciwnie, jeśli reaktancje X_d'' i X_q'' różnią się znacząco, można wykorzystać wartość równą średniej wartości tych dwóch reaktancji; oznacza to, że:

$$X_i = \frac{X_d'' + X_q''}{2}$$

Reaktancja składowej zerowej jest również silnie zmienna i mniejsza od dwóch wyżej wymienionych reaktancji. W przypadku tej reaktancji można przyjąć wartość równą od 0,1 do 0,7 wartości reaktancji składowej zgodnej lub składowej przeciwnej i, można ją obliczyć w następujący sposób:

$$X_o = \frac{x_o\%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r}$$

gdzie $x_o\%$ jest typowym parametrem maszyny. Oprócz tego, na składową zerową wpływ może mieć sposób uziemienia, wprowadzając parametry R_G i X_G , które odpowiadają, odpowiednio, rezystancji uziemienia oraz reaktancji uziemienia generatora.

Jeśli punkt gwiazdowy generatora jest niedostępny lub też nie może zostać uziemiony, impedancja uziemienia wynosi ∞ .

Podsumowując, następujące wzory są wykorzystywane do obliczenia wartości impedancji sekwencji:

$$\begin{aligned} Z_d &= (R_a + j \cdot X_d'') \\ Z_i &= (R_a + j \cdot X_d'') \\ Z_o &= R_a + 3 \cdot R_G + j \cdot (X_o + 3 \cdot X_G) \end{aligned}$$

gdzie R_a jest rezystancją stojana, definiowaną jako $R_a = \frac{X_d''}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_a}$, a T_a jest stałą czasową stojana.

6 Obliczenia wartości prądu zwarcowego

Obciążenia

Jeśli obciążenie jest pasywne, impedancję należy uznać za nieskończoną. Jeśli obciążenie nie jest pasywne, co może mieć miejsce w przypadku silnika asynchronicznego, maszynę można przedstawić za pomocą impedancji Z_M dla sekwencji zgodnej i sekwencji przeciwnej oraz podanej przez producenta impedancji Z_{0M} dla sekwencji zerowej. Oprócz tego, jeśli silnik nie jest uziemiony, impedancja sekwencji zerowej będzie wynosiła ∞ .

Wobec powyższego:

$$Z_d = Z_i = Z_M = (R_M + j \cdot X_M)$$

dla impedancji Z_M równej:

$$Z_M = \frac{U_r^2}{I_{LR}} \cdot \frac{1}{S_r}$$

gdzie:

I_{LR} jest wartością prądu, kiedy wirnik zostaje zablokowany przez silnik

I_r jest prądem znamionowym silnika

$S_r = \frac{P_r}{(\eta \cdot \cos\varphi)}$ jest znamionową mocą pozorną silnika

Stosunek $\frac{R_M}{X_M}$ jest często wartością znaną; dla silników NN można przyjąć jego

wartość za równą 0,42, gdzie $X_M = \frac{Z_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_M}{X_M}\right)^2}}$, na podstawie czego można

wyliczyć wartość $X_M = 0,922 \cdot Z_M$.

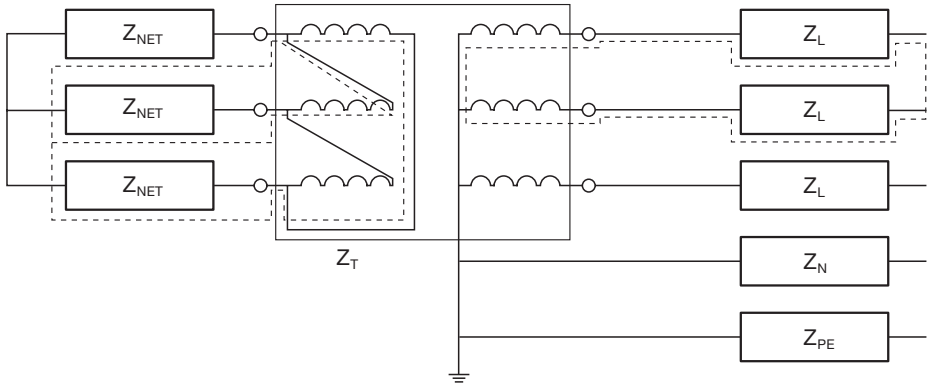
6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

6.5.5 Wzory do obliczeń prądów zakłóciennych w funkcji parametrów elektrycznych instalacji

W oparciu o tabelę 1 i podane wzory na impedancje składowych, wyrażone jako funkcje parametrów elektrycznych komponentów instalacji, można obliczyć wartości różnych prądów zwarciovych.

W przedstawionym poniżej przykładzie rozważono sieć z transformatorem SN/NN, z uzwojeniem pierwotnym połączonym w układzie trójkąta i uzwojeniem wtórnym z uziemionym punktem gwiazdowym. Założono zwarcie linia-linia, za przewodem linii rozdzielczej.

Rysunek 6



Stosując algebrę składowych:

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3} \cdot E_d}{(Z_d + Z_i)}$$

Impedancje dla analizowanej składowej zgodnej i składowej przeciwnej mają postać:

$$Z_d = Z_i = Z_{NET} + Z_T + Z_L$$

Uwzględniając, że $E_d = \frac{U_r}{\sqrt{3}}$, otrzymujemy:

$$I_{k2} = \frac{\sqrt{3} \cdot E_d}{(Z_d + Z_i)} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$$

gdzie:

U_r jest napięciem znamionowym po stronie NN,

Z_T jest impedancją transformatora,

Z_L jest impedancją przewodu fazowego,

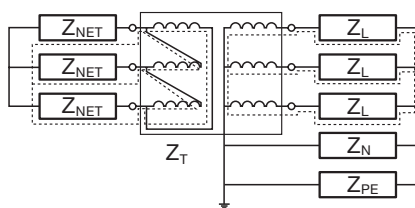
Z_{NET} jest impedancją sieci zasilającej.

Opierając się na poprzednim przykładzie można otrzymać tabelę 2 poniżej, w której zamieszczono wzory do obliczeń wartości prądów zwarciovych, w zależności od rodzaju zwarcia.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciovego

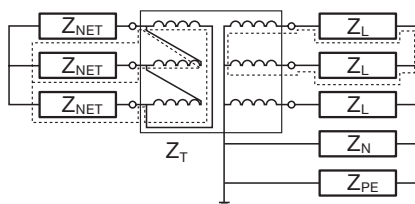
Tabela 2

Zwarcie
trójfazowe
 I_{k3}



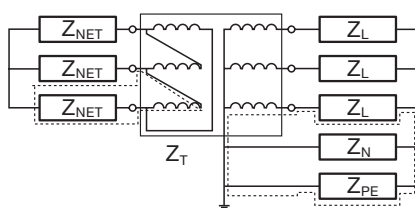
$$I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$$

Zwarcie
linia-linia
 I_{k2}



$$I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$$

Zwarcie
jednofazowe
 I_{k1} (linia-linia
lub linia-przewód
ochronny)



$$I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot Z_{NET} + Z_T + Z_L + Z_{PE} \right)}$$

$$I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot Z_{NET} + Z_T + Z_L + Z_N \right)}$$

Gdzie:

U_r jest napięciem znamionowym po stronie NN,

Z_T jest impedancją transformatora,

Z_L jest impedancją przewodu fazowego,

Z_{NET} jest impedancją sieci zasilającej,

Z_{PE} jest impedancją przewodu ochronnego (PE),

Z_N jest impedancją przewodu neutralnego.

6 Obliczenia wartości prądu zwarcowego

W tabeli 3 poniżej zebrano wzory opisujące prądy zakłócenia, uwzględniając określoną lub nieskończoną moc sieci zasilającej oraz odległość zwarcia od transformatora.

Tabela 3

| | Sieć zasilająca o określonej mocy | | Sieć zasilająca o nieskończonej mocy $Z_{NET} \rightarrow 0$ | |
|----------|---|--|--|--|
| | Daleko od transformatora | Blisko transformatora $Z_L \rightarrow 0, Z_{PE} (o Z_N) \rightarrow 0$ | Daleko od transformatora | Blisko transformatora $Z_L \rightarrow 0, Z_{PE} (o Z_N) \rightarrow 0$ |
| I_{k3} | $I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$ | $I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_{NET} + Z_T)}$ | $I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_L)}$ | $I_{k3} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T)}$ |
| I_{k2} | $I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_{NET} + Z_T + Z_L)}$ | $I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_{NET} + Z_T)}$ | $I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_T + Z_L)}$ | $I_{k2} = \frac{U_r}{2 \cdot (Z_T)}$ |
| | $I_{k2} < I_{k3}$ | $I_{k2} = 0.87 \cdot I_{k3}$ | $I_{k2} = 0.87 \cdot I_{k3}$ | $I_{k2} = 0.87 \cdot I_{k3}$ |
| I_{k1} | $I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot Z_{NET} + Z_T + Z_L + Z_{PE}\right)}$ | $I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot Z_{NET} + Z_T\right)}$ | $I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T + Z_L + Z_{PE})}$ | $I_{k1} = \frac{U_r}{\sqrt{3} \cdot (Z_T)}$ |
| | $I_{k1} > I_{k3}$ jeżeli $Z_{NET} > 3 \cdot Z_{PE}$ | $I_{k1} > I_{k3}$ | $I_{k1} \leq I_{k3}$ | $I_{k1} = I_{k3}$ |

6 Obliczenia wartości prądu zwarcowego

6.6 Obliczenia wartości szczytowej prądu zwarcowego

Efekty elektrodynamiczne prądów zwarcowych są szczególnie niebezpieczne dla osłon szyn zbiorczych. Mogą jednak również prowadzić do uszkodzeń przewodów.

Wartość prądu szczytowego jest szczególnie ważna w trakcie szacowania wartości prądu I_{cm} wyłącznika.

Wartość prądu I_{cm} (prąd znamionowy załączalny zwarcowy) jest powiązana z wartością prądu I_{cu} (prąd znamionowy wyłączalny zwarcowy graniczny), zgodnie z tabelą 16 normy IEC 60947-1. Opierając się na wartości prądu zwarcowego instalacji, musi być spełniona zależność $I_{cm} > I_{kp}$.

Prąd szczytowy instalacji można obliczyć, wykorzystując poniższy wzór (patrz norma IEC 60909-0):

$$I_{kp} = I_k'' \cdot \sqrt{2} \cdot \left(1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3 \cdot R}{X}} \right)$$

gdzie:

- I_k'' jest prądem zwarcowym (wartość skuteczna) w chwili początkowej zwarcia
- R jest składową rezystancyjną impedancji zwarcowej w miejscu zwarcia
- X jest składową reaktancyjną prądu zwarcowego w miejscu zwarcia.

