

Zasilanie systemów teleinformatycznych

Jakość i bezpieczeństwo zasilania

Prawidłowe funkcjonowanie systemu teleinformatycznego oraz bezpieczeństwo danych są zdeterminowane w równym stopniu ochroną systemu przed wirusami komputerowymi, atakami z zewnątrz czy stabilnością systemów operacyjnych oraz pewnym i pozbawionym zakłóceń zasilaniem. Urządzeniami zapewniającymi bezpieczeństwo i poprawiającymi jakość zasilania są zasilacze UPS (*Uninterruptible Power Supply*) dla odbiorników zasilanych napięciem przemiennym (tzw. sieciowym) oraz siłownie stałoprądowe dla odbiorników zasilanych napięciem stałym. Wszystkie one są wyposażone w baterie akumulatorów, będące źródłem energii dla wytwarzanego przez UPS bądź siłownie napięcia podczas awarii sieci elektroenergetycznej. Podstawową funkcją zasilaczy UPS jest zapewnienie czasu autonomii zasilania w razie zaniku napięcia, umożliwiając tym samym bezpieczne wyłączenie systemu informatycznego i ochronę przed utratą danych. Takie wyłączenie odbywa się automatycznie (jedynie najprostsze konstrukcje UPS-ów nie dysponują takimi możliwościami), dzięki wykorzystaniu oprogramowania dostarczanego przez producenta UPS. Zasilacze wykonane w topologii *on-line* zapewniają dodatkowo utrzymanie stabilizowanego napięcia o ściśle określonych parametrach niezależnie od zakłóceń występujących na wejściu.



Zasilanie systemów telekomunikacyjnych wymaga zapewnienia poszczególnym urządzeniom odpowiedniego napięcia oraz określonego czasu autonomii, co realizuje się przez zastosowanie specjalnych urządzeń, tzw. siłowni DC (DC – *direct current*, prąd stały). Siłownie takie składają się z zasilacza prądu stałego (prostownika) oraz zestawu baterii. Siłownie telekomunikacyjne buduje się obecnie najczęściej na napięcie znamionowe 48 V rzadziej 60 V, wcześniej stosowano również napięcia 24 V i 12 V.

Duże systemy teleinformatyczne są najczęściej zasilane poprzez dedykowaną instalację elektryczną z centralnego zasilacza napięcia gwarantowanego UPS. Jakość i bezpieczeństwo zasilania zależą więc w dużym stopniu od jej wykonania i prawidłowego doboru aparatów elektrycznych, takich jak

zabezpieczenia nadprądowe, wyłączniki różnicowoprądowe i ochronniki przepięć. Centralne zasilacze UPS są instalowane w konfiguracji redundancyjnej 2N lub nadmiarowej N+1 dla zapewnienia jak najwyższej niezawodności, przekraczającej 99,9%. Coraz częściej do zabezpieczenia zasilania dużych centrów przetwarzania danych stosuje się UPS-y modułowe, cechujące się możliwościami adaptacyjnymi do zmieniającego się obciążenia. Rozwiązanie takie pozwala znacząco obniżyć początkowo nakłady inwestycyjne związane z zasilaniem.

Zakłócenia zasilania

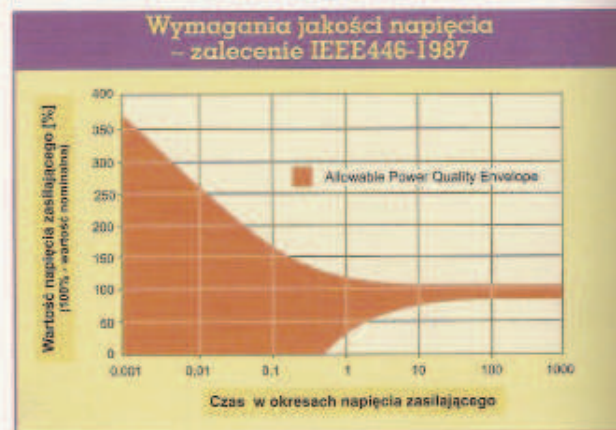
Jakość energii elektrycznej

Parametry jakościowe energii elektrycznej zależą zarówno od prawidłowego zaprojektowania, jak i wykonania instalacji elektrycznej oraz od poprawnego funkcjonowania wszelkich urządzeń odbiorczych. Podstawowymi parametrami określającymi jakość energii elektrycznej są:

- wartość skuteczną napięcia,
- częstotliwość,
- kształt krzywej napięcia.

Parametry, jakim powinna odpowiadać dostarczana do odbiorców energia elektryczna, są określone przez polską normę PN-IEC 60038 i rozporządzenie Ministra Gospodarki z 25.09.2000 r. „w sprawie szczegółowych warunków przyłączenia podmiotów do sieci elektroenergetycznych oraz standardów jakościowych obsługi odbiorców” (DzU nr 85 poz. 957). Zgodnie z tymi aktami prawnymi napięcie znamionowe w sieci niskiego napięcia od 1 stycznia 2004 r. powinno wynosić 230/400 V (wcześniej 220/380 V), przy czym dopuszczalne odchylenia napięcia w sieciach niskich napięć powinny mieścić się w przedziale $\pm 5\%$. Dla napięcia znamionowego 230 V wartość ta nie powinna być niższa od 207 V ani wyższa niż 253 V.

Wymagania jakości napięcia są określone w zaleceniu IEEE446 z 1987 r.



Zakłócenia w sieci elektroenergetycznej

W sieci elektroenergetycznej występują różnorakie zakłócenia związane zarówno z pracującymi w niej urządzeniami, jak i przyczynami zewnętrznymi, takimi jak wyładowania atmosferyczne. Zdecydowana większość zakłóceń ma charakter krótkotrwały (nie dłuższy niż 5 s), lecz mogący spowodować poważną awarię lub długotrwały przestój systemu.

Niekorzystne zmiany parametrów napięcia mogą być efektem zjawisk powstających w elektroenergetycznej sieci przesyłowej i instalacji odbiorczej.

Zakłócenia zasilania powstające w elektroenergetycznej sieci przesyłającej

Zjawiska występujące podczas przesyłu energii wpływające na jakość zasilania



Linie napowietrzne

Linie kablowe

Przyczyny zakłóceń powstających w sieci elektroenergetycznej:

- Uszkodzenia linii przesyłowych
- Wyładowania atmosferyczne
- Przebiecia łączeniowe
- Uszkodzenia stacji transformatorowych
- Uszkodzenia kabli
- itp.



System teleinformatyczny

Awarie i zakłócenia występujące w sieci przesyłowej wpływają na zasilanie wielu odbiorców energii elektrycznej. Zakłócenia powstające w sieci elektroenergetycznej mogą mieć charakter zarówno krótkotrwały (przebiecia, przetężenia, wahania i zapady napięcia), jak i długotrwały (zaniki napięcia, odchylenia napięcia).

Zakłócenia zasilania generowane przez odbiorniki elektryczne

Najczęstszym źródłem zakłóceń są inne, pracujące w sieci elektrycznej, odbiorniki. Przykładowo, włączenie silnika elektrycznego o dużej mocy (będącego np. napędem windy) może spowodować obniżenie napięcia i nieprawidłową pracę urządzeń wymagających odpowiednich parametrów zasilania. Innym źródłem powstawania zakłóceń mogą być energoelektroniczne urządzenia zasilające, m.in. falowniki sterujące pracą wentylatorów w układach klimatyzacji, które wnoszą do sieci zakłócenia w postaci wyż-

Zakłócenia generowane przez odbiorniki elektryczne



szych harmonicznych zniekształcających sinusoidę napięcia, w związku z czym należy pamiętać o konieczności stosowania na ich wejściu odpowiednich filtrów.

Odchylenia i wahania napięcia

Zmiennosc wartości napięcia w czasie nazywa się odchyleniem (dla zmian występujących długotrwanie) bądź wahaniami napięcia (dla zmian napięcia zachodzących z większą częstotliwością).

Długotrwałe zmiany napięcia są najczęściej spowodowane spadkami napięcia na elementach sieci (zmieniającego się z kwadratem wartości płynącego prądu) bądź złym ustawieniem regulatora napięć (przetłaczniaka zaczerwonych przekładni transformatora w stacji elektroenergetycznej).

Na wahaniami napięcia szczególnie wpływ mają odbiorniki dużej mocy, np. napędy elektryczne (układów wentylacji, klimatyzacji czy wind). Wahania napięcia nakładają się niekiedy na trwałe odchylenia napięcia, powiększając tym samym stan zakłócenia.

Zniekształcenia napięcia zasilającego

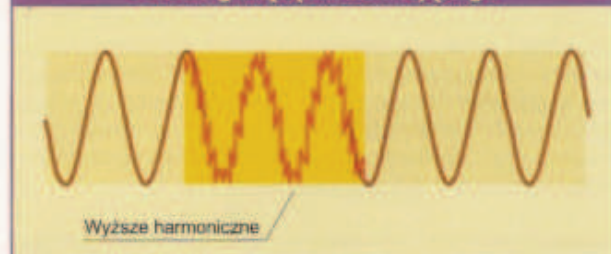
Parametrem określającym poziom zniekształceń sinusoidy napięcia jest współczynnik THD (*Total Harmonic Distortion*), wyznaczany zgodnie z następującą zależnością:

$$THD = \sqrt{\sum_{k=2}^n \left(\frac{U_k}{U_1}\right)^2} \times 100\%$$

U_k – wartość k-tej harmonicznej napięcia

Deformacja kształtu napięcia jest wynikiem nieliniowego charakteru poboru prądu przez odbiorniki, takie jak urządzenia energoelektroniczne (np. zasilacze UPS, falowniki do sterowania silników elektrycznych) czy urządzenia wyposażone w zasilacze impulsowe (sprzęt informatyczny). Wartość współczynnika THD nie powinna przekraczać 5%, w przeciwnym razie należy stosować specjalne filtry w celu uniknięcia niepoprawnej pracy urządzeń teleinformatycznych.