Jeśli znana jest wartość współczynnika mocy, $\cos\varphi_k$, można napisać:

$$I_{kp} = I_k'' \cdot \sqrt{2} \cdot \left(1,02 + 0,98 \cdot e^{-\frac{3}{\tan\varphi_k}} \right)$$

6 Obliczenia wartości prądu zwarcioviego

6.7 Rozważania dotyczące wpływu zasilaczy UPS na natężenie prądu zwarcioviego

W przedstawionej poniżej analizie, szczególną uwagę poświęcono układom UPS z podwójnym przetwarzaniem (UPS on-line), należącym do kategorii VFI (niezależne napięcie i częstotliwość), w przypadku których napięcie wyjściowe jest niezależne od zmian napięcia sieci, a zmiany częstotliwości są kontrolowane przez urządzenie i pozostają w ustalonych granicach, zalecanych przez normy. Tego typu rozwiązania charakteryzują się następującymi zasadami pracy:

- w normalnych warunkach pracy, w obecności napięcia sieciowego, obciążenie jest zasilane przez samą sieć, poprzez zasilacz awaryjny UPS;
- w warunkach awaryjnych (zanik napięcia sieciowego), energia do obciążenia jest dostarczana przez akumulator i falownik („zasilanie wyspowe”, z zasilaczem awaryjnym UPS odłączonym od sieci);
- w przypadku chwilowego przetężenia wymaganego przez obciążenie (np. rozruch silnika), moc doprowadzana do obciążenia jest zapewniana przez sieć, poprzez statyczny łącznik, który wyłącza zasilacz UPS;
- w przypadku konserwacji, na przykład w związku z awarią zasilacza awaryjnego UPS, obciążenie jest zasilane z sieci poprzez ręczny łącznik obejściowy, rezygnując tymczasowo z zasilania awaryjnego.

W kwestii wymiarowania zabezpieczeń po stronie zasilania zasilacza UPS, należy znać parametry napięcia sieciowego oraz wartość prądu zwarcioviego. W celu doboru wielkości zabezpieczeń po stronie obciążenia, należy znać wartości prądów przepływających przez zasilacz UPS.

Jeśli zasilanie obciążenia jest zapewnione bezpośrednio z sieci, poprzez ręczny łącznik obejściowy, również wyłącznik po stronie obciążenia musi charakteryzować się wartością prądu wyłączalnego (I_{cu}), odpowiednią do prądu zwarcioviego po stronie sieci zasilającej.

Oprócz tego, jeśli jest to niezbędne, należy przeprowadzić analizę koordynacji zabezpieczeń w powiązaniu z warunkami pracy.

6 Obliczenia wartości prądu zwarcioviego

W celu dokonania wyboru odpowiednich zabezpieczeń, jest bardzo ważne, aby rozróżnić dwa tryby pracy zasilacza UPS:

1) Zasilacz UPS pracujący w normalnych warunkach

a) Stan przeciążenia:

- jeśli jest skutkiem uszkodzenia akumulatora, taki stan wpływa tylko na wyłącznik po stronie zasilania zasilacza UPS (istnieje również prawdopodobieństwo zadziałania zabezpieczenia wewnątrz akumulatora);
- jeśli jest to wymagane przez obciążenie, taki stan może nie być wytrzymywany przez zasilacz UPS, który zostanie ominięty przez statyczny łącznik obejściowy.

b) Stan zwarcia:

Prąd zwarcioviy jest ograniczany przez wielkość wybranych tyrystorów falownika mostkowego. W praktyce, zasilacz UPS może dostarczyć prąd zwarcioviy o natężeniu równym 150-200% wartości znamionowej. W przypadku zwarcia, falownik dostarcza maksymalny prąd zwarcioviy przez ograniczony czas (kilkaset milisekund), a następnie przelącza się na sieć, tak że energia do obciążenia jest dostarczana przez układ obejściowy.

W takim przypadku selektywność pomiędzy wyłącznikiem po stronie zasilania i wyłącznikiem po stronie obciążenia jest bardzo ważna, tak aby odłączyć tylko to obciążenie, w którym doszło do uszkodzenia.

Obwód obejściowy, który jest również nazywany łącznikiem statycznym, składa się z tyrystorów zabezpieczonych przez niezwykle szybkie bezpieczniki. Może on zasilać obciążenie prądem o większym natężeniu, niż falownik. Prąd ten jest ograniczony przez wielkość zastosowanych tyrystorów, zainstalowaną moc i zapewnione zabezpieczenia.

Tyrystory obwodu obejściowego są dobierane zazwyczaj tak, aby wytrzymać następujące warunki przeciążenia:

| | |
|-------|--------------|
| 125% | przez 600 s |
| 150% | przez 60 s |
| 700% | przez 600 ms |
| 1000% | przez 100 ms |

Bardziej szczegółowe informacje można znaleźć w dokumentacji technicznej danego producenta.

6 Obliczenia wartości prądu zwarciego

2) Zasilacz UPS pracujący w warunkach awaryjnych

a) Stan przeciążenia:

stan ten, obejmujący tylko wyłącznik po stronie obciążenia, jest wytrzymywany przez akumulator z falownikiem, który charakteryzuje się zazwyczaj następującymi parametrami przeciążeniowymi:

$1,15 \times I_n$ przez nieograniczony czas

$1,25 \times I_n$ przez 600 s

$1,5 \times I_n$ przez 60 s

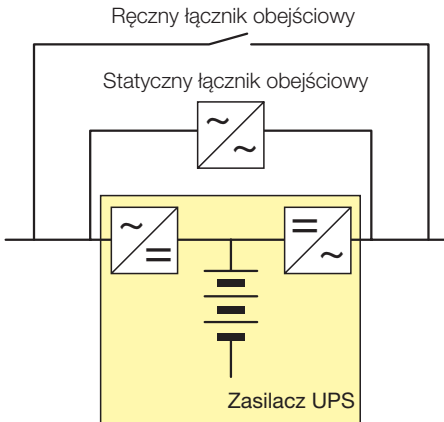
$2 \times I_n$ przez 1 s

Bardziej szczegółowe informacje można znaleźć w dokumentacji technicznej danego producenta.

b) Stan zwarcia:

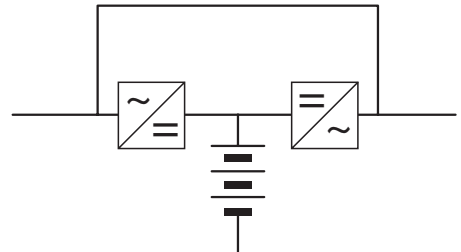
maksymalna wartość prądu płynącego do obciążenia jest ograniczona tylko przez obwód falownika (od 150 do 200% wartości nominalnej). Falownik zasila zwarcie przez pewien czas, zazwyczaj ograniczony do kilku milisekund, po którym moduł UPS odłącza obciążenie i pozostawia je bez zasilania. W takim trybie pracy należy zapewnić selektywność pomiędzy wyłącznikiem po stronie obciążenia i falownikiem, co jest dosyć trudne, ze względu na skrócone czasy zadziałania zabezpieczenia falownika.

Rysunek 7



UPS on-line z łącznikiem statycznym

Rysunek 8



UPS wyłączony: obciążenia zasilane bezpośrednio z sieci

Załącznik A: Obliczanie prądu obciążenia I_b

Obciążenie zastępcze

Wzór do obliczenia prądu obciążenia, dla obciążenia zastępczego, ma następującą postać:

$$I_b = \frac{P}{k \cdot U_r \cdot \cos\varphi}$$

gdzie:

- P jest mocą czynną [W];
- k jest współczynnikiem o wartości:
 - 1 dla instalacji jednofazowych lub prądu stałego;
 - $\sqrt{3}$ w przypadku instalacji trójfazowych;
- U_r jest napięciem znamionowym [V] (w przypadku instalacji trójfazowych, jest to napięcie linii; w przypadku instalacji jednofazowych, jest to napięcie fazowe);
- $\cos\varphi$ jest współczynnikiem mocy.

Tabela 1 umożliwia określenie prądu obciążenia dla niektórych wartości mocy, w zależności od napięcia znamionowego. Dane w tabeli obliczono przy założeniu, że wartość $\cos\varphi$ wynosi 0,9. Dla innych wartości współczynnika mocy, wartości z tabeli 1 należy pomnożyć przez współczynnik podany w tabeli 2, wybrany dla odpowiedniej wartości współczynnika mocy ($\cos\varphi_{act}$).

Tabela 1: Prąd obciążenia instalacji trójfazowej o $\cos\varphi = 0,9$

| | U_r [V] | | | | | | |
|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 230 | 400 | 415 | 440 | 500 | 600 | 690 |
| P [kW] | I_b [A] | | | | | | |
| 0,03 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,03 |
| 0,04 | 0,11 | 0,06 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| 0,06 | 0,17 | 0,10 | 0,09 | 0,09 | 0,08 | 0,06 | 0,06 |
| 0,1 | 0,28 | 0,16 | 0,15 | 0,15 | 0,13 | 0,11 | 0,09 |
| 0,2 | 0,56 | 0,32 | 0,31 | 0,29 | 0,26 | 0,21 | 0,19 |
| 0,5 | 1,39 | 0,80 | 0,77 | 0,73 | 0,64 | 0,53 | 0,46 |
| 1 | 2,79 | 1,60 | 1,55 | 1,46 | 1,28 | 1,07 | 0,93 |
| 2 | 5,58 | 3,21 | 3,09 | 2,92 | 2,57 | 2,14 | 1,86 |
| 5 | 13,95 | 8,02 | 7,73 | 7,29 | 6,42 | 5,35 | 4,65 |
| 10 | 27,89 | 16,04 | 15,46 | 14,58 | 12,83 | 10,69 | 9,30 |
| 20 | 55,78 | 32,08 | 30,92 | 29,16 | 25,66 | 21,38 | 18,59 |
| 30 | 83,67 | 48,11 | 46,37 | 43,74 | 38,49 | 32,08 | 27,89 |
| 40 | 111,57 | 64,15 | 61,83 | 58,32 | 51,32 | 42,77 | 37,19 |
| 50 | 139,46 | 80,19 | 77,29 | 72,90 | 64,15 | 53,46 | 46,49 |
| 60 | 167,35 | 96,23 | 92,75 | 87,48 | 76,98 | 64,15 | 55,78 |
| 70 | 195,24 | 112,26 | 108,20 | 102,06 | 89,81 | 74,84 | 65,08 |
| 80 | 223,13 | 128,30 | 123,66 | 116,64 | 102,64 | 85,53 | 74,38 |
| 90 | 251,02 | 144,34 | 139,12 | 131,22 | 115,47 | 96,23 | 83,67 |
| 100 | 278,91 | 160,38 | 154,58 | 145,80 | 128,30 | 106,92 | 92,97 |
| 110 | 306,80 | 176,41 | 170,04 | 160,38 | 141,13 | 117,61 | 102,27 |
| 120 | 334,70 | 192,45 | 185,49 | 174,95 | 153,96 | 128,30 | 111,57 |
| 130 | 362,59 | 208,49 | 200,95 | 189,53 | 166,79 | 138,99 | 120,86 |
| 140 | 390,48 | 224,53 | 216,41 | 204,11 | 179,62 | 149,68 | 130,16 |
| 150 | 418,37 | 240,56 | 231,87 | 218,69 | 192,45 | 160,38 | 139,46 |
| 200 | 557,83 | 320,75 | 309,16 | 291,59 | 256,60 | 213,83 | 185,94 |

Załącznik A: Obliczanie prądu obciążenia I_b

| P [kW] | U_r [V] | | | | | | |
|--------|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | 230 | 400 | 415 | 440 | 500 | 600 | 690 |
| | I_b [A] | | | | | | |
| 250 | 697,28 | 400,94 | 386,45 | 364,49 | 320,75 | 267,29 | 232,43 |
| 300 | 836,74 | 481,13 | 463,74 | 437,39 | 384,90 | 320,75 | 278,91 |
| 350 | 976,20 | 561,31 | 541,02 | 510,28 | 449,05 | 374,21 | 325,40 |
| 400 | 1115,65 | 641,50 | 618,31 | 583,18 | 513,20 | 427,67 | 371,88 |
| 450 | 1255,11 | 721,69 | 695,60 | 656,08 | 577,35 | 481,13 | 418,37 |
| 500 | 1394,57 | 801,88 | 772,89 | 728,98 | 641,50 | 534,58 | 464,86 |
| 550 | 1534,02 | 882,06 | 850,18 | 801,88 | 705,65 | 588,04 | 511,34 |
| 600 | 1673,48 | 962,25 | 927,47 | 874,77 | 769,80 | 641,50 | 557,83 |
| 650 | 1812,94 | 1042,44 | 1004,76 | 947,67 | 833,95 | 694,96 | 604,31 |
| 700 | 1952,39 | 1122,63 | 1082,05 | 1020,57 | 898,10 | 748,42 | 650,80 |
| 750 | 2091,85 | 1202,81 | 1159,34 | 1093,47 | 962,25 | 801,88 | 697,28 |
| 800 | 2231,31 | 1283,00 | 1236,63 | 1166,36 | 1026,40 | 855,33 | 743,77 |
| 850 | 2370,76 | 1363,19 | 1313,92 | 1239,26 | 1090,55 | 908,79 | 790,25 |
| 900 | 2510,22 | 1443,38 | 1391,21 | 1312,16 | 1154,70 | 962,25 | 836,74 |
| 950 | 2649,68 | 1523,56 | 1468,49 | 1385,06 | 1218,85 | 1015,71 | 883,23 |
| 1000 | 2789,13 | 1603,75 | 1545,78 | 1457,96 | 1283,00 | 1069,17 | 929,71 |

Tabela 2: Współczynniki korekcyjne dla prądu obciążenia, dla wartości współczynnika mocy $\cos\varphi$ różnych od 0,9

| $\cos\varphi_{act}$ | 1 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 |
|---------------------|-----|-------|-----|-------|-------|------|-------|
| $k_{\cos\varphi}$ | 0,9 | 0,947 | 1 | 1,059 | 1,125 | 1,2 | 1,286 |

Dla wartości $\cos\varphi_{act}$ których nie ma w tabeli, należy skorzystać ze wzoru: $k_{\cos\varphi} = \frac{0,9}{\cos\varphi_{act}}$

Tabela 3 umożliwia określenie prądu obciążenia dla niektórych wartości mocy, w zależności od napięcia znamionowego. Dane w tabeli obliczono przy założeniu, że wartość $\cos\varphi$ wynosi 1. Dla innych wartości współczynnika mocy, wartości z tabeli 3 należy pomnożyć przez współczynnik podany w tabeli 4, wybrany dla odpowiedniej wartości współczynnika mocy ($\cos\varphi_{act}$).

Tabela 3: Prąd obciążenia instalacji jednofazowej o $\cos\varphi = 1$ lub instalacji stałoprądowej

| P [kW] | U_r [V] | | | | | | |
|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 230 | 400 | 415 | 440 | 500 | 600 | 690 |
| | I_b [A] | | | | | | |
| 0,03 | 0,13 | 0,08 | 0,07 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,04 |
| 0,04 | 0,17 | 0,10 | 0,10 | 0,09 | 0,08 | 0,07 | 0,06 |
| 0,06 | 0,26 | 0,15 | 0,14 | 0,14 | 0,12 | 0,10 | 0,09 |
| 0,1 | 0,43 | 0,25 | 0,24 | 0,23 | 0,20 | 0,17 | 0,14 |
| 0,2 | 0,87 | 0,50 | 0,48 | 0,45 | 0,40 | 0,33 | 0,29 |
| 0,5 | 2,17 | 1,25 | 1,20 | 1,14 | 1,00 | 0,83 | 0,72 |
| 1 | 4,35 | 2,50 | 2,41 | 2,27 | 2,00 | 1,67 | 1,45 |
| 2 | 8,70 | 5,00 | 4,82 | 4,55 | 4,00 | 3,33 | 2,90 |
| 5 | 21,74 | 12,50 | 12,05 | 11,36 | 10,00 | 8,33 | 7,25 |
| 10 | 43,48 | 25,00 | 24,10 | 22,73 | 20,00 | 16,67 | 14,49 |
| 20 | 86,96 | 50,00 | 48,19 | 45,45 | 40,00 | 33,33 | 28,99 |

Załącznik A: Obliczanie prądu obciążenia I_b

| P [kW] | U _n [V] | | | | | | |
|--------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 230 | 400 | 415 | 440 | 500 | 600 | 690 |
| | I _b [A] | | | | | | |
| 30 | 130,43 | 75,00 | 72,29 | 68,18 | 60,00 | 50,00 | 43,48 |
| 40 | 173,91 | 100,00 | 96,39 | 90,91 | 80,00 | 66,67 | 57,97 |
| 50 | 217,39 | 125,00 | 120,48 | 113,64 | 100,00 | 83,33 | 72,46 |
| 60 | 260,87 | 150,00 | 144,58 | 136,36 | 120,00 | 100,00 | 86,96 |
| 70 | 304,35 | 175,00 | 168,67 | 159,09 | 140,00 | 116,67 | 101,45 |
| 80 | 347,83 | 200,00 | 192,77 | 181,82 | 160,00 | 133,33 | 115,94 |
| 90 | 391,30 | 225,00 | 216,87 | 204,55 | 180,00 | 150,00 | 130,43 |
| 100 | 434,78 | 250,00 | 240,96 | 227,27 | 200,00 | 166,67 | 144,93 |
| 110 | 478,26 | 275,00 | 265,06 | 250,00 | 220,00 | 183,33 | 159,42 |
| 120 | 521,74 | 300,00 | 289,16 | 272,73 | 240,00 | 200,00 | 173,91 |
| 130 | 565,22 | 325,00 | 313,25 | 295,45 | 260,00 | 216,67 | 188,41 |
| 140 | 608,70 | 350,00 | 337,35 | 318,18 | 280,00 | 233,33 | 202,90 |
| 150 | 652,17 | 375,00 | 361,45 | 340,91 | 300,00 | 250,00 | 217,39 |
| 200 | 869,57 | 500,00 | 481,93 | 454,55 | 400,00 | 333,33 | 289,86 |
| 250 | 1086,96 | 625,00 | 602,41 | 568,18 | 500,00 | 416,67 | 362,32 |
| 300 | 1304,35 | 750,00 | 722,89 | 681,82 | 600,00 | 500,00 | 434,78 |
| 350 | 1521,74 | 875,00 | 843,37 | 795,45 | 700,00 | 583,33 | 507,25 |
| 400 | 1739,13 | 1000,00 | 963,86 | 909,09 | 800,00 | 666,67 | 579,71 |
| 450 | 1956,52 | 1125,00 | 1084,34 | 1022,73 | 900,00 | 750,00 | 652,17 |
| 500 | 2173,91 | 1250,00 | 1204,82 | 1136,36 | 1000,00 | 833,33 | 724,64 |
| 550 | 2391,30 | 1375,00 | 1325,30 | 1250,00 | 1100,00 | 916,67 | 797,10 |
| 600 | 2608,70 | 1500,00 | 1445,78 | 1363,64 | 1200,00 | 1000,00 | 869,57 |
| 650 | 2826,09 | 1625,00 | 1566,27 | 1477,27 | 1300,00 | 1083,33 | 942,03 |
| 700 | 3043,48 | 1750,00 | 1686,75 | 1590,91 | 1400,00 | 1166,67 | 1014,49 |
| 750 | 3260,87 | 1875,00 | 1807,23 | 1704,55 | 1500,00 | 1250,00 | 1086,96 |
| 800 | 3478,26 | 2000,00 | 1927,71 | 1818,18 | 1600,00 | 1333,33 | 1159,42 |
| 850 | 3695,65 | 2125,00 | 2048,19 | 1931,82 | 1700,00 | 1416,67 | 1231,88 |
| 900 | 3913,04 | 2250,00 | 2168,67 | 2045,45 | 1800,00 | 1500,00 | 1304,35 |
| 950 | 4130,43 | 2375,00 | 2289,16 | 2159,09 | 1900,00 | 1583,33 | 1376,81 |
| 1000 | 4347,83 | 2500,00 | 2409,64 | 2272,73 | 2000,00 | 1666,67 | 1449,28 |

Tabela 4: Współczynniki korekcyjne dla prądu obciążenia, dla wartości współczynnika mocy cos φ różnych od 1

| cos φ _{act} | 1 | 0,95 | 0,9 | 0,85 | 0,8 | 0,75 | 0,7 |
|----------------------|---|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| k _{cosφ} | 1 | 1,053 | 1,111 | 1,176 | 1,25 | 1,333 | 1,429 |

† Dla wartości cos φ_{act} których nie ma w tabeli, należy skorzystać ze wzoru:

$$k_{\cos\varphi} = \frac{1}{\cos\varphi_{act}}$$

Obwody oświetleniowe

Prąd pobierany przez instalację oświetleniową można określić na podstawie katalogu wyposażenia oświetleniowego lub obliczyć, w przybliżeniu, na podstawie następującego wzoru:

$$I_b = \frac{P_L n_L k_B k_N}{U_{rL} \cos \varphi}$$

gdzie:

- P_L jest mocą lampy [W];
- n_L stanowi liczbę równoległych lamp na fazę;
- k_B jest współczynnikiem o wartości:
 - 1 dla lamp, które nie potrzebują pomocniczego startera;
 - 1,25 dla lamp wymagających pomocniczego startera;
- k_N jest współczynnikiem o wartości:
 - 1 dla lamp podłączonych w układzie gwiazdy;
 - √3 dla lamp podłączonych w układzie trójkąta;
- U_{rL} jest napięciem znamionowym lamp;
- cos φ jest współczynnikiem mocy lamp, wynoszącym:
 - 0,4 dla lamp bez poprawy współczynnika mocy;
 - 0,9 dla lamp z poprawą współczynnika mocy;

Załącznik A: Obliczanie prądu obciążenia I_b Silniki

W tabeli 5 podano przybliżone wartości prądu obciążenia, dla niektórych trójfazowych silników klatkowych, 1500 obr./min., 50 Hz, w funkcji ich napięcia znamionowego.

Uwaga: Wartości te są podawane jedynie w celach informacyjnych i mogą różnić się, w zależności od producenta silnika oraz liczby biegunów.