Przebieg napięcia zasilającego



Parametrem, pozwalającym określić stopień zniekształcenia kształtu prądu pobieranego przez zasilacze impulsowe, jest współczynnik szczytu.

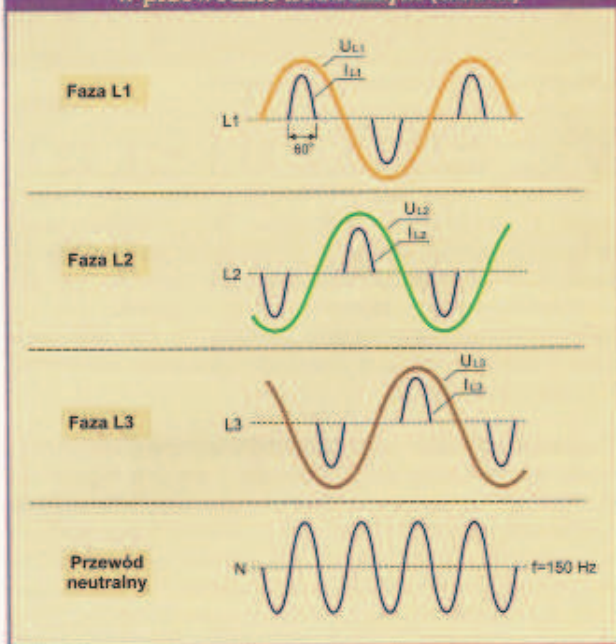
$$\text{wsp. szczytu (Crest Factor)} = \frac{\text{wartość szczytowa prądu}}{\text{wartość RMS prądu}}$$

Wartość tego współczynnika dla prądu w kształcie idealnej sinusoidy wynosi $\sqrt{2}$, a w przypadku prądu pobieranego przez przetwornice impulsowe jego wartość przekracza 3.

Obciążenie typu komputerowego (impulsowego) może spowodować niekorzystne zjawisko płynięcia prądu w przewodzie neutralnym sieci trójfazowej.

Energia elektryczna jest przesyłana z elektrowni do odbiorców w systemie trójfazowym, dopiero w instalacji odbiorczej budynku dokonuje się rozdziału na obwody jednofazowe, które są zasilane z poszczególnych faz. Podziału obciążenia na poszczególne fazy dokonuje się równomiernie, aby skompensować wartość obciążenia w poszczególnych fazach, co zapobiega płynięciu prądu przez przewód neutralny (w sieci trójfazowej). W przypadku zasilania dużych centrów przetwarzania danych, w których większość odbiorników pobiera prąd impulsowo, występuje zjawisko przepływu prądu o znacznej wartości w przewodzie neutralnym sieci trójfazowej, mimo równomiernego podziału obciążenia faz.

Wpływ obciążenia impulsowego na prąd w przewodzie neutralnym (sieć 3f)

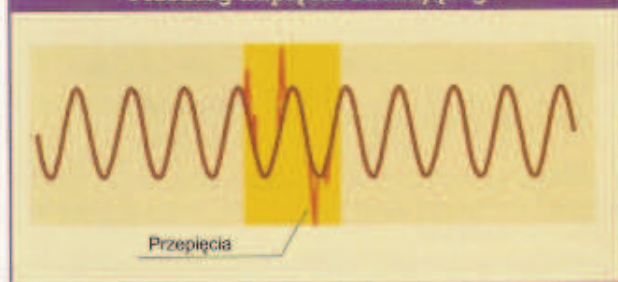


W celu zlikwidowania tego zjawiska stosuje się specjalne filtry aktywne bądź zasilacze UPS, które są wyposażone w odpowiednie układy korygujące.

Przebiegi

Najbardziej niebezpiecznymi zakłóceniami dla odbiorników elektrycznych są przebiegi, które mogą być spowodowane czynnikami zewnętrznymi, takimi jak wyładowania atmosferyczne, lub wewnętrznymi, powstającymi w wyniku wyłączenia odbiorników o dużej indukcyjności (np. silniki elektryczne, inne urządzenia elektromagnetyczne). Urządzeniami chroniącymi przed tymi niebezpiecznymi zjawiskami są ochronniki. W pewnych sytuacjach jednak czas zadziałania i stopień ograniczenia wartości napięcia mogą być niewystarczające do zapewnienia skutecznej ochrony szczególnie wrażliwych odbiorów funkcjonujących. Wysokoenergetyczne przebiegi o dużej stromości zbocza narastania mogą spowodować poważne uszkodzenia sprzętu teleinformatycznego i, co za tym idzie, duże straty ekonomiczne.

Przebieg napięcia zasilającego



Zaniki zasilania

Należy przyjąć, iż średnio kilkanaście razy w roku systemy informatyczne, jak też pozostałe grupy odbiorników, są narażone na przerwy w zasilaniu. Zdecydowana większość trwa krócej niż 5 min (90% zaników zasilania), a prawie wszystkie krócej niż 1 godz. (99%). Suma wszystkich przerw daje rocznie średnio ok. 100 min bez zasilania, czyli dostępność zasilania kształtuje się na poziomie 99,96%. Powyższe dane to oczywiście wartości średnie i różnią się one w zależności od lokalizacji i stanu instalacji elektrycznej budynku itp.

Przestój systemu teleinformatycznego oznacza duże straty

Prawidłowe zasilanie jest jednym z najważniejszych czynników wpływających na dostępność systemów informatycznych. Brak funkcjonującej infrastruktury sieciowej ma wpływ zarówno na pojedynczego użytkownika, jak i całe przedsiębiorstwo i przynosi duże straty finansowe.

Na koszty przestoju systemu informatycznego składają się:

- stracony przychód i zysk,
- bezproduktywny czas pracowników.

Pod pojęciem „czas przestoju systemu teleinformatycznego” należy rozumieć okres jego niedostępności, uwzględniający czas trwania zaniku zasilania i podniesienia systemu. Istotną jest bowiem możliwość korzystania z systemu, a nie przyczyna jego niedostępności. Warto sobie uświadomić, że chociaż zanik zasilania może trwać tylko kilka sekund, to czas przestoju ze względu na konieczność podniesienia systemu operacyjnego i odzyskania lub weryfikacji danych jest zdecydowanie dłuższy.

● Dla wielooddziałowych korporacji oszacowanie kosztów przestoju jest stosunkowo złożone, gdyż awaria zasilania może dotyczyć tylko określonego wycinka usług. W przypadku stosowania wielu usług należy określić koszt niedostępności każdej z nich oraz wzajemne między nimi relacje.

Szacowanie kosztów przestoju

Straty spowodowane przerwami w dostawach energii są mierzalne, co pozwala wykazać opłacalność inwestycji w system zabezpieczający zasilanie. Przybliżone koszty mogą być obliczone po zsumowaniu kosztów kolejnych pozycji z tabelki.

Pozycja	Koszt*
1. Koszty wynagrodzenia pracowników (Koszt przestoju pracowników związany bezpośrednio z kosztami wynagrodzenia. Obliczany z uwzględnieniem wynagrodzenia zarówno tych pracowników, którzy w ogóle nie mogą realizować zadań, jak i tych, którzy mogą wykonywać je tylko częściowo)	?
2. Koszty związane z brakiem możliwości zarządzania (podejmowania określonych decyzji przez kierownictwo przedsiębiorstwa)	?
3. Koszty przestoju związane z podniesieniem systemu oraz przywróceniem pełnej funkcjonalności infrastruktury IT (łącznie z kosztami związanymi z ewentualną koniecznością korzystania z usług firm zewnętrznych w tym celu)	?
4. Koszty związane z używaniem innych, najczęściej droższych, środków komunikacji – takich jak telefon czy faks – oraz inne podobne wydatki, które nie byłyby ponoszone, gdyby system informatyczny funkcjonował	?
5. Koszty związane z brakiem możliwości pełnej obsługi klienta i utratą przychodów, np. brak możliwości prowadzenia sprzedaży	?
6. Pozostałe koszty nieuwzględnione w powyższych grupach	?

*Przy obliczaniu kosztów czasu przestoju można korzystać z ogólnodostępnych w internecie kalkulatorów kosztów.

Zsumowanie wartości poszczególnych pozycji może uzmysłowić, jak kosztowny dla przedsiębiorstwa jest okres przestoju systemu teleinformatycznego. Oprócz bezpośrednich kosztów obejmujących przestój należy uwzględnić inne czynniki, które są niezwykle ważne dla prowadzonej działalności biznesowej każdego przedsiębiorstwa, takie jak:

- zawiedzione oczekiwania klientów;
- wpływ na postrzeganie firmy na tle konkurencji;
- wymagania prawne;
- zobowiązania uwarunkowane umowami i kontraktami.

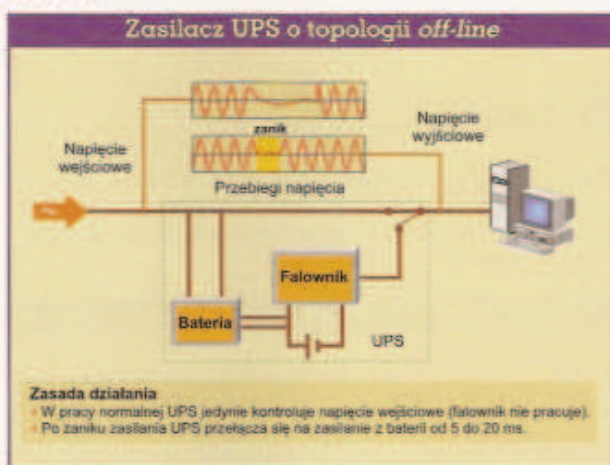
Topologie zasilaczy UPS

Najczęściej stosowane obecnie topologie zasilaczy to:

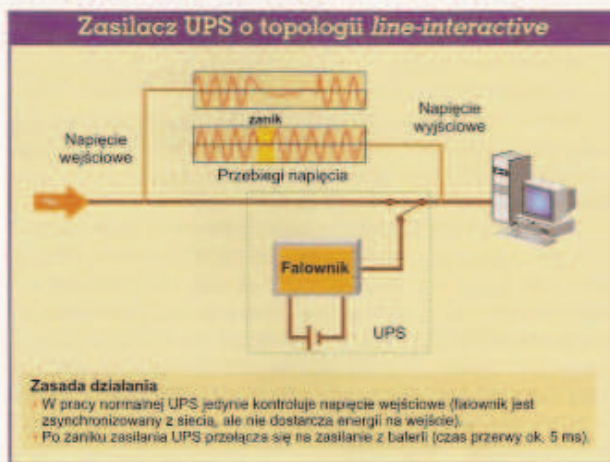
- off-line*,
- line-interactive*,
- on-line*.

Najpowszechniej występującym rozwiązaniem, biorąc pod uwagę liczbę użytkowanych urządzeń, są zasilacze UPS wykonane w technologii *off-line*, które dominują w przypadku stosowania wariantu zasilania rozproszonego, choć coraz częściej użytkownicy decydują się na zasilacze zbudowane w topologii *line-interactive*. W przypadku stosowania zasilania centralnego praktycznie zawsze wykorzystuje się UPS-y w topologii *on-line*.

Off-line



Zasilacze UPS *off-line* są zbudowane z prostego falownika (wytwarzającego napięcie o kształcie jedynie niewiele zbliżonym do sinusoidy), ładowarki baterii akumulatora, transformatora podwyższającego napięcie i baterii akumulatorów. Całością urządzenia steruje układ regulacji. Falownik w tego typu zasilaczach uruchamia się w momencie, gdy napięcie sieciowe jest poza założoną tolerancją (zwykle odchylenia od napięcia nominalnego w zakresie od -10% do +15%). Podczas pracy normalnej (praca z sieci elektroenergetycznej) UPS zasilą odbiorniki poprzez proste filtry biernie i ładuje baterie akumulatora poprzez prostownik. W tych zasilaczach zawsze występuje czas przełączenia na zasilanie z baterii, będący sumą czasu detekcji zaniku napięcia oraz czasu przełączenia i uruchomienia falownika. Zasilacze wykonane w tej topologii buduje się z reguły o mocach znamionowych od kilkuset VA do kilku kVA.



Line-interactive

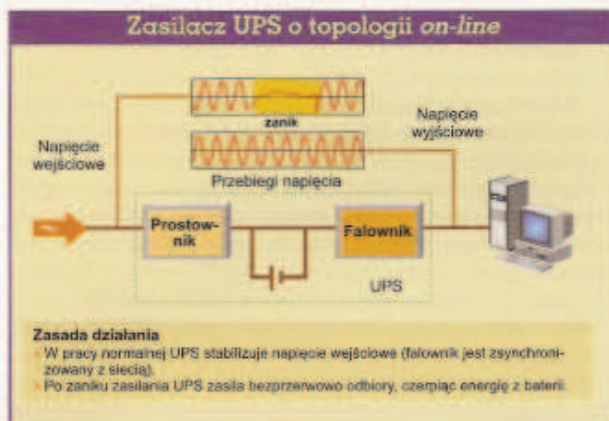
Zasilacze UPS *line-interactive* są najczęściej stosowane do zabezpieczania takich elementów systemu teleinformatycznego, jak serwery, wysoko wydajne stacje robocze i inne bardziej istotne punkty systemu teleinformatycznego. UPS-y oparte na tej topologii zapewniają w czasie zaniku napięcia szybkie przełączenie na zasilanie z falownika, który jest zsynchronizowany z siecią zasilającą. Falownik jest podłączony równolegle do napięcia zasilania, dokonując ładowania baterii akumulatorów. Zasilacze tego typu charakteryzują się wysoką sprawnością (mają niższe straty ciepłe). W porównaniu z topologią *true on-line* mają gorsze właściwości filtrujące. Buduje się je w zakresie mocy od kilkuset VA do kilkunastu kVA zarówno jako wolno stojące, jak i przeznaczone do zabudowy w szafach.

On-line

UPS-ami, które w pełni zapewniają ochronę przed wszelkimi zakłóceniami dzięki ciągłemu wytwarzaniu napięcia wyjściowego o ściśle określonych parametrach, są UPS-y *on-line*. Większość zasilaczy dużej mocy powyżej 10 kVA to UPS-y zbudowane z wykorzystaniem topologii *on-line*. Rozwiązanie to jest najczęściej stosowane w wariantcie zasilania centralnego, rzadko natomiast występuje w wariantcie rozproszonego zabezpieczenia zasilania (głównie ze względu na wyższą cenę).

UPS-y wykonane przy użyciu tej topologii zapewniają ciągłe utrzymanie stabilizowanego napięcia dzięki ciągłemu przetwarzaniu energii elektrycznej z wejścia na napięcie stałe i z powrotem na przemiennie poprzez falownik pracujący synchronicznie z siecią. W razie zaniku napięcia zasilającego układ falownika czerpie energię z baterii akumulatorów, która jest na stałe podłączona do jego wejścia, nie występuje więc czas przełączania. Zasilacze tego typu występują w pełnym przedziale mocy od kilkuset VA do kilkuset kVA. W zależności od sposobu budowy dokonuje się podziału UPS-ów *on-line* na:

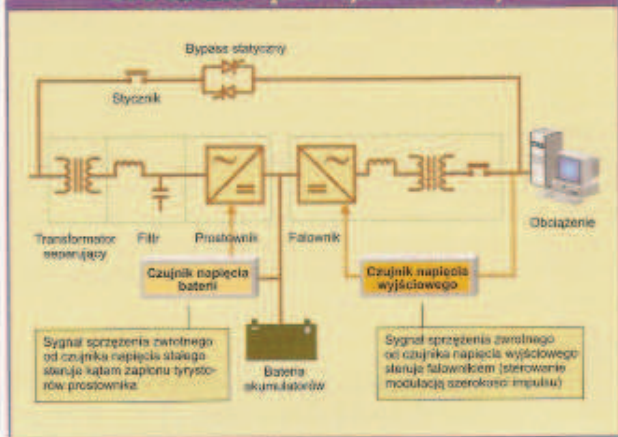
- UPS *on-line* wykonane w technologii podwójnej konwersji (*Double Conversion*).
- UPS *on-line* wykonane w technologii konwersji Delta (*Delta Conversion*).



UPS on-line z podwójną konwersją

UPS-y wykorzystujące podwójną konwersję (*Double Conversion On-Line*) są najczęściej stosowanymi urządzeniami w zakresie mocy powyżej 10 kVA. Zasilacz wykonany w tej technologii jest zbudowany z prostownika (tyrystorowego bądź diodowo-tranzystorowego) i falownika tranzystorowego. Energia prądu stałego służy do zasilania falownika i ładowania baterii akumulatorów. Falownik wytwarza pozbawione zniekształceń i o ściśle określonych parametrach napięcie, które zasilą urządzenia odbiorcze. W czasie zaniku napięcia sieci zasilającej UPS podtrzymuje zasilanie podłączonych urządzeń, pobierając energię zgmagazynowaną w baterii akumulatorów – przełączenie takie nie wywołuje żadnych zakłóceń napięcia na wyjściu. W tym rozwiązaniu jest dokonywana pełna konwersja mocy wejściowej na napięcie stałe i z powrotem na napięcie zmienne, co powoduje pogorszenie sprawności systemu i – co jest z tym związane – niepożądane straty ciepłe.

UPS on-line – podwójna konwersja



Zasilacze wykonane z zastosowaniem technologii podwójnej konwersji on-line są najczęściej wyposażone w falowniki sterowane modulacją szerokości impulsu (*Pulse Width Modulation*), które zapewniają sinusoidalny przebieg napięcia na wyjściu. Falownik pracuje stale, obciążony pełną mocą zasilanych z niego odbiorników, co może być przyczyną zmniejszenia niezawodności półprzewodnikowych obwodów mocy, a energia tracona w wyniku niskiej sprawności stanowi znaczącą część kosztów eksploatacji UPS-ów. Prąd pobierany z sieci elektroenergetycznej przez tyrystorowy prostownik wejściowy (6- lub 12-pulsowy), który jest odbiornikiem nieliniowym, może powodować zakłócenia w instalacji elektrycznej budynku. Obecnie w UPS-ach tego typu coraz częściej są stosowane prostowniki diodowo-transystorowe działające z wysoką częstotliwością przełączania (przekształtniki DC/DC), które nie wnoszą do sieci zasilającej praktycznie żadnych zniekształceń.

UPS on-line z konwersją Delta

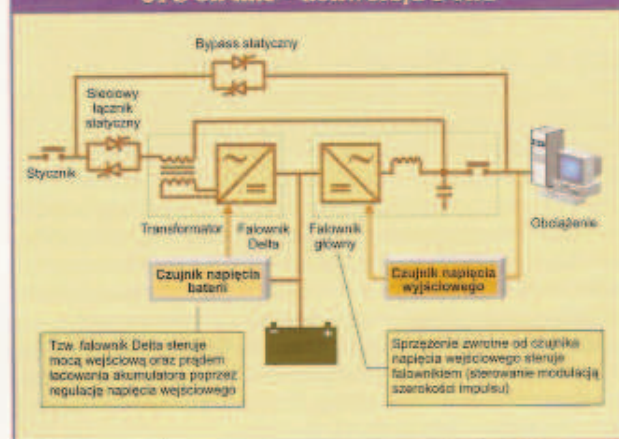
Zasilacz UPS on-line z konwersją Delta jest zbudowany z dwóch falowników:

- falownika głównego,
- falownika Delta.