Tabela 5: Prąd obciążenia silnika

| Moc silnika | | Prąd znamionowy silnika dla: | | | | | | | | |
|-------------|---------|------------------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------|--|
| [kW] | KM = hp | 220-230 V [A] | 240 V [A] | 380-400 V [A] | 415 V [A] | 440 V [A] | 500 V [A] | 600 V [A] | 660-690 V [A] | |
| 0,06 | 1/12 | 0,38 | 0,35 | 0,22 | 0,20 | 0,19 | 0,16 | 0,12 | - | |
| 0,09 | 1/8 | 0,55 | 0,50 | 0,33 | 0,30 | 0,28 | 0,24 | 0,21 | - | |
| 0,12 | 1/6 | 0,76 | 0,68 | 0,42 | 0,40 | 0,37 | 0,33 | 0,27 | - | |
| 0,18 | 1/4 | 1,1 | 1 | 0,64 | 0,60 | 0,55 | 0,46 | 0,40 | - | |
| 0,25 | 1/3 | 1,4 | 1,38 | 0,88 | 0,85 | 0,76 | 0,59 | 0,56 | - | |
| 0,37 | 1/2 | 2,1 | 1,93 | 1,22 | 1,15 | 1,06 | 0,85 | 0,77 | 0,7 | |
| 0,55 | 3/4 | 2,7 | 2,3 | 1,5 | 1,40 | 1,25 | 1,20 | 1,02 | 0,9 | |
| 0,75 | 1 | 3,3 | 3,1 | 2 | 2 | 1,67 | 1,48 | 1,22 | 1,1 | |
| 1,1 | 1,5 | 4,9 | 4,1 | 2,6 | 2,5 | 2,26 | 2,1 | 1,66 | 1,5 | |
| 1,5 | 2 | 6,2 | 5,6 | 3,5 | 3,5 | 3,03 | 2,6 | 2,22 | 2 | |
| 2,2 | 3 | 8,7 | 7,9 | 5 | 5 | 4,31 | 3,8 | 3,16 | 2,9 | |
| 2,5 | 3,4 | 9,8 | 8,9 | 5,7 | 5,5 | 4,9 | 4,3 | 3,59 | 3,3 | |
| 3 | 4 | 11,6 | 10,6 | 6,6 | 6,5 | 5,8 | 5,1 | 4,25 | 3,5 | |
| 3,7 | 5 | 14,2 | 13 | 8,2 | 7,5 | 7,1 | 6,2 | 5,2 | 4,4 | |
| 4 | 5,5 | 15,3 | 14 | 8,5 | 8,4 | 7,6 | 6,5 | 5,6 | 4,9 | |
| 5 | 6,8 | 18,9 | 17,2 | 10,5 | 10 | 9,4 | 8,1 | 6,9 | 6 | |
| 5,5 | 7,5 | 20,6 | 18,9 | 11,5 | 11 | 10,3 | 8,9 | 7,5 | 6,7 | |
| 6,5 | 8,8 | 23,7 | 21,8 | 13,8 | 12,5 | 12 | 10,4 | 8,7 | 8,1 | |
| 7,5 | 10 | 27,4 | 24,8 | 15,5 | 14 | 13,5 | 11,9 | 9,9 | 9 | |
| 8 | 11 | 28,8 | 26,4 | 16,7 | 15,4 | 14,4 | 12,7 | 10,6 | 9,7 | |
| 9 | 12,5 | 32 | 29,3 | 18,3 | 17 | 15,8 | 13,9 | 11,6 | 10,6 | |
| 11 | 15 | 39,2 | 35,3 | 22 | 21 | 19,3 | 16,7 | 14,1 | 13 | |
| 12,5 | 17 | 43,8 | 40,2 | 25 | 23 | 21,9 | 19 | 16,1 | 15 | |
| 15 | 20 | 52,6 | 48,2 | 30 | 28 | 26,3 | 22,5 | 19,3 | 17,5 | |
| 18,5 | 25 | 64,9 | 58,7 | 37 | 35 | 32 | 28,5 | 23,5 | 21 | |
| 20 | 27 | 69,3 | 63,4 | 40 | 37 | 34,6 | 30,6 | 25,4 | 23 | |
| 22 | 30 | 75,2 | 68 | 44 | 40 | 37,1 | 33 | 27,2 | 25 | |
| 25 | 34 | 84,4 | 77,2 | 50 | 47 | 42,1 | 38 | 30,9 | 28 | |
| 30 | 40 | 101 | 92,7 | 60 | 55 | 50,1 | 44 | 37,1 | 33 | |
| 37 | 50 | 124 | 114 | 72 | 66 | 61,9 | 54 | 45,4 | 42 | |
| 40 | 54 | 134 | 123 | 79 | 72 | 67 | 60 | 49,1 | 44 | |
| 45 | 60 | 150 | 136 | 85 | 80 | 73,9 | 64,5 | 54,2 | 49 | |
| 51 | 70 | 168 | 154 | 97 | 90 | 83,8 | 73,7 | 61,4 | 56 | |
| 55 | 75 | 181 | 166 | 105 | 96 | 90,3 | 79 | 66,2 | 60 | |
| 59 | 80 | 194 | 178 | 112 | 105 | 96,9 | 85,3 | 71,1 | 66 | |
| 75 | 100 | 245 | 226 | 140 | 135 | 123 | 106 | 90,3 | 82 | |
| 80 | 110 | 260 | 241 | 147 | 138 | 131 | 112 | 96,3 | 86 | |
| 90 | 125 | 292 | 268 | 170 | 165 | 146 | 128 | 107 | 98 | |
| 100 | 136 | 325 | 297 | 188 | 182 | 162 | 143 | 119 | 107 | |
| 110 | 150 | 358 | 327 | 205 | 200 | 178 | 156 | 131 | 118 | |
| 129 | 175 | 420 | 384 | 242 | 230 | 209 | 184 | 153 | 135 | |
| 132 | 180 | 425 | 393 | 245 | 242 | 214 | 186 | 157 | 140 | |
| 140 | 190 | 449 | 416 | 260 | 250 | 227 | 200 | 167 | 145 | |
| 147 | 200 | 472 | 432 | 273 | 260 | 236 | 207 | 173 | 152 | |
| 160 | 220 | 502 | 471 | 295 | 280 | 256 | 220 | 188 | 170 | |
| 180 | 245 | 578 | 530 | 333 | 320 | 289 | 254 | 212 | 190 | |
| 184 | 250 | 590 | 541 | 340 | 325 | 295 | 259 | 217 | 200 | |
| 200 | 270 | 626 | 589 | 370 | 340 | 321 | 278 | 235 | 215 | |
| 220 | 300 | 700 | 647 | 408 | 385 | 353 | 310 | 260 | 235 | |
| 250 | 340 | 803 | 736 | 460 | 425 | 401 | 353 | 295 | 268 | |
| 257 | 350 | 826 | 756 | 475 | 450 | 412 | 363 | 302 | 280 | |
| 295 | 400 | 948 | 868 | 546 | 500 | 473 | 416 | 348 | 320 | |
| 315 | 430 | 990 | 927 | 580 | 535 | 505 | 445 | 370 | 337 | |
| 355 | 480 | 1080 | 1010 | 636 | 580 | 549 | 483 | 405 | 366 | |
| 400 | 545 | 1250 | 1130 | 710 | 650 | 611 | 538 | 450 | 410 | |
| 450 | 610 | 1410 | 1270 | 800 | 740 | 688 | 608 | 508 | 460 | |
| 475 | 645 | 1490 | 1340 | 850 | 780 | 730 | 645 | 540 | 485 | |
| 500 | 680 | 1570 | 1420 | 890 | 830 | 770 | 680 | 565 | 510 | |
| 560 | 760 | 1750 | 1580 | 1000 | 920 | 860 | 760 | 630 | 570 | |
| 600 | 810 | - | - | 1080 | 990 | 920 | 810 | 680 | 610 | |
| 670 | 910 | - | - | 1200 | 1100 | 1030 | 910 | 760 | 680 | |

Załącznik B: Harmoniczne

Co to jest?

Harmoniczne umożliwiają przedstawienie dowolnego przebiegu okresowego. Zgodnie z twierdzeniem Fouriera, dowolny przebieg okresowy, o okresie T , może zostać przedstawione za pomocą sumy:

- przebiegów sinusoidalnych, o takim samym okresie T ;
 - przebiegów sinusoidalnych o częstotliwościach stanowiących całkowitą wielokrotność częstotliwości podstawowej;
 - składowej stałej, jeśli funkcja posiada różną od zera wartość średnią za okres.
- Harmoniczna o częstotliwości odpowiadającej okresowi oryginalnego przebiegu jest nazywana podstawową, a harmoniczna o częstotliwości stanowiącej n -krotność częstotliwości podstawowej jest nazywana składową harmoniczną n -tego rzędu.

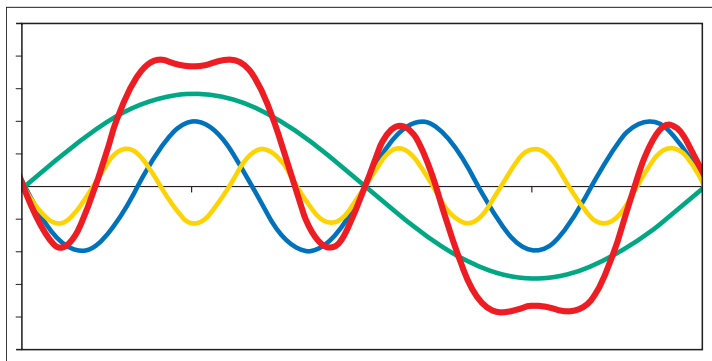
Idealny przebieg sinusoidalny, zgodnie z twierdzeniem Fouriera, nie zawiera składowych harmonicznymi wyższych, niż rzędu pierwszego.

Wobec powyższego jest zrozumiałe, że w instalacji elektrycznej, w której przebiegi napięcia i prądu mają kształt sinusoidalny, nie występują wyższe harmoniczne. Przeciwnie, obecność wyższych harmonicznymi w instalacji elektrycznej stanowi informację o zniekształceniu przebiegów napięcia i prądu, i oznacza taki rozdział energii elektrycznej, że może to prowadzić do niesprawności urządzeń i do zadziałania zabezpieczeń.

Podsumowując, wyższe harmoniczne nie są niczym innym, tylko składowymi zniekształconego przebiegu. Ich wykorzystanie umożliwia analizę dowolnego, okresowego przebiegu niesinusoidalnego, w oparciu o różne składowe sinusoidalne.

Na rysunku 1 poniżej przedstawiono graficznie opisaną koncepcję.

Rysunek 1



Opis:

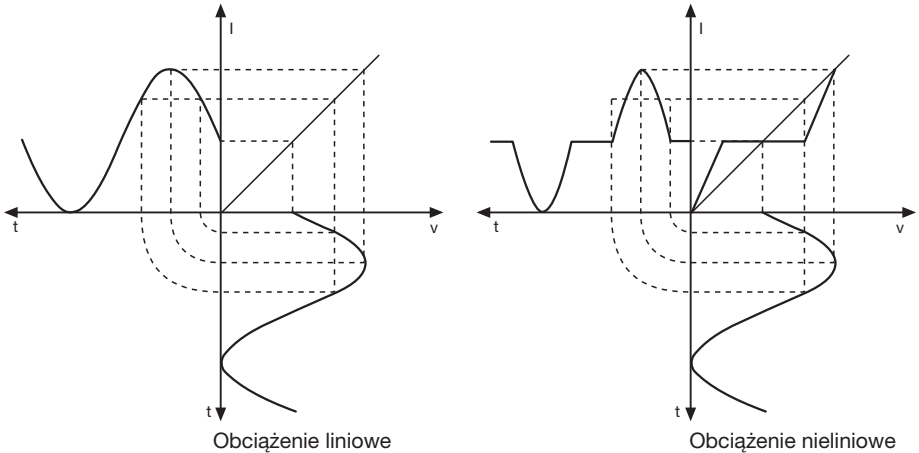
- przebieg niesinusoidalny
- pierwsza harmoniczna (podstawowa)
- trzecia harmoniczna
- piąta harmoniczna

Załącznik B: Harmoniczne

W jaki sposób powstają wyższe harmoniczne?

Wyższe harmoniczne są wytwarzane przez nieliniowe obciążenia. Po przyłożeniu napięcia sinusoidalnego do takiego obciążenia, uzyskuje się niesinusoidalny przebieg prądu. Na rysunku 2 przedstawiono przykład niesinusoidalnego przebiegu prądu, wywołany przez nieliniowe obciążenie:

Rysunek 2



Jak napisano to już wcześniej, przebieg niesinusoidalny można rozłożyć na szereg przebiegów harmonicznnych. Jeśli impedancje sieci mają małą wartość, zniekształcenia napięcia, wynikające ze zniekształceń przebiegu prądu, będą niewielkie i bardzo rzadko powyżej poziomu zakłóceń występujących już w sieci zasilającej. W rezultacie, napięcie może zachować praktycznie kształt sinusoidalny, również w przypadku pojawienia się wyższych harmonicznnych prądu.

W celu zapewnienia prawidłowej pracy, wiele urządzeń elektrycznych wymaga określonego przebiegu prądu i , wobec tego, muszą one „uciąć” przebieg sinusoidalny, w celu zmiany jego wartości skutecznej lub też w celu otrzymania wartości stałej z wartości przemiennej. W takich przypadkach przebieg prądu linii będzie miał kształt niesinusoidalny.

Urządzeniami najczęściej wytwarzającymi wyższe harmoniczne są:

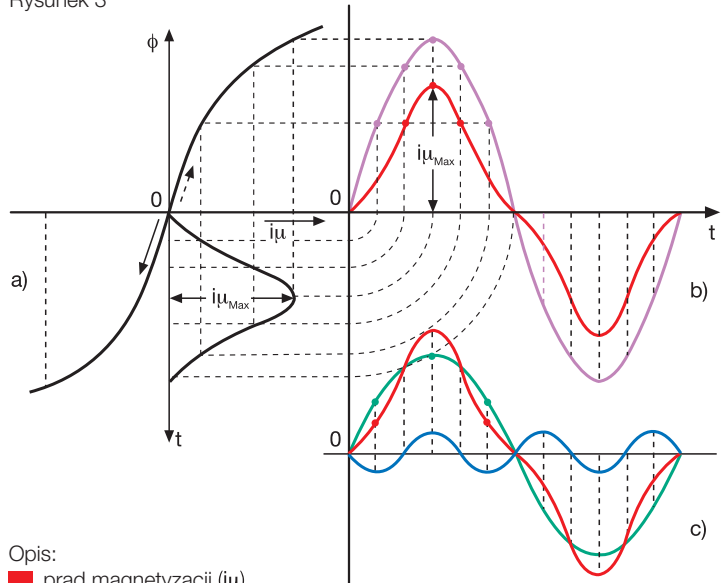
- komputery PC
- lampy fluorescencyjne
- statyczne przetworniki
- systemy zasilania awaryjnego
- napędy o regulowanej prędkości
- urządzenia spawalnicze.

Ogólnie, zniekształcenia przebiegów wynikają z obecności wewnątrz tych urządzeń mostków prostowniczych, których elementy półprzewodnikowe przewodzą prąd tylko przez ułamek całego okresu, prowadząc do powstawania nieciągłych przebiegów i , w rezultacie, prowadząc do powstawania szeregu wyższych harmonicznnych.

Załącznik B: Harmoniczne

Również transformatory mogą wprowadzać wyższe harmoniczne. Przyłożenie idealnie sinusoidalnego przebiegu napięcia do transformatora powoduje powstanie sinusoidalnego strumienia magnetyzacji. Ze względu jednak na zjawisko magnetycznego nasycenia rdzenia, prąd magnetyzacji nie będzie sinusoidalny. Na rysunku 3 poniżej przedstawiono graficznie to zjawisko.

Rysunek 3



Opis:

- prąd magnetyzacji (i_μ)
- pierwsza harmoniczna prądu (podstawowa)
- trzecia harmoniczna prądu
- strumień zmieniający się w czasie: $\phi = \phi_{\text{max}} \sin \omega t$

Przebieg wyjściowy prądu magnetyzacji zawiera szereg wyższych harmonicznych, z których największą amplitudę ma trzecia harmoniczna. Należy pamiętać jednak o tym, że prąd magnetyzacji stanowi zazwyczaj niewielki procent prądu znamionowego transformatora i wpływ zniekształceń staje się tym bardziej pomijalny, im bardziej obciążony jest transformator.

Skutki

Najważniejszymi problemami powodowanymi przez wyższe harmoniczne prądu są:

- 1) przeciążenia przewodów neutralnych;
- 2) wzrost strat w transformatorach;
- 3) zwiększone zjawisko naskórkowości.

Najważniejszymi problemami powodowanymi przez wyższe harmoniczne napięcia są:

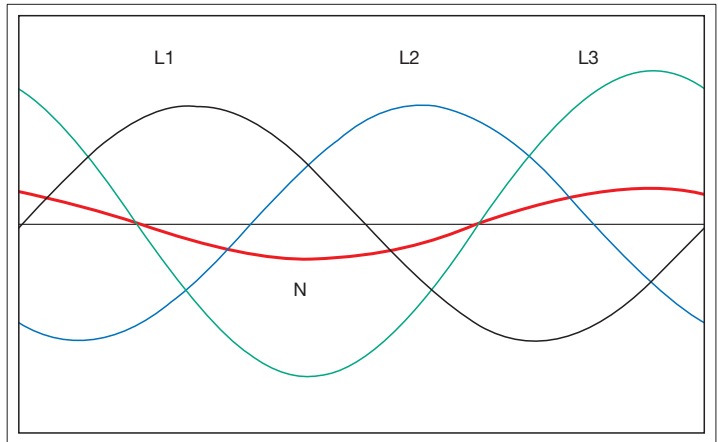
- 4) zniekształcenia przebiegów napięcia;
- 5) zakłócenia momentu silników indukcyjnych.

Załącznik B: Harmoniczne

1) Przeciążenia przewodów neutralnych

W symetrycznej i zrównoważonej instalacji trójfazowej z przewodem neutralnym, przebiegi faz są przesunięte względem siebie o kąt fazowy 120° , tak aby każda z faz była jednakowo obciążona, a prąd przewodu neutralnego wynosił zero. Obecność niezrównoważonych obciążeń (faza-faza, faza-przewód neutralny, itd...) powoduje przepływ prądu niezrównoważenia w przewodzie neutralnym.

Rysunek 4



Na rysunku 4 przedstawiono niezrównoważony układ prądów (faza 3 z obciążeniem o 30% większym od dwóch pozostałych). Prąd płynący w przewodzie neutralnym podkreślono na czerwono. W takich warunkach norma dopuszcza przyjęcie mniejszego przekroju przewodu neutralnego, niż przewodów fazowych.

W przypadku obecności obciążeń zniekształcających, należy prawidłowo oszacować wpływ wyższych harmonicznych.

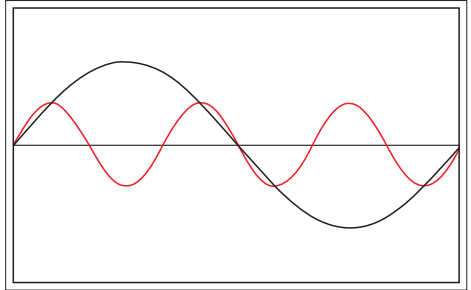
Choć prądy harmonicznej podstawowej znoszą się wzajemnie w trzech fazach, składowe trzeciej harmonicznej, o okresie równym jednej trzeciej okresu składowej podstawowej, co odpowiada przesunięciu fazowemu pomiędzy fazami (patrz rysunek 5), są wzajemnie w fazie i, w rezultacie, sumują się w przewodzie neutralnym, dodając się do normalnych prądów niezrównoważenia.

Tak samo dzieje się dla kolejnych potrójnych harmonicznych (parzystych i nieparzystych, choć nieparzyste występując części).

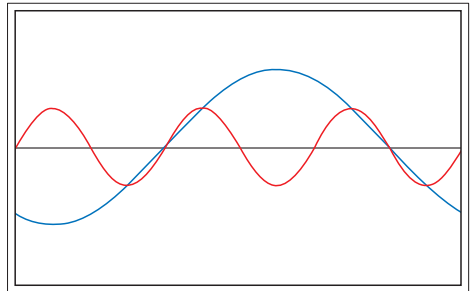
Załącznik B: Harmoniczne

Rysunek 5

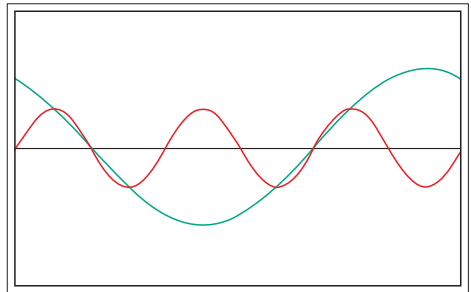
Faza 1:
harmoniczna podstawowa i 3. harmoniczna



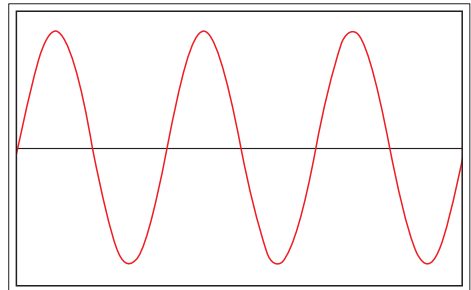
Faza 2:
harmoniczna podstawowa i 3. harmoniczna



Faza 3:
harmoniczna podstawowa i 3. harmoniczna



Prąd wypadkowy trzech faz



Załącznik B: Harmoniczne

2) Wzrost strat w transformatorach

Wyższe harmoniczne w transformatorach wpływają na ich działanie, głównie w następujący sposób:

- a) wzrost strat w rdzeniu (lub strat bez obciążenia)
 - b) wzrost strat w uzwojeniach
 - c) obecność wyższych harmonicznych płynących w uzwojeniach
- a) Straty w rdzeniu są związane ze zjawiskiem histerezy oraz ze stratami spowodowanymi przez prądy wirowe. Straty związane z histerezą są proporcjonalne do częstotliwości, podczas gdy straty związane z prądami wirowymi zależą od kwadratu częstotliwości.
- b) Straty w uzwojeniach odpowiadają mocy rozpraszanej w wyniku zjawiska Joule'a w uzwojeniach transformatora. Wraz ze wzrostem częstotliwości (począwszy od 350 Hz), prąd zaczyna być wypychany ku powierzchni przewodów (zjawisko naskórkowości). W takich warunkach przewody oferują mniejszy przekrój skuteczny dla przepływającego prądu, co prowadzi do wzrostu strat Joule'a. Wpływa to na przegrzewanie się uzwojeń, co może prowadzić do obniżenia parametrów znamionowych transformatora.
- c) Trzecia kwestia jest związana z wpływem harmonicznych potrójnych (harmoniczne homopolarne) na uzwojenia transformatora. W przypadku uzwojeń połączonych w układzie trójkąta, wyższe harmoniczne przepływają przez uzwojenia i nie przepagują w sieci, ponieważ są wszystkie w fazie. Połączenie w układzie trójkąta stanowi więc barierę dla harmonicznych potrójnych, należy jednak zwrócić szczególną uwagę na tego typu składowe harmoniczne, w celu zagwarantowania prawidłowego doboru wielkości transformatora.