Podobnie jak w przypadku podwójnej konwersji on-line, UPS zasila podłączone urządzenia z wyjścia falownika. Falownik główny pracuje synchronicznie z siecią i utrzymuje stabilizowane napięcie wyjściowe w każdym trybie pracy. Falownik Delta natomiast steruje wejściowym współczynnikiem mocy, reguluje prąd ładowania baterii i dodaje kompensacyjne napięcie różnicowe pomiędzy napięciem sieci a napięciem wyjściowym.

Ładowanie baterii następuje poprzez falownik główny (który może przepuszczać energię w obu kierunkach), ale za wartość prądu ładowania jest odpowiedzialny odpowiednioysterowany falownik Delta.

UPS on-line – konwersja Delta



UPS, wykorzystujący technologię Delta, podobnie jak zasilacz podwójnej konwersji, w sposób ciągły stabilizuje napięcie na wyjściu. W przypadku zaniku napięcia i pracy z baterii UPS z konwersją Delta zasila odbiory poprzez falownik główny, czerpiąc energię z baterii akumulatorów.

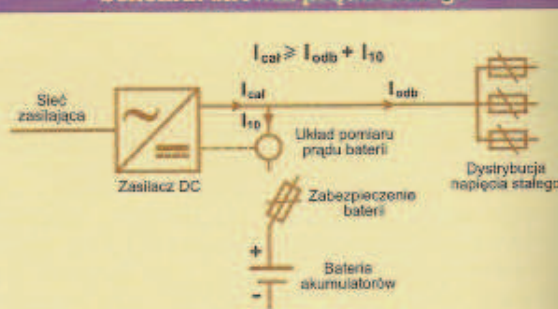
W trybie pracy normalnej (zasilanie UPS z sieci) zasilacz wykonany w tej technologii ma zwykle wyższą sprawność w porównaniu z jednostkami wykorzystującymi podwójną konwersję. Dodatkową zaletą konwersji Delta jest korekcja wejściowego współczynnika mocy, co ma szczególne znaczenie w przypadku systemów dużej mocy, gdyż pozwala na optymalne wykorzystanie elektroenergetycznej sieci zasilającej (praktycznie brak poboru mocy bierniej).

Technologia Delta gwarantuje niezniekształcony pobór prądu z sieci elektroenergetycznej, co odpowiada niskiej, poniżej 3% emisji zniekształceń harmonicznych. W przypadku współpracy UPS-ów, wykonanych z zastosowaniem tej technologii, z agregatem prądowórczym nie ma potrzeby przewymiarowania jego mocy. Dzięki osiągniętemu wysokiemu współczynnikowi mocy wejściowej UPS-a nie występuje konieczność przewymiarowania przekroju przewodu neutralnego, co jest często niezbędne przy zasilaniu dużych systemów teleinformatycznych.

Siłownie DC

Siłownie stałoprądowe są głównie wykorzystywane do zasilania central oraz dużych serwerów dostępowych i billingowych, zapewniając ich bezprzerwowe działanie, niezbędne w przypadku oferowania usług telefonicznych i transmisji danych.

Schemat siłowni prądu stałego



Zasada działania

Zasilacz DC zasila odbiory napięcia stałego oraz ładuje baterie akumulatorów. Moc zasilacza powinna uwzględnić moc odbiorników oraz moc potrzebną do ładowania baterii.

Współczesna siłownia napięcia stałego składa się z trzech podstawowych części:

- modułów zasilaczy DC – łączonych równolegle;
- baterii akumulatorów;
- modułu rozdziału energii.

Systemy zasilania stałoprądowego mogą być zabudowywane w szafce naściennej (urządzenia niewielkiej mocy do kilku kW), w szafie, gdzie istnieje możliwość zabudowania baterii, lub z bateriami zamontowanymi na zewnętrznych stojakach (systemy dużej mocy).

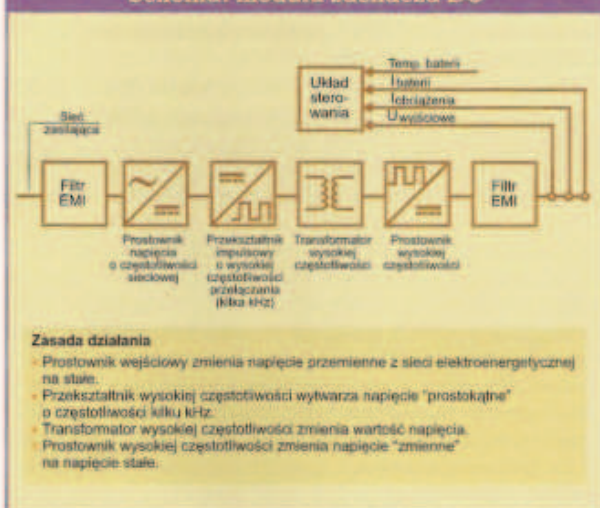
W przypadku montażu zasilacza i baterii we wspólnej szafie w jej górnej części montuje się moduły zasilaczy DC i zabezpieczenia, a w dolnej baterię. Taki sposób montażu podyktowany jest dużą masą baterii oraz wydzielaniem się ciepła z prostowników. Moduły zasilaczy montowane są w sposób umożliwiający ich szybką wymianę w razie awarii. Większość oferowanych siłowni umożliwia skalowalność mocy oraz redundancję dzięki stosowaniu pracujących równolegle modułów prostowniczych. Praca równoległa tych modułów jest zdecydowanie prostsza w realizacji i była stosowana znacznie wcześniej niż modułów falownikowych (prądu

przemienne). Większość oferowanych obecnie siłowni posiada dodatkowe funkcje, takie jak zabezpieczenie przed nadmiernym rozładowaniem baterii, kontrola ciągłości obwodu baterii, termiczna korekcja napięcia ładowania oraz moduł monitoringu.

Zasilacz DC

Prostowniki zmieniające energię prądu przemiennego na prąd stały były jednymi z pierwszych urządzeń energoelektronicznych wykorzystywanych w technice. Postęp w dziedzinie energoelektroniki na przełomie ostatnich dwudziestu lat wpłynął na duże zmiany w konstrukcji i zasadzie działania tych urządzeń. Współczesne zasilacze DC wykonywane są w technice tranzystorowej z pierwotnym taktowaniem. Zasilacze te prostują bezpośrednio napięcie z sieci prądu przemiennego, które po wygładzeniu jest zamieniane na napięcie przemiennie o wysokiej częstotliwości i podawane na specjalny transformator, a następnie ponownie prostowane i wygładzane. Pozwoliło to na znaczące zredukowanie masy i ich wymiarów oraz polepszenie parametrów wejściowych i wyjściowych w stosunku do chociażby urządzeń wykorzystujących tyrystory.

Schemat modułu zasilacza DC



Stabilizowane zasilacze DC o wysokiej częstotliwości przetwarzania z pierwotnym taktowaniem mają następujące zalety:

- małe wymiary, małą masę oraz wysoką sprawność;
- możliwość pracy w szerokim zakresie napięcia wyjściowego;
- podtrzymanie napięcia wyjściowego, przy krótkim zaniku przemiennej napięcia wejściowego (maksymalnie 5 okresów);
- dostarczają stabilizowanego napięcia wyjściowego i umożliwiają ekonomiczne wykorzystanie źródła zasilania.

Rozwiązania zasilania gwarantowanego

W zależności od sposobu połączenia zasilaczy z urządzeniami odbiorczymi dokonuje się podziału na następujące warianty zabezpieczenia zasilania:

- zasilanie rozproszone;
- zasilanie centralne;
- zasilanie strefowe.

Wyboru wariantu powinno dokonać się na podstawie czynników:

- oczekiwanej niezawodności systemu;
- kryteriów ekonomicznych;
- możliwości przystosowania instalacji elektrycznej;
- możliwości zapewnienia właściwych warunków montażu.

Rozproszone zabezpieczenie zasilania

Rozproszone zabezpieczenie zasilania systemów teleinformatycznych, mimo panującej ostatnio tendencji centralnego zabezpieczenia zasilania, jest nadal często stosowane. Wariant zasilania rozproszonego polega na zabezpieczeniu poszczególnych składników systemu teleinformatycznego poprzez zastosowanie UPS-ów zasilających pojedyncze urządzenie lub ich niewielką grupę (zwykle dwa lub trzy urządzenia). Zasilanie rozproszone stosuje się zwykle tam, gdzie najważniejszym kryterium wyboru jest cena. Nie występuje tutaj bowiem konieczność przebudowywania instalacji elektrycznej w budynku, gdyż zabezpieczane urządzenia są bezpośrednio podłączone do zasilacza UPS. Rozwiązanie to wykorzystuje się przy zabezpieczeniu mniej ważnych systemów, gdzie nie ma konieczności awaryjnego zasilania wszystkich urządzeń. Taki sposób zabezpieczenia zasilania stosuje się zwykle w obiektach już istniejących, gdzie koszty związane z zakupem centralnego zasilacza UPS i przebudowy istniejącej instalacji elektrycznej są zbyt duże. Podstawową zaletą zasilania rozproszonego są jego zdolności adaptacyjne pozwalające dostosować się do zmieniającego się obciążenia – liczba zainstalowanych UPS-ów zależy od liczby aktualnie pracujących urządzeń. W przypadku rozbudowy systemu teleinformatycznego o nowe elementy wystarczy na ich potrzeby zainstalować dodatkowe zasilacze.