3) Zwiększone zjawisko naskórkowości

Kiedy wzrasta częstotliwość, prąd zaczyna płynąć w zewnętrznej powłoce przewodu. Zjawisko to jest znane jako zjawisko naskórkowości i staje się znaczące wraz ze wzrostem częstotliwości. Dla częstotliwości sieci zasilającej 50 Hz, wpływ zjawiska naskórkowości jest pomijalny, ale powyżej częstotliwości 350 Hz, która odpowiada 7. harmonicznej, przekrój przewodu, przez który płynie prąd, ulega zmniejszeniu, zwiększając tym samym rezystancję i powodując dodatkowe straty i nagrzewanie. W przypadku obecności wyższych harmonicznych należy uwzględnić zjawisko naskórkowości, ponieważ wpływa ono na żywotność przewodów. W celu rozwiązania tego problemu można wykorzystywać przewody wielożyłowe lub układy szyn, zbudowane z pojedynczych, izolowanych elementów.

4) Zniekształcenia napięcia

Zniekształcony prąd, pobierany przez nieliniowe obciążenie, powoduje zniekształcony spadek napięcia na impedancji przewodu. Otrzymany zniekształcony przebieg napięcia jest przykładowy do wszystkich pozostałych pozostałych obciążeń podłączonych do tego samego obwodu, powodując w nich przepływ wyższych harmonicznych, nawet jeśli są to obciążenia liniowe.

Rozwiązanie polega na separacji obwodów zasilających obciążenia generujące wyższe harmoniczne od obwodów zasilających obciążenia wrażliwe na wyższe harmoniczne.

5) Zakłócenia momentu silników indukcyjnych

Powodowane przez wyższe harmoniczne zniekształcenia napięcia prowadzą w silnikach do wzrostu strat związanych z prądami wirowymi, w taki sam sposób, co w transformatorach. Dodatkowe straty są związane z wytwarzaniem pól harmonicznych w stojanie, a każda z harmonicznych próbuje obracać silnik z różną prędkością, tak do przodu (1., 4., 7., ...), jak i do tyłu (2., 5., 8,...). Indukowane w wirniku prądy o wyższej częstotliwości dodatkowo zwiększają straty.

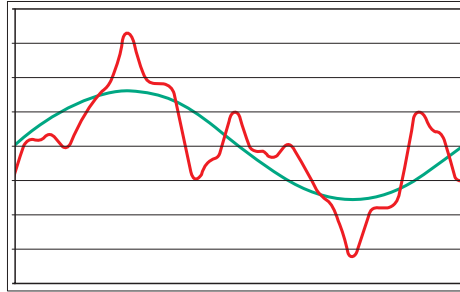
Załącznik B: Harmoniczne

Najważniejsze wzory

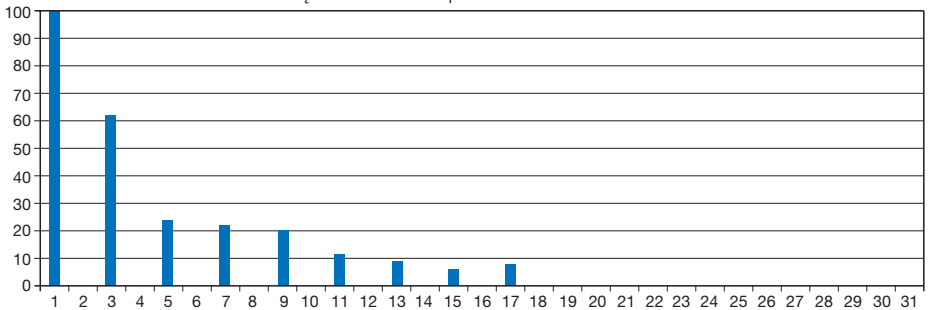
Poniżej przedstawiono definicje najważniejszych wielkości wykorzystywanych w analizie harmonicznej.

Widmo częstotliwości

Widmo częstotliwości jest klasycznym sposobem przedstawiania zawartości wyższych harmonicznych w przebiegu. Ma najczęściej postać histogramu podającego amplitudę każdej z harmonicznych jako procentową wartość składowej podstawowej. Przykładowo, dla poniższego przebiegu:



widmo częstotliwości ma postać:



Widmo częstotliwości informuje o wartości istniejących składowych harmonicznych.

Współczynnik szczytu

Współczynnik szczytu jest definiowany jako stosunek pomiędzy wartością szczytową i wartością skuteczną przebiegu:

$$k = \frac{I_p}{I_{rms}}$$

W przypadku przebiegów idealnie sinusoidalnych, wartość współczynnika szczytu wynosi $\sqrt{2}$, ale w przypadku obecności wyższych harmonicznych jest ona większa.

Duże wartości współczynnika szczytu mogą prowadzić do niechcianego zadziałania zabezpieczeń.

Wartość skuteczna

Wartość skuteczna przebiegu okresowego $e(t)$ jest definiowana jako:

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T e^2(t) dt}$$

gdzie T jest okresem przebiegu.

Załącznik B: Harmoniczne

Jeśli znane są wartości skuteczne składowych harmonicznyc, całkowitą wartość skuteczną można łatwo obliczyć, korzystając z poniższego wzoru:

$$E_{rms} = \sqrt{\sum_{n=1}^{\infty} E_n^2}$$

Współczynnik zniekształceń harmonicznyc THD

Współczynnik zniekształceń harmonicznyc jest definiowany jako:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} I_n^2}}{I_1} \quad \text{prądowy współczynnik zniekształceń harmonicznyc THD}$$

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} U_n^2}}{U_1} \quad \text{napięciowy współczynnik zniekształceń harmonicznyc THD}$$

Współczynnik zniekształceń harmonicznyc jest bardzo ważnym parametrem, który informuje o zawartości wyższych harmonicznyc w przebiegu napięcia i prądu oraz o niezbędnych środkach, jakie należy podjąć, jeśli wartości tych współczynników będą zbyt duże.

Dla wartości współczynnika $THD_I < 10\%$ i $THD_U < 5\%$ zawartość wyższych harmonicznyc jest traktowana jako pomijalnie mała i nie wymaga żadnych działań.

Normy dla wyłączników

Norma IEC 60947 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa
Załącznik F normy IEC 60947-2 (wydanie trzecie, 2003) podaje informacje o próbach, mających na celu sprawdzenie odporności wyzwalaczy nadprądowych na wyższe harmoniczne.

W szczególności, opisuje przebieg napięcia probierczego, dla którego, w powiązaniu z określonymi wartościami wstrzykiwanego prądu, wyzwalacz musi zadziałać, zgodnie z zaleceniami wyżej wymienionej normy.

Poniżej opisano parametry przebiegu prądu probierczego, który powinien mieć, alternatywnie, następującą postać:

1) składać się ze składowej podstawowej oraz z 3. harmonicznyc, w zakresie od 72% do 88% składowej podstawowej, ze współczynnikiem szczytu równym 2 lub z 5. harmonicznyc, w zakresie od 45% do 55% składowej podstawowej, ze współczynnikiem szczytu równym 1,9.

lub

2) składać się ze składowej podstawowej oraz z 3. harmonicznyc o wartości przekraczającej 60% wartości składowej podstawowej, z 5. harmonicznyc o wartości przekraczającej 14% wartości składowej podstawowej i 7. harmonicznyc o wartości przekraczającej 7% wartości składowej podstawowej. Powyższy prąd probierczy musi charakteryzować się współczynnikiem szczytu wynoszącym $\geq 2,1$ i musi płynąć przez określony czas, wynoszący $\leq 42\%$ okresu, w trakcie każdego z półokresów.

Załącznik C: Obliczanie współczynnika k przewodów (k^2S^2)

Wykorzystując wzór (1) można określić minimalny przekrój przewodu S, przy założeniu, że przewód zastępczy podlega adiabatycznemu nagrzewaniu od znanej temperatury początkowej, do określonej temperatury końcowej (obowiązuje, jeśli niesprawność zostanie usunięta w czasie krótszym, niż 5 s):

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{k} \quad (1)$$

gdzie:

- S jest przekrojem przewodu [mm^2];
- I jest wartością skuteczną prądu zwarciovego spodziewanego, który może płynąć przez zabezpieczenie [A], dla zwarcia z pomijalnie małą impedancją;
- t jest czasem zwłoki automatycznego zadziałania zabezpieczenia [s];
- k jest współczynnikiem, którego wartość można określić z tabel 2÷7 lub obliczyć, wykorzystując wzór (2):

$$k = \sqrt{\frac{Q_c (B+20)}{\rho_{20}} \ln \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_i}{B + \theta_i} \right)} \quad (2)$$

gdzie:

- Q_c jest objętościowym ciepłem właściwym materiału przewodzącego [$\text{J}/^\circ\text{Cmm}^3$] w temperaturze 20°C ;
- B jest odwrotnością współczynnika temperaturowego rezystywności przewodu w temperaturze 0°C [$^\circ\text{C}$];
- ρ_{20} jest rezystywnością elektryczną przewodnika w temperaturze 20°C [Ωmm];
- θ_i jest temperaturą początkową przewodu [$^\circ\text{C}$];
- θ_f jest temperaturą końcową przewodu [$^\circ\text{C}$];

W tabeli 1 zamieszczono wartości opisanych powyżej parametrów.

Tabela 1: Wartości parametrów dla różnych materiałów

| Material | B [$^\circ\text{C}$] | Q_c [$\text{J}/^\circ\text{Cmm}^3$] | ρ_{20} [Ωmm] | $\sqrt{\frac{Q_c (B+20)}{\rho_{20}}}$ |
|-----------|---------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Miedź | 234,5 | $3,45 \cdot 10^{-3}$ | $17,241 \cdot 10^{-6}$ | 226 |
| Aluminium | 228 | $2,5 \cdot 10^{-3}$ | $28,264 \cdot 10^{-6}$ | 148 |
| Ółów | 230 | $1,45 \cdot 10^{-3}$ | $214 \cdot 10^{-6}$ | 41 |
| Stal | 202 | $3,8 \cdot 10^{-3}$ | $138 \cdot 10^{-6}$ | 78 |

Załącznik C: Obliczanie współczynnika k przewodów (k^2S^2)

Tabela 2: Wartość współczynnika k dla przewodu fazowego

| | Izolacja przewodu | | | | | |
|--|------------------------------|------------------------------|-------------|---------------|---------------------------|----------------------|
| | PVC ≤ 300 mm ² | PVC ≤ 300 mm ² | EPR XLPE | Guma 60 °C | Izolacja mineralna PVC | Goły przewód |
| Temperatura początkowa °C | 70 | 70 | 90 | 60 | 70 | 105 |
| Temperatura końcowa °C | 160 | 140 | 250 | 200 | 160 | 250 |
| Materiał przewodnika: | | | | | | |
| <i>miedź</i> | 115 | 103 | 143 | 141 | 115 | 135/115 ^a |
| <i>aluminium</i> | 76 | 68 | 94 | 93 | - | - |
| <i>Lutowane cyną połączenia w przewodach miedzianych</i> | 115 | - | - | - | - | - |

^a Tę wartość należy stosować dla gołych przewodów dostępnych dla dotyku.

Tabela 3: Wartości współczynnika k dla niezależnych, izolowanych przewodów ochronnych, niepołączonych w wiązkę z innymi przewodami

| Izolacja przewodu | Temperatura °C ^b | | Materiał przewodnika | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|-------------------------------|--------------------|
| | Początkowa | Końcowa | Miedź | Aluminium Wartość wsp. k | Stal |
| PCV 70°C | 30 | 160/140 ^a | 143/133 ^a | 95/88 ^a | 52/49 ^a |
| PCV 90 °C | 30 | 160/140 ^a | 143/133 ^a | 95/88 ^a | 52/49 ^a |
| Termoutwardzalna 90°C | 30 | 250 | 176 | 116 | 64 |
| Guma 60°C | 30 | 200 | 159 | 105 | 58 |
| Guma 85 °C | 30 | 220 | 166 | 110 | 60 |
| Guma silikonowa | 30 | 350 | 201 | 133 | 73 |

^a Mniejsza wartość dotyczy przewodów z izolacją PCV o przekroju przekraczającym 300 mm².

^b Granice temperatury dla różnych typów izolacji podano w normie IEC 60724.

Załącznik C: Obliczanie współczynnika k przewodów (k^2S^2)

Tabela 4: Wartości współczynnika k dla gołych przewodów ochronnych, stykających się z powłoką kablową, niepołączonych w wiązkę z innymi przewodami

| Powłoka kablowa | Temperatura °C ^a | | Materiał przewodnika | | |
|-----------------|-----------------------------|---------|----------------------|-----------|------|
| | Początkowa | Końcowa | Miedź | Aluminium | Stal |
| | | | Wartość wsp. k | | |
| PVC | 30 | 200 | 159 | 105 | 58 |
| Polietylen | 30 | 150 | 138 | 91 | 50 |
| CSP | 30 | 220 | 166 | 110 | 60 |

^a Granice temperatury dla różnych typów izolacji podano w normie IEC 60724.

Tabela 5: Wartości współczynnika k dla przewodów ochronnych zawartych jako żyła w przewodzie wielożyłowym lub połączonych w wiązkę z innymi przewodami

| Izolacja przewodu | Temperatura °C ^b | | Materiał przewodnika | | |
|-----------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | Początkowa | Końcowa | Miedź | Aluminium | Stal |
| | | | Wartość wsp. k | | |
| PCV 70°C | 70 | 160/140 ^a | 115/103 ^a | 76/68 ^a | 42/37 ^a |
| PCV 90 °C | 90 | 160/140 ^a | 100/86 ^a | 66/57 ^a | 36/31 ^a |
| Termoutwardzalna 90°C | 90 | 250 | 143 | 94 | 52 |
| Guma 60°C | 60 | 200 | 141 | 93 | 51 |
| Guma 85°C | 85 | 220 | 134 | 89 | 48 |
| Guma silikonowa | 180 | 350 | 132 | 87 | 47 |

^a Mniejsza wartość dotyczy przewodów z izolacją PCV o przekroju przekraczającym 300 mm².

^b Granice temperatury dla różnych typów izolacji podano w normie IEC 60724.

Załącznik C: Obliczanie współczynnika k przewodów (k^2S^2)

Tabela 6: Wartości współczynnika k dla przewodów ochronnych, stanowiących metalową warstwę przewodu, na przykład oplot, metalowy pancerz, przewód koncentryczny, itp...

| Izolacja przewodu | Temperatura °C | | Materiał przewodnika | | | |
|-------------------------------------|----------------|---------|----------------------|-------------------------|------|------|
| | Początkowa | Końcowa | Miedź | Aluminium | Ołów | Stal |
| | | | | Wartość współczynnika k | | |
| PCV 70°C | 60 | 200 | 141 | 93 | 26 | 51 |
| PCV 90°C | 80 | 200 | 128 | 85 | 23 | 46 |
| Termoutwardzalna 90°C | 80 | 200 | 128 | 85 | 23 | 46 |
| Guma 60°C | 55 | 200 | 144 | 95 | 26 | 52 |
| Guma 85 °C | 75 | 220 | 140 | 93 | 26 | 51 |
| Mineralna, pokryta PCV ^a | 70 | 200 | 135 | - | - | - |
| Mineralna, goły pancerz | 105 | 250 | 135 | - | - | - |

^a Wartość tę należy stosować również dla gołych przewodów dostępnych dla dotyku lub stykających się z materiałami palnymi.

Tabela 7: Wartości współczynnika k dla gołych przewodów, w sytuacji braku niebezpieczeństwa uszkodzenia znajdujących się w pobliżu materiałów, przez podaną temperaturę

| Izolacja przewodu | Temperatura początkowa °C | Materiał przewodnika | | | | | |
|-------------------------------|---------------------------|----------------------|---------------------------|----------------|---------------------------|----------------|---------------------------|
| | | Miedź | | Aluminium | | Stal | |
| | | Wart. współ. k | Temperatura maksymalna °C | Wart. współ. k | Temperatura maksymalna °C | Wart. współ. k | Temperatura maksymalna °C |
| Widoczna w obsz. o ogr. dost. | 30 | 228 | 500 | 125 | 300 | 82 | 500 |
| Normalne warunki | 30 | 159 | 200 | 105 | 200 | 58 | 200 |
| Zagrożenie pożarowe | 30 | 138 | 150 | 91 | 150 | 50 | 150 |

Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne

Międzynarodowy układ jednostek miar (SI)

Jednostki podstawowe SI

| Wielkość | Symbol | Nazwa jednostki |
|-----------------------------|--------|-----------------|
| Długość | m | metr |
| Masa | kg | kilogram |
| Czas | s | sekunda |
| Prąd elektryczny | A | amper |
| Temperatura termodynamiczna | K | kelwin |
| Ilość substancji | mol | mol |
| Światłość | cd | kandela |

Przedrostki metryczne dla wielokrotności i podwielokrotności jednostek

| Mnożnik | Przedrostek | Symbol | Mnożnik | Przedrostek | Symbol |
|-----------|-------------|--------|------------|-------------|--------|
| 10^{24} | jotta | Y | 10^{-1} | decy | d |
| 10^{21} | zetta | Z | 10^{-2} | centy | c |
| 10^{18} | eksa | E | 10^{-3} | milli | m |
| 10^{15} | peta | P | 10^{-6} | mikro | μ |
| 10^{12} | tera | T | 10^{-9} | nano | n |
| 10^9 | giga | G | 10^{-12} | piko | p |
| 10^6 | mega | M | 10^{-15} | femto | f |
| 10^3 | kilo | k | 10^{-18} | atto | a |
| 10^2 | hekto | h | 10^{-21} | zepto | z |
| 10 | deka | da | 10^{-24} | yocto | y |

Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne

Najważniejsze wielkości i jednostki SI

| Wielkość Symbol | Nazwa | Jednostka SI | | Inne jednostki | | Konwersja |
|--|-----------------------|--------------------|-------------------------------|----------------|---------------------|---|
| | | Symbol | Nazwa | Symbol | Nazwa | |
| Długość, powierzchnia, objętość | | | | | | |
| l | długość | m | metr | in | cal | 1 in = 25,4 mm |
| | | | | ft | stopa | 1 ft = 30,48 cm |
| | | | | sażeń | sażeń | 1 sażeń = 6 ft = 1,8288 m |
| | | | | mila | mila | 1 mila = 1609,344 m |
| | | | | Mm | mila morska | 1 Mm = 1852 m |
| A | powierzchnia | m ² | metr kwadratowy | yd | jard | 1 yd = 91,44 cm |
| | | | | a | ar | 1 a = 10 ² m ² |
| | | | | ha | hektar | 1 ha = 10 ⁴ m ² |
| V | objętość | m ³ | metr sześcienny | l | litr | 1 l = 1 dm ³ = 10 ⁻³ m ³ |
| | | | | UK pt | półkwarta, pinta | 1 UK pt = 0,5683 dm ³ |
| | | | | UK gal | Galon UK | 1 UK gal = 4,5461 dm ³ |
| | | | | US gal | Galon US | 1 US gal = 3,7855 dm ³ |
| Kąty | | | | | | |
| α, β, γ | kąt płaski | rad | radian | ° | stopnie | 1° = $\frac{\pi}{180}$ · rad |
| Ω | kąt bryłowy | sr | steradian | | | |
| Masa | | | | | | |
| m | masa, waga | kg | kilogram | lb | funt | 1 lb = 0,45359 kg |
| ρ | gęstość | kg/m ³ | kilogram | | | |
| υ | objętość właściwa | m ³ /kg | metr sześcienny na kilogram | | | |
| M | moment bezwładności | kg·m ² | kilogram razy metr kwadratowy | | | |
| Czas | | | | | | |
| t | czas trwania | s | sekunda | | | |
| f | częstotliwość | Hz | herc | | | 1 Hz = 1/s |
| ω | częstotliwość kątowa | 1/s | jeden na sekundę | | | ω = 2πf |
| v | prędkość | m/s | metr na sekundę | km/h | kilometr na godzinę | 1 km/h = 0,2777 m/s |
| | | | | mile/h | mila na godzinę | 1 mile/h = 0,4470 m/s |
| | | | | węzeł | kn | 1 kn = 0,5144 m/s |
| g | przyspieszenie | m/s ² | metr na sekundę kwadrat | | | |
| Siła, energia, moc | | | | | | |
| F | siła | N | niuton | kgf | | 1 N = 1 kg·m/s ² 1 kgf = 9,80665 N |
| p | ciśnienie/nacisk | Pa | paskal | bar | bar | 1 Pa = 1 N/m ² 1 bar = 10 ⁵ Pa |
| W | energia, praca | J | dżul | | | 1 J = 1 W·s = 1 N·m |
| P | moc | W | wat | KM | koń mocy | 1 KM = 745,7 W |
| Temperatura i ciepło | | | | | | |
| T | temperatura | K | kelwin | °C | st. Celsjusza | T[K] = 273,15 + T [°C] |
| | | | | °F | st. Fahrenheit | T[K] = 273,15 + (5/9)·(T [°F]-32) |
| Q | ilość ciepła | J | dżul | | | |
| S | entropia | J/K | dżul na kelwin | | | |
| Wielkości fotometryczne | | | | | | |
| I | światłość | cd | kandela | | | |
| L | luminacja | cd/m ² | kandela na metr kwadratowy | | | |
| Φ | strumień świetlny | lm | lumen | | | 1 lm = 1 cd·sr |
| E | natężenie oświetlenia | lux | lm/m ² | | | 1 lux = 1 lm/m ² |

Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne

Najważniejsze wielkości elektryczne i magnetyczne oraz jednostki SI

| Wielkość | | Jednostka SI | | Inne jednostki | | Konwersja |
|----------|------------------------------|--------------|-------------------------------|----------------|---------------|--|
| Symbol | Nazwa | Symbol | Nazwa | Symbol | Nazwa | |
| I | prąd | A | amper | | | |
| V | napiecie | V | wolt | | | |
| R | rezystancja | Ω | ohm | | | |
| G | konduktancja | S | siemens | | | $G = 1/R$ |
| X | reaktancja | Ω | ohm | | | $X_L = \omega L$ $X_C = -1/\omega C$ |
| B | susceptancja | S | siemens | | | $B_L = -1/\omega L$ $B_C = \omega C$ |
| Z | impedancja | Ω | ohm | | | |
| Y | admitancja | S | siemens | | | |
| P | moc czynna | W | wat | | | |
| Q | moc bierna | var | wolt · amper mocy pozornej | | | |
| S | moc pozorna | VA | wolt·amper | | | |
| Q | ładunek elektryczny | C | kulomb | Ah | amperogodzina | $1 C = 1 A \cdot s$ $1 Ah = 3600 A \cdot s$ |
| E | natężenie pola elektrycznego | V/m | wolt na metr | | | |
| C | pojemność elektr. | F | farad | | | $1 F = 1 C/V$ |
| H | pole magnetyczne | A/m | amper na metr | | | |
| B | indukcja magnetyczna | T | tesla | G | gaus | $1 T = 1 V \cdot s/m^2$ $1 G = 10^{-4} T$ |
| L | indukcyjność | H | henr | | | $1 H = 1 \Omega \cdot s$ |