W wariantcie zasilania rozproszonego są używane praktycznie wszystkie topologie zasilaczy. Najczęściej stosowanymi zasilaczami UPS dla tego sposobu zabezpieczenia są urządzenia wykonane w technologii *off-line*. Należą one do rozwiązań najtańszych, lecz stanowiących stosunkowo słabą ochronę. Przy zmniejszającej się różnicy w cenach między UPS-ami wykonanymi w topologiach *off-line* i *line-interactive* oraz *on-line* użytkownicy coraz częściej decydują się na zasilacze, które zapewniają lepszą ochronę.

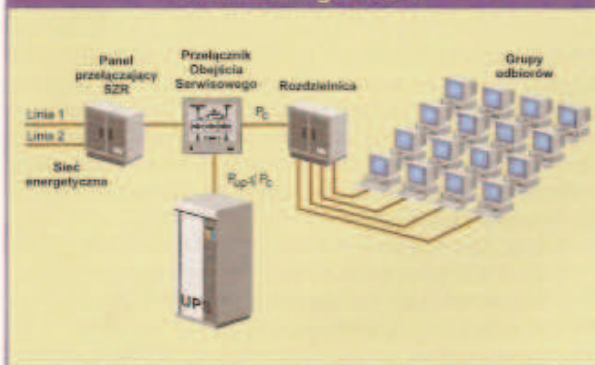
Zasilacze stosowane w tym wariantcie mogą być przystosowane do montażu w szafie (wersja *rack*) oraz oferowane w wersji wolno stojącej.

Centralne zabezpieczenie zasilania

Centralne zabezpieczenie zasilania polega na kompleksowym zabezpieczeniu systemu teleinformatycznego poprzez dedykowaną instalację elektryczną z centralnego systemu UPS.

Takie rozwiązanie stosuje się najczęściej do zabezpieczenia systemów o dużym znaczeniu (np. centrów przetwarzania danych), gdzie ewentualne koszty utraty danych lub przestoju są wyjątkowo duże. W rozwiązaniu tym wykorzystuje się praktycznie wyłącznie UPS-y wykonane w topologii *on-line* zarówno o budowie klasycznej, jak i modułowej. Centralne zasilacze UPS są instalowane zwykle w konfiguracji redundancyjnej (nadmiarowej) 2N lub N+1 w celu zapewnienia jak najwyższej niezawodności przekraczającej 99,9%. UPS-y centralnie zabezpieczające system informatyczny są urządzeniami o dużej mocy (powyżej 40 kVA) i powinny być instalowane w innym pomieszczeniu niż pozostały sprzęt IT ze względu na ich duże straty ciepła, konieczność stosowania klimatyzacji o odpowiednio dużej wydajności oraz stosunkowo duży poziom głośności. Centralny zasilacz UPS powinien być wyposażony w serwisowy przełącznik obejściowy umożliwiający jego wyizolowanie (wyłączenie) dla celów serwisowych bez powodowania przerwy w zasilaniu odbiorców.

Zasilanie systemu teleinformatycznego z centralnego UPS-a



Przy stosowaniu tego wariantu zabezpieczania zasilania konieczne jest również zastosowanie wyłącznika awaryjnego UPS (EPO), który pozwala na wyłączenie zasilania np. podczas pożaru. Powinien on być zlokalizowany zgodnie z planem ochrony przeciwpożarowej budynku. Do wydzielonego pomieszczenia, w którym zostanie umieszczony UPS, powinna być doprowadzona oczywiście sieć logiczna umożliwiająca zdalne monitorowanie i zarządzanie zasilaczem.

Strefowe zabezpieczenie zasilania

Zasilanie strefowe polega na zabezpieczeniu zasilania poszczególnych grup urządzeń systemu teleinformatycznego (kilkunastu do kilkunastu) poprzez zasilanie każdej z nich oddzielnym zasilaczem UPS. Wariant ten pozwala połączyć korzystne cechy zasilania rozproszonego i centralnego. Dzięki stosowaniu większej liczby zasilaczy awaria jednego z nich nie powoduje przestoju całego systemu teleinformatycznego. Liczba zasilaczy nie jest duża, w związku z czym nie występują problemy z ich właściwym nadzorem. W wariantcie zasilania strefowego wykorzystywane są najczęściej zasilacze UPS wykonane w technologii *on-line* lub *line-interactive*. Coraz częściej w tym wariantcie stosuje się zasilacze o budowie modułowej przystosowane do montażu w szafie (wersja *rack*). Rozwiązanie strefowe wykorzystuje się jednak stosunkowo rzadko, głównie ze względu na jego większe koszty – więcej jednostek UPS o dużych mocach. W przypadku ochrony strefowej stosowane są zasilacze UPS o mniejszej mocy, najczęściej zlokalizowane w tych samych pomieszczeniach co pozostały sprzęt teleinformatyczny.



Niezawodność – układy redundancyjne zasilaczy UPS

Aby zmniejszyć możliwość awarii systemu zasilania, stosuje się zwielokrotnienie krytycznych elementów lub całych systemów tak, by otrzymana struktura zasilania zapewniała wymagany poziom niezawodności. Należy bowiem pamiętać, że UPS jest urządzeniem bardzo skomplikowanym, w związku z czym zawsze istnieje możliwość wystąpienia awarii któregoś z podzespołów, co może w konsekwencji spowodować utratę danych i przestój całego systemu teleinformatycznego. W zależności od stopnia zwielokrotnienia i sposobu współpracy zasilaczy UPS możemy dokonać następującego podziału układów redundancyjnych:

1. Układ redundancyjny N+1
 - w wersji do pracy równoległej zasilaczy,
 - w wersji z przełącznikiem statycznym.
2. Układ redundancyjny 2N
 - w wersji z przełącznikiem statycznym.
3. Układ kaskadowy

Redundancja N+1

W układzie redundancyjnym N+1 urządzenia systemu teleinformatycznego są zasilane z N+1 równoległo połączonych UPS-ów lub (w przypadku zasilaczy modułowych) niezależnych modułów mocy. Każdy z nich jest obciążony mocą

$$P_N = \frac{N}{N+1} * P_C \quad (\text{gdzie } P_C - \text{moc zasilanych odbiorników, } N - \text{liczba UPS-ów lub modułów})$$

W związku z tym – jak łatwo zauważyć – im większa liczba elementów (UPS-ów bądź modułów), tym pełniejsze wykorzystanie ich mocy. W przypadku uszkodzenia jednego z zasilaczy (modułu mocy) pozostałe zaczynają pracować z mocą nominalną i przejmują bezprzerwowo całe obciążenie. W związku z poważnymi różnicami występującymi przy stosowaniu tego układu redundancji w zależności od stosowanego rodzaju UPS-a należy rozróżnić:

- zasilanie z centralnego UPS-a w konfiguracji redundancyjnej N+1 – przy wykorzystaniu UPS-ów klasycznych;
- zasilanie z centralnego UPS-a w konfiguracji redundancyjnej N+1 – przy wykorzystaniu UPS-ów modułowych.

Zasilanie z centralnego UPS-a w konfiguracji redundancyjnej N+1 przy wykorzystaniu UPS-ów klasycznych

Zasilacze UPS pracujące w konfiguracji nadmiarowej N+1 muszą się składać z minimum trzech jednostek klasycznych pracujących równoległo (z połączeniami galwanicznie wyjściami).

W przypadku klasycznych UPS-ów jest to rozwiązanie stosunkowo skomplikowane technicznie (praca równoległa wielu zasilaczy UPS wymaga przestrzegania dosyć kłopotliwych do spełnienia warunków ich instalacji) i w związku z tym jest droższe. Ponadto wszystkie zasilacze pracujące równoległo muszą być wyposażone w specjalne układy sterujące. W przypadku pracy równoległej więcej niż trzech zasilaczy często trzeba stosować dodatkowe urządzenia. Niektóre zasilacze w przypadku trybu pracy równoległej wielu jednostek (więcej niż czterech) muszą być wyposażone w zewnętrzny elektroniczny przetwornik obojętny. W związku z tym należy się liczyć ze zdecydowanie wyższymi nakładami niż by to wynikało z prostej arytmetyki. Ze względu na większą złożoność układ ten jest bardziej kłopotliwy w eksploatacji dla niedoświadczonej obsługi, co może być powodem jego większej zawodności. Jeśli chodzi natomiast o aspekt ekonomiczny, rozwiązanie jest stosunkowo drogie, co powoduje, iż jest rzadko stosowane w obiektach tworzonych od podstaw. Taki wariant powstaje zwykle w wyniku rozbudowy systemu 2N w związku ze zwiększonym zapotrzebowaniem mocy spowodowanym rozbudową systemu teleinformatycznego.

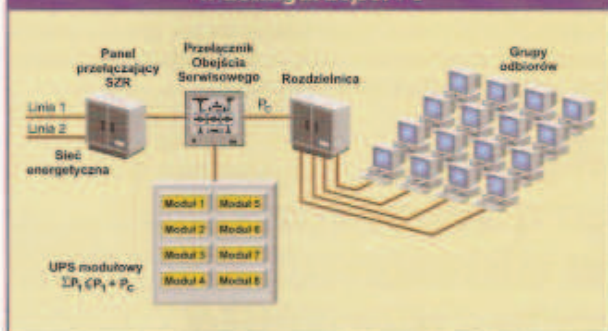


Zasilanie z centralnego UPS-a w konfiguracji redundancyjnej N+1 przy wykorzystaniu UPS-ów modułowych

Stosowanie układu N+1 jest wyjątkowo korzystne przy wykorzystaniu UPS-ów o budowie modułowej, ponieważ zasilamy pojedynczy zasilacz, a nie kilka pracujących równoległo (omijają nas problemy związane z koniecznością

spełnienia kłopotliwych warunków dotyczących wykonania elektrycznej instalacji zasilającej dla UPS-ów pracujących równolegle). Rozwiązanie takie cechuje się dużymi zdolnościami adaptacyjnymi, dzięki czemu można dostosować moc zasilacza UPS do zwiększającego się obciążenia, co pozwala uniknąć niepotrzebnych kosztów. Zmiana mocy UPS-a jest realizowana poprzez dodawanie bądź odejmowanie modułów mocy w zależności od zmian mocy pobieranej przez system. Również koszty związane z serwisowaniem tego typu urządzeń są mniejsze – wymiana uszkodzonego modułu może dokonać osoba po krótkim przeszkoleniu przez serwis producenta. Czas usunięcia awarii, dzięki budowie modułowej, jest też zdecydowanie krótszy, co pozwala znacząco zminimalizować czas przestoju i tym samym zniwelować straty finansowe. W miejscu instalacji UPS-a można przechowywać zapasowe moduły mocy, co w razie awarii pozwoli na ograniczenie czasu usunięcia usterki do kilkunastu minut. Moduły UPS mogą być montowane w uniwersalnych szafach 19", co umożliwia integrację w jednym typie zabudowy całej infrastruktury systemu teleinformatycznego. Pozwala to również na optymalne wykorzystanie miejsca i sprawniejsze zarządzanie systemem teleinformatycznym, zwiększając istotnie jego niezawodność. Dzięki łatwemu montażowi dodatkowych urządzeń zapewniających urządzeniom teleinformatycznym właściwe parametry pracy (np. optymalny przepływ powietrza chłodzącego) oraz sprzętu do monitorowania środowiska zyskujemy jeszcze większą niezawodność całego systemu.

Zasilanie systemu teleinformatycznego z centralnego UPS-a w wersji modułowej w konfiguracji N+1



Redundancja 2N

W układzie o redundancji 2N system teleinformatyczny jest zasilany przez dwa równolegle połączone UPS-y lub niezależne moduły mocy. Każdy z nich może być obciążony maksymalnie połową mocy znamionowej. Jeśli uszkodzeniu ulegnie jeden z zasilaczy, pozostały przejmuje całość obciążenia i zaczyna pracować z mocą nominalną. W zależności od sposobu współpracy zasilaczy można wyróżnić:

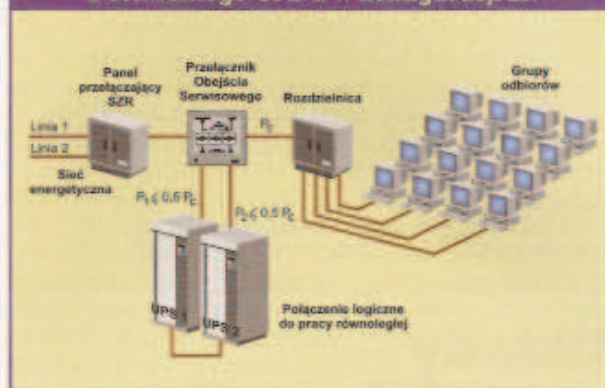
- układ 2N w wersji dla pracy równoległej zasilaczy,
- układ 2N w wersji z przełącznikiem statycznym.

Układ 2N w wersji dla pracy równoległej zasilaczy

Wariant centralnego zasilania w konfiguracji redundancyjnej 2N polega na połączeniu równoległym dwóch UPS-ów – każdy o takiej samej mocy, przy czym moc pojedynczego zasilacza musi być większa niż całkowita moc odbiorcy. Większość zasilaczy UPS, oferowanych przez znanych producentów światowych, umożliwia pracę równoległą nawet kilku jednostek. Takie rozwiązanie jest najczęściej stosowane w przypadku systemów dużej mocy (powyżej 40 kVA). W układzie tym pracujące równolegle urządzenia mają galwanicznie połączone wyjścia. Ponadto zasilacze te są wyposażone zazwyczaj w dodatkowe urządzenia pozwalające na komunikację między nimi w celu zapewnienia przepływu informacji układów sterujących poszczególnych jednostek UPS.

Ten wariant zasilania cechuje się wysoką niezawodnością, gdyż urządzenia pracują synchronicznie, dzieląc się proporcjonalnie mocą, i w ra-

Zasilanie systemu teleinformatycznego z centralnego UPS-a w konfiguracji 2N



zie awarii jednego, drugi może przejąć całe obciążenie bez jakiegokolwiek zaniku napięcia na wyjściu systemu. W przypadku konieczności przeprowadzenia działań serwisowych, takich jak ocena techniczna stanu baterii czy uaktualnienie oprogramowania kontrolera, można bez przerywania zasilania wyizolować jeden z zasilaczy, zapewniając ochronę systemu z drugiego zasilacza. Największą wadą takiego systemu jest stosunkowo długi czas usunięcia ewentualnych awarii UPS-ów, zależny od czasu reakcji serwisu producenta. Aby zagwarantować krótki czas naprawy, użytkownik musi zazwyczaj podpisać odpowiednią umowę z dostawcą, gdyż w przypadku rozwiązań klasycznych nie jest możliwa ingerencja w system przez osoby nieuprawnione. Wiąże się to więc z dodatkowymi kosztami, które należy uwzględnić w chwili zakupu.

Układ 2N w wersji z przełącznikiem statycznym

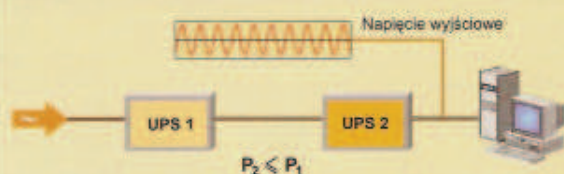
W przypadku zasilaczy o mocach od kilku do kilkunastu kVA, które nie pozwalają na pracę w trybie równoległym (UPS-y nie mogą pracować z połączonymi galwanicznie wyjściami), stosuje się szybko przełączniki statyczne (tyrystorowe bądź tranzystorowe) w celu zapewnienia redundancji 2N. W układzie tym występują dwa zasilacze o tych samych mocach (każdy o mocy mniejszej bądź równej mocy odbiorników), przy czym tylko jeden UPS zasila odbiory – drugi pracuje nieobciążony (jest odłączony od odbiorników). W razie awarii UPS-a (obciążonego) przełącznik przełącza odbiory na zasilanie z drugiego, który wcześniej pracował jako tzw. gorąca rezerwa (był nieobciążony). Taki układ nie może zapewnić bezprzerwowego zasilania w razie awarii jednego z zasilaczy, gdyż czas przełączania, który jest sumą czasu detekcji zakłócenia i szybkości działania przełącznika statycznego, jest równocześnie czasem przerwy w zasilaniu. Czas stanu nieustalonego związanego z takim przełączeniem może wahać się od kilkunastu do kilkudziesięciu milisekund w zależności od zastosowanego przełącznika oraz od tego, dla jakiej wartości chwilowej napięcia sinusoidy nastąpiło przełączenie.

Również UPS-y modułowe mogą pracować w konfiguracji 2N, ale ze względu na możliwość pracy w układzie N+1 jest to wariant rzadko spotykany (niekorzystny stosunek kosztów do wzrostu niezawodności układu 2N) i stosowany jedynie do zasilania najbardziej neralgicznych systemów teleinformatycznych.

Układ kaskadowy

Układ kaskadowy polega na pracy zasilaczy w układzie szeregowym, tzn. UPS o większej mocy zasila UPS, który zasila zabezpieczone urządzenia. Dzięki temu, iż jeden z zasilaczy nie jest zasilany bezpośrednio z sieci, jest mniej narażony na uszkodzenie związane z zakłóceniami w sieci elektroenergetycznej (np. wysokoenergetycznymi przepięciami), co wpływa na zwiększenie niezawodności całego systemu. Wadą takiego rozwiązania jest to, iż w razie awarii ostatniego zasilacza w łańcuchu następuje przerwa w zasilaniu odbiorów.

Układ kaskadowy zasilaczy UPS



Zasada działania

- UPS 1 zasila wejście UPS 2, który zasila odbiornik.
- W razie awarii UPS 1, UPS 2 zasila odbiornik do wyładowania baterii.

Układy redundancyjne siłowni stałoprądowych

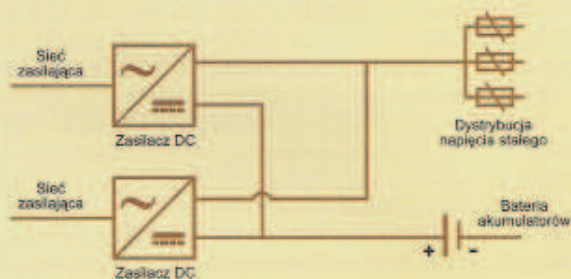
W celu zapewnienia większej niezawodności układu zasilającego podobnie jak w systemach zasilaczy UPS, tak i dla siłowni stałoprądowych stosuje się nadmiarowość liczby elementów. Stosowanie systemów z redundancją zwiększa niezawodność zasilania odbiorników. W systemach stałoprądowych wyróżnia się następujące układy redundancyjne:

1. Układ redundancyjny zasilaczy ze wspólną baterią.
2. Układ redundancyjny zasilaczy z oddzielnymi bateriami.

Układ redundancyjny zasilaczy ze wspólną baterią

Układ redundancyjny zasilaczy współpracujący ze wspólną baterią jest dość często stosowanym rozwiązaniem. W systemie tym występuje tylko nadmiarowość liczby zasilaczy w konfiguracji 2N lub N+1, a całość systemu ma wspólną baterię. Zastosowanie wspólnej baterii wynika z faktu, iż jest to element, którego prawdopodobieństwo uszkodzenia jest najmniejsze ze względu na zdecydowanie prostszą budowę od prostownika. Zaletą tego rozwiązania jest niższa cena, wadą natomiast to, iż w przypadku uszkodzenia zestawu baterii system nie zapewni autonomii zasilania.