Wartości rezystywności, konduktywności i współczynniki temperaturowe dla 20°C, dla najważniejszych materiałów elektrycznych

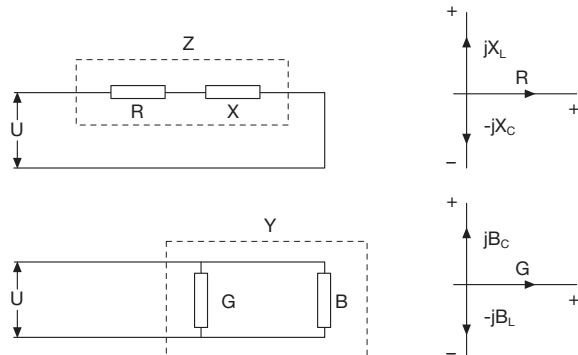
| przewodnik | rezystywność ρ_{20} [mm ² Ω/m] | Przewodność $\chi_{20} = 1/\rho_{20}$ [m/mm ² Ω] | współczynnik temperaturowy α_{20} [K ⁻¹] |
|------------------|--|---|--|
| Aluminium | 0,0287 | 34,84 | $3,8 \cdot 10^{-3}$ |
| Mosiądz, CuZn 40 | $\leq 0,067$ | ≥ 15 | $2 \cdot 10^{-3}$ |
| Konstantan | 0,50 | 2 | $-3 \cdot 10^{-4}$ |
| Miedź | 0,0175 | 57,14 | $3,95 \cdot 10^{-3}$ |
| Złoto | 0,023 | 43,5 | $3,8 \cdot 10^{-3}$ |
| Drut żelazny | 0,1 to 0,15 | 10 to 6,7 | $4,5 \cdot 10^{-3}$ |
| Ołów | 0,208 | 4,81 | $3,9 \cdot 10^{-3}$ |
| Magnez | 0,043 | 23,26 | $4,1 \cdot 10^{-3}$ |
| Mangan | 0,43 | 2,33 | $4 \cdot 10^{-6}$ |
| Rteć | 0,941 | 1,06 | $9,2 \cdot 10^{-4}$ |
| Ni Cr 8020 | 1 | 1 | $2,5 \cdot 10^{-4}$ |
| Nikielin | 0,43 | 2,33 | $2,3 \cdot 10^{-4}$ |
| Srebro | 0,016 | 62,5 | $3,8 \cdot 10^{-3}$ |
| Cynk | 0,06 | 16,7 | $4,2 \cdot 10^{-3}$ |

Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne

Najważniejsze wzory elektrotechniczne

Impedancja

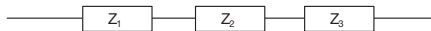
| | |
|---|---|
| rezystancja przewodnika w temperaturze ϑ | $R_{\vartheta} = \rho_{\vartheta} \cdot \frac{\ell}{S}$ |
| konduktancja przewodnika w temperaturze ϑ | $G_{\vartheta} = \frac{1}{R_{\vartheta}} = \chi_{\vartheta} \cdot \frac{S}{\ell}$ |
| rezystywność przewodnika w temperaturze ϑ | $\rho_{\vartheta} = \rho_{20} [1 + \alpha_{20} (\vartheta - 20)]$ |
| reaktancja pojemnościowa | $X_C = \frac{-1}{\omega \cdot C} = -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$ |
| reaktancja indukcyjna | $X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$ |
| impedancja | $Z = R + jX$ |
| moduł impedancji | $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ |
| faza impedancji | $\varphi = \arctan \frac{R}{X}$ |
| konduktancja | $G = \frac{1}{R}$ |
| susceptancja pojemnościowa | $B_C = \frac{-1}{X_C} = \omega \cdot C = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot C$ |
| susceptancja indukcyjna | $B_L = \frac{-1}{X_L} = -\frac{1}{\omega \cdot L} = -\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot L}$ |
| admitancja | $Y = G - jB$ |
| moduł admitancji | $Y = \sqrt{G^2 + B^2}$ |
| faza admitancji | $\varphi = \arctan \frac{B}{G}$ |



Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne

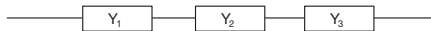
Połączenie szeregowe impedancji

$$Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 + \dots$$



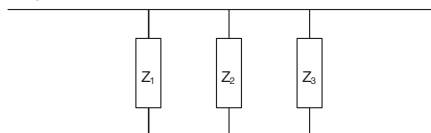
Połączenie szeregowe admittancji

$$Y = \frac{1}{\frac{1}{Y_1} + \frac{1}{Y_2} + \frac{1}{Y_3} + \dots}$$



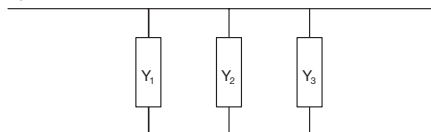
Połączenie równoległe impedancji

$$Z = \frac{1}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} + \dots}$$

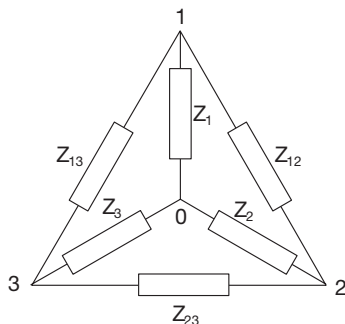


Połączenie równoległe admittancji

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots$$



Przekształcenia trójkąt-gwiazda i gwiazda-trójkąt



| Y Δ | Δ Y |
|--|--|
| $Z_{12} = Z_1 + Z_2 + \frac{Z_1 \cdot Z_2}{Z_3}$ | $Z_1 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{13}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$ |
| $Z_{23} = Z_2 + Z_3 + \frac{Z_2 \cdot Z_3}{Z_1}$ | $Z_2 = \frac{Z_{12} \cdot Z_{23}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$ |
| $Z_{13} = Z_3 + Z_1 + \frac{Z_3 \cdot Z_1}{Z_2}$ | $Z_3 = \frac{Z_{23} \cdot Z_{13}}{Z_{12} + Z_{13} + Z_{23}}$ |

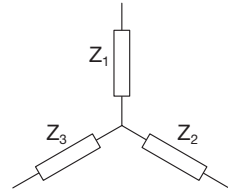
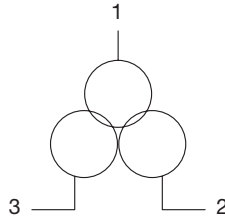
Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne

Transformatory

Transformator dwuuzwojowy

| | |
|----------------------|---|
| prąd znamionowy | $I_r = \frac{S_r}{\sqrt{3} \cdot U_r}$ |
| moc zwarciowa | $S_k = \frac{S_r}{u_k\%} \cdot 100$ |
| prąd zwarciowy | $I_k = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_r} = \frac{I_r}{u_k\%} \cdot 100$ |
| impedancja wzdłużna | $Z_T = \frac{u_k\%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r} = \frac{u_k\%}{100} \cdot \frac{S_r}{3 \cdot I_r^2}$ |
| rezystancja wzdłużna | $R_T = \frac{p_k\%}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_r} = \frac{p_k\%}{100} \cdot \frac{S_r}{3 \cdot I_r^2}$ |
| reaktancja wzdłużna | $X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2}$ |

Transformator trójuzwojowy



$$Z_{12} = \frac{u_{12}}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_{r12}}$$

$$Z_1 = \frac{1}{2} (Z_{12} + Z_{13} - Z_{23})$$

$$Z_{13} = \frac{u_{13}}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_{r13}}$$

$$Z_2 = \frac{1}{2} (Z_{12} + Z_{23} - Z_{13})$$

$$Z_{23} = \frac{u_{23}}{100} \cdot \frac{U_r^2}{S_{r23}}$$

$$Z_3 = \frac{1}{2} (Z_{13} + Z_{23} - Z_{12})$$

Załącznik D: Najważniejsze wielkości fizyczne i wzory elektrotechniczne

Spadek napięcia i moc

| | jeden faza | trzy fazy | prąd stały |
|-----------------------------------|--|---|--------------------------------------|
| Spadek napięcia | $U = 2 \cdot I \cdot \ell \cdot (r \cos\varphi + x \sin\varphi)$ | $U = \sqrt{3} \cdot I \cdot \ell \cdot (r \cos\varphi + x \sin\varphi)$ | $U = 2 \cdot I \cdot \ell \cdot r$ |
| Procentowy spadek napięcia | $u = \frac{U}{U_r} \cdot 100$ | $u = \frac{U}{U_r} \cdot 100$ | $u = \frac{U}{U_r} \cdot 100$ |
| Moc czynna | $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ | $P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$ | $P = U \cdot I$ |
| Moc bierna | $Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi$ | $Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi$ | - |
| Moc pozorna | $S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ | $S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ | - |
| Współczynnik mocy | $\cos\varphi = \frac{P}{S}$ | $\cos\varphi = \frac{P}{S}$ | - |
| Straty mocy | $P = 2 \cdot \ell \cdot r \cdot I^2$ | $P = 3 \cdot \ell \cdot r \cdot I^2$ | $P = 2 \cdot \ell \cdot r \cdot I^2$ |

Opis

- ρ_{20} rezystywność w temperaturze 20°C
- ℓ całkowita długość przewodu
- S przekrój przewodu
- α_{20} współczynnik temperaturowy przewodnika w temperaturze 20°C
- θ temperatura przewodnika
- $\rho\theta$ rezystywność w funkcji temperatury przewodnika
- ω częstotliwość kątowna
- f częstotliwość
- r rezystancja przewodu na jednostkę długości
- x reaktancja przewodu na jednostkę długości
- $u_k\%$ procentowe napięcie zwarcia transformatora
- S_r moc znamionowa pozorna transformatora
- U_r napięcie znamionowe transformatora
- $p_k\%$ procentowe straty impedancyjne transformatora w warunkach zwarcia

Więcej informacji

ABB Contact Center

email: kontakt@pl.abb.com

tel.: 22 22 37 777

ABB Sp. z o.o.

Siedziba spółki

ul. Żegańska 1

04-713 Warszawa

tel.: 601 839 218

www.abb.com

ABB zastrzega sobie prawo do dokonywania zmian technicznych bądź modyfikacji zawartości niniejszego dokumentu bez uprzedniego powiadomienia.

W przypadku zamówień obowiązywać będą uzgodnione warunki. ABB Sp. z o.o. nie ponosi żadnej odpowiedzialności za potencjalne błędy lub możliwe braki informacji w tym dokumencie.

Zastrzegamy wszelkie prawa do niniejszego dokumentu i jego tematyki oraz zawartych w nim zdjęć i ilustracji. Jakiegokolwiek kopiowanie, ujawnianie stronom trzecim lub wykorzystanie jego zawartości w części lub w całości bez uzyskania uprzednio pisemnej zgody ABB Sp. z o.o. jest zabronione.

© Copyright 2013 ABB.

Wszelkie prawa zastrzeżone.