Układ redundancyjny zasilaczy ze wspólną baterią



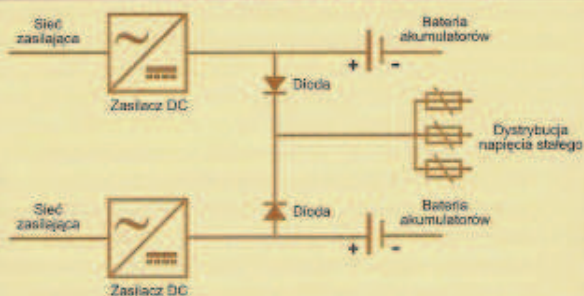
Zasada działania

- Oba zasilacze DC są podłączone do wspólnej baterii.
- W razie awarii jednego z zasilaczy DC pozostałe przejmują obciążenie.

Układ redundancyjny zasilaczy z oddzielnymi bateriami

Innym wariantem stosowanym w celu zwiększenia niezawodności jest zastosowanie układu nadmiarowego zasilacz – bateria. W rozwiązaniu tym każdy zasilacz współpracuje z przypisaną sobie baterią. Wszystkie występujące

Układ redundancyjny zasilaczy z oddzielnymi bateriami



Zasada działania

- W razie awarii jednego z zasilaczy DC pozostałe przejmują obciążenie.
- W przypadku uszkodzenia jednego zestawu baterii czas autonomii ulega zmniejszeniu.
- Diody zwrotnie zabezpieczają przed płynięciem prądów wyrównawczych pomiędzy bateriami.

w systemie układy baterii i zasilaczy mają ze sobą połączone poprzez diody wyjścia i pracują równolegle. Zastosowanie diod wynika z konieczności zabezpieczenia baterii przed płynięciem pomiędzy nimi prądów wyrównawczych. Występowanie tych prądów wynika z różnicy napięć poszczególnych baterii spowodowanej zwykle różnym stopniem „zużycia” i jest niezwykle niekorzystne, przyczyniając się do przyspieszenia procesu starzenia baterii. Często w celu ograniczenia kosztów systemu dobiera się pojemności baterii przy założeniu, iż projektowany czas autonomii jest osiągnięty tylko przy prawidłowej pracy obu zespołów akumulatorów, w przypadku awarii jednej z baterii czas autonomii ulega zmniejszeniu o połowę.

Agregat prądowórczy w układzie zabezpieczenia zasilania

Agregaty prądowórcze są od wielu lat wykorzystywane do zapewnienia zasilania w razie awarii sieci elektroenergetycznej. Składają się z następujących podstawowych elementów:

1. silnika spalinowego (diesla, benzynowego bądź gazowego),
2. prądnicy synchronicznej,
3. układu regulacji i sterowania.

Wiele instytucji, takich jak służba zdrowia, wojsko, jest zobligowanych do stosowania tego typu urządzeń. Również coraz częściej, w związku ze znacznymi kosztami przestoju systemów teleinformatycznych, są one zabezpieczone przez agregaty prądowórcze, które umożliwiają uniezależnienie się od sieci elektroenergetycznej. Agregat prądowórczy wyposażony w specjalne układy automatyki umożliwia pracę synchroniczną z siecią elektroenergetyczną – jest to jednak rozwiązanie występujące niezwykle rzadko. W zdecydowanej większości przypadków służy on jedynie jako rezerwowe źródło zasilania. Zespoły prądowórcze są budowane w wersjach do instalacji zarówno wewnątrz budynku, jak i na zewnątrz. Zawierają specjalne obudowy odporne na warunki atmosferyczne i zapewniające odpowiednie wyciszenie.

Celowość stosowania

Systemy ochrony zasilania złożone tylko z zasilaczy UPS są stosowane najczęściej w przypadku, gdy zabezpieczany obiekt ma zasilanie z kilku niezależnych linii energetycznych i w związku z tym prawdopodobieństwo wystąpienia długotrwałych przerw w dostawie energii elektrycznej jest znikome lub

gdy użytkownik liczy się z wystąpieniem takiego ryzyka. W razie potrzeby zapewnienia zasilania podczas długotrwałych zaników napięcia zasilania konieczne staje się zainstalowanie agregatu prądowłórczego, współpracującego z systemem zasilania UPS. Generatory prądowłórcze są zwykle stosowane jako rezerwowe źródło zasilania wszędzie tam, gdzie wymagany czas podtrzymania przekracza 50 min, ze względu na wysokie koszty związane z zakupem baterii akumulatorów o odpowiedniej pojemności.

Podstawowe warunki instalacji

Instalacja i podłączenie agregatu prądowłórczego do sieci elektroenergetycznej odbywa się za pośrednictwem tzw. układu załączenia rezerwy (ręcznego bądź automatycznego) uniemożliwiającego zwrotne podanie napięcia do sieci. Przed podłączeniem agregatu do sieci należy zwrócić się do dystrybutora energii elektrycznej (zakładu energetycznego) w celu uzyskania pozwolenia na jego zainstalowanie. Zespoły prądowłórcze są dostępne w wersjach bez obudowy oraz w obudowach zapewniających możliwość instalacji na zewnątrz oraz odpowiedni stopień wyciszenia. Generatory wyposażone w obudowy dźwiękochłonne i przeciwdeszczowe mogą być eksploatowane zarówno wewnątrz budynków, jak i na zewnątrz (wiaty, tarasy, dachy budynków). Jeżeli generator ma być umieszczony i eksploatowany na zewnątrz budynku, nie ma potrzeby prowadzenia dodatkowych instalacji układów odprowadzenia spalin i gorącego powietrza. Konieczne jest wówczas odpowiednio wytrzymałe podłoże umożliwiające zamocowanie agregatu prądowłórczego. Obudowa generatora zapewnia pełną odporność na zewnętrzne warunki atmosferyczne, a układy podgrzewania powietrza w kolektorze ssącym podczas rozruchu silnika i podgrzewania cieczy chłodzącej i ładowania akumulatora w czasie postoju generatora zapewniają bezawaryjny start i pracę w temperaturze otoczenia do -30°C . Instalacja agregatu prądowłórczego wewnątrz budynku jest skomplikowana i wymaga spełnienia wielu warunków dotyczących:

- pomieszczenia,
- układu odprowadzenia spalin i gorącego powietrza.

Wymagania dotyczące pomieszczenia

Projekt pomieszczenia na generator powinien mieć akceptację służb przeciwpożarowych oraz być zgodny z normami BHP. W celu wyboru właściwej lokalizacji pomieszczenia, w którym zostanie umieszczony agregat prądowłórczy, należy uwzględnić poniższe uwarunkowania:

- zalecane minimalne wymiary pomieszczenia przedstawia rysunek obok;
- drzwi pomieszczenia powinny mieć odpowiednią szerokość;
- podłoże powinno być niepalne i gwarantować możliwość zakotwienia (zamocowania) generatora oraz izolowanie od drgań;
- w przypadku agregatów dużej mocy ze względu na ich dużą masę zaleca się posadowienie ich na poziomie 0 (poziom gruntu).

Wymagania dotyczące układu odprowadzenia spalin i gorącego powietrza

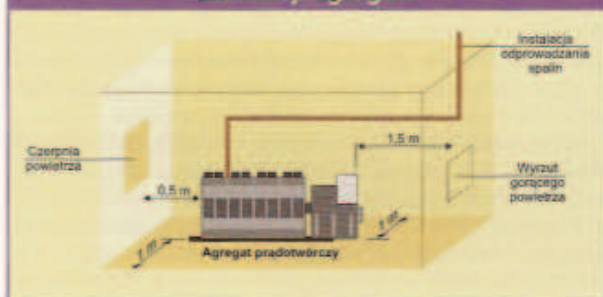
Przy montażu agregatu prądowłórczego w pomieszczeniu trzeba mieć świadomość konieczności budowy instalacji doprowadzającej powietrze potrzebnej do procesu spalania paliwa w silniku spalinowym i jego chłodzenia. Trzeba też pamiętać, iż silnik spalinowy ma stosunkowo niewielką sprawność, w związku z czym ilość energii oddawanej do układu chłodzenia oraz wypromieniowanej do otoczenia przewyższa moc użyteczną (moc elektryczną prądnicy). Konieczne jest również wykonanie instalacji odprowadzającej spaliny na zewnątrz budynku, zgodnie z zasadami ochrony środowiska.

Prawidłowa współpraca z zasilaczami UPS

Doświadczenie pokazuje, że UPS-y i generatory nie zawsze potrafią współpracować, co często prowadzi do niestabilności całego systemu zasilania. Moc i pozostałe parametry elektryczne agregatu powinny być dopasowane do parametrów UPS-ów w celu zapewnienia jego poprawnej i stabilnej pracy. Agregaty prądowłórcze, z racji swej konstrukcji, są wrażliwe na obciążenia o nieliniowej charakterystyce, jakimi są tradycyjne UPS-y, wnoszące za-

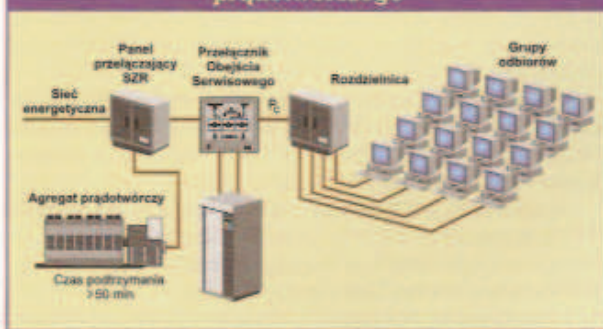
klócenia do sieci elektroenergetycznej. Typowy układ wejściowy podwójnej konwersji, składający się z prostownika tyrystorowego (bądź diodowego) 6- lub 12-pulsowego, generuje zbyt duży poziom zniekształceń, co powoduje, iż agregat nie jest w stanie poprawnie pracować. Wyższe harmoniczne powstają w wyniku komutacji elementów półprzewodnikowych mocy w urządzeniach energoelektronicznych, do których należą UPS-y, zakłócając poprawną pracę prądnicy synchronicznej agregatu prądowłórczego. Zmusza to do przewymiarowania 3-5-krotnie mocy znamionowej zespołu prądowłórczego. Co więcej, UPS z wejściowym prostownikiem tyrystorowym w razie braku pełnego obciążenia wykazuje charakter pojemnościowy, który w przypadku prądnicy samowzbudnej utrudnia dokonanie procesu wzbudzenia. Prowadzi to do niestabilnego zachowania się tandemu agregat-UPS (cykl załączania i wyłączenia agregatu). Nawet przewymiarowanie mocy generatora czy zastosowanie prądnicy o tzw. zewnętrznym wzbudzeniu (co niesie dodatkowe koszty) często nie rozwiązuje tego problemu i konieczne staje się zainstalowanie zewnętrznych filtrów na wejściu UPS-a, a w najbardziej niekorzystnych przypadkach nawet kosztownego filtra aktywnego korygującego współczynnik mocy.

Zalecane wymiary pomieszczenia instalacji agregatu



Prowadzi to oczywiście do znacznego wzrostu kosztów. W przypadku konwersji Delta współczynnik przewymiarowania agregatu wynosi ok. 1,3-1,5 w stosunku do mocy znamionowej UPS-ów. Przy doborze agregatu współpracującego z zasilaczami UPS należy więc skonsultować się z przedstawicielem producenta w celu określenia warunków poprawnej współpracy. Oszacowanie nadmiaru mocy agregatu w stosunku do mocy zasilacza UPS jest bardzo różne i waha się od kilkuset procent, dla urządzeń niewyposażonych w jakiegokolwiek funkcje poprawiające taką współpracę, do kilkunastu procent dla urządzeń je posiadających. Najlepszą współpracę z agregatem zapewnia zasilacz wykonany w technologii konwersji Delta, która zapewnia korekcję współczynnika mocy do jedności oraz znaczną redukcję zniekształceń harmonicznych prądu THD ($> 5\%$ przy obciążeniu nieliniowym). Oznacza to w praktyce, iż UPS stanowi dla generatora wyjątkowo korzystne obciążenie rezystancyjne. Dla UPS-ów wykonanych w technologii podwójnej konwersji producenci oferują w formie opcji filtry korygujące zawartość wyższych harmonicznych napięcia i prądu,

Zasilanie systemu teleinformatycznego z centralnego UPS-a z wykorzystaniem agregatu prądowłórczego



generowanych przez zasilacz. Należy podkreślić, iż niestabilna praca tandemu agregat-UPS może spowodować niemożność przełączenia się UPS-a z trybu pracy bateryjnej na zasilanie z zespołu prądowórczego. Taka sytuacja może szybko doprowadzić do rozładowania baterii UPS. Niektóre typy zasilaczy UPS w celu poprawy współpracy z zespołem prądowórczym oferują możliwość włączenia tzw. miękkiego startu (*soft-start*) umożliwiającego liniowe (stopniowe) obciążenie agregatu prądowórczego. Ze względu na to, że cena instalacji agregatu ma istotny wpływ na koszt całego systemu zasilania gwarantowanego redukcja jego mocy znamionowej przyczynia się do znacznego obniżenia nakładów inwestycyjnych.

Monitoring i zarządzanie

UPS-y zabezpieczają przed awariami zasilania, lecz bez oprogramowania pozwalającego na automatyczne zamknięcie systemu ta ochrona byłaby wysoce nieskuteczna.

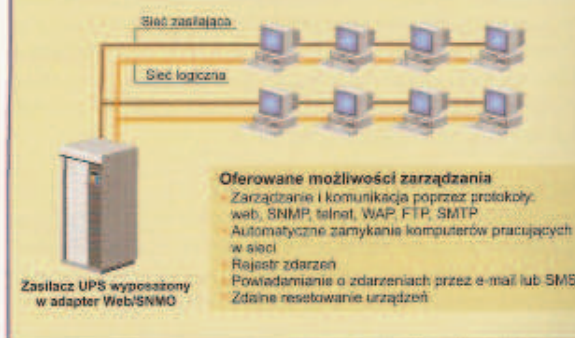
Automatyczne zamykanie zabezpieczanych systemów i zarządzanie zasilaniem mają kluczowe znaczenie dla bezpiecznego funkcjonowania każdego systemu teleinformatycznego. Wraz ze wzrostem znaczenia funkcji systemów teleinformatycznych i koniecznością zapewnienia ich bezpiecznego zasilania zwiększyły się także potrzeby w zakresie efektywnego nadzorowania i konfigurowania wielu parametrów środowiskowych i zasilania. Oprogramowanie monitorująco-zarządzające i wyposażenie dodatkowe mają wpływ na zmniejszenie liczby uszkodzeń sprzętu i skrócenie czasu przestoju. Większość zasilaczy UPS umożliwia połączenia logiczne poprzez łącze szeregowo i jest wyposażona w dedykowane oprogramowanie pozwalające na monitoring parametrów zasilacza i zasilania (napięcia, wartości obciążenia, czasu pracy z baterii). UPS-y mogą być zarządzane z wykorzystaniem standardowego protokołu SNMP, co może być realizowane w sposób programowy (odpowiednie oprogramowanie instalowane na serwerze lub komputerze połączonym logicznie z UPS-em) lub sprzętowo dzięki opcjonalnemu adapterowi SNMP. Dzięki zarządzaniu opartemu na protokole SNMP administrator może uczynić z każdego zasilacza niezależny węzeł sieci, co ułatwia sprawowanie kontroli. W przypadku niestabilnej pracy serwera (zawieszenia) administrator może wykonać procedurę restartującą poprzez wyłączenie UPS-a, zasilającego nieprawidłowo działający serwer. Pozwala to na zamknięcie systemu operacyjnego w sposób zapobiegający uszkodzeniu plików. Zgodność z protokołem SNMP pozwala na przesyłanie komunikatów związanych z zasilaniem, w tym informacji o stanie zasilacza do dowolnego serwera zarządzającego (*Network Management Station*), który może być oddalony od niego zarówno o 5 m, jak i 5000 km. Ważną funkcją, którą powinien obsługiwać adapter SNMP jest *pass through*. Umożliwia ona bezpośrednią komunikację z serwerem NMS za pośrednictwem protokołu SNMP. Gwarantuje to monitorowanie stanu zasilacza przez obsługiwany serwer przy przeprowadzaniu procedury jego bezpiecznego zamknięcia (niezależnie od komunikacji z serwerem NMS). W razie potrzeby umożliwia również lokalne zarządzanie poprzez protokół SNMP. Adapter SNMP niemający tej funkcji nie powinien być wykorzystywany do ochrony serwerów tam, gdzie możliwość automatycznego zamykania ma szczególnie ważne znaczenie. Prawidłowa instalacja oprogramowania pozwala na bezpieczniejszą pracę dzięki możliwości nadzoru i kontrolowanemu zamknięciu systemu.

Poza funkcją bezpiecznego zamknięcia systemu większość pakietów oprogramowania oferuje pełen wachlarz znaczących funkcji zarządzających, takich jak tworzenie rejestru zdarzeń związanych z zasilaniem czy powiadomienie o występujących zakłóceniach poprzez e-mail.

Najistotniejsze cechy oprogramowania monitorująco-zarządzającego to:

- bezobsługowe zamykanie i ponowne uruchamianie systemów,
- powiadomianie użytkownika o występującej awarii,
- rejestrowanie występujących zakłóceń zasilania,
- zdalne monitorowanie za pomocą przeglądarki WWW.

Zdalne zarządzanie i monitoring



- graficzny interfejs użytkownika obrazujący stan systemu zasilania,
- określanie czasu autonomii na podstawie aktualnego obciążenia i stopnia naładowania baterii,
- zdalne zarządzanie ze stacji roboczych,
- integracja z innymi platformami administrowania serwerami i sieciami,
- możliwość współpracy z protokołem SNMP
- zdalne uruchamianie procesów kontroli zasilacza,
- monitoring warunków otoczenia przy wykorzystaniu dodatkowych akcesoriów.

Dzięki oprogramowaniu zarządzającemu można ustawić odpowiednią reakcję systemu UPS na konkretne zdarzenie związane z zasilaniem. Pozwala to odpowiednio zaplanować sposób postępowania w sytuacjach kryzysowych, przeciwdziałając przestojowi systemu teleinformatycznego lub utracie danych. Realizowane funkcje to:

- powiadomienie administratora,
- powiadomienie poszczególnych użytkowników,
- zamknięcie serwera,
- uruchomienie pliku poleceń,
- powiadomienie za pośrednictwem systemu przywołania (e-mail, SMS).

Zasilacze UPS mogą być konfigurowane zdalnie przez administratora systemu przy wykorzystaniu oprogramowania dostarczanego przez producenta zasilacza. Funkcje, które mogą być zdalnie zmieniane przez użytkownika, to:

- nadanie nazwy UPS-owi - umożliwiające jego łatwiejszą identyfikację,
- opóźnienie włączenia UPS po powrocie zasilania - pozwalające na stopniowe lub sekwencyjne włączanie poszczególnych zasilaczy,
- uruchomienie procedury autotestu UPS - umożliwia wykrycie uszkodzonej baterii,
- ustawienie parametrów tolerancji wejścia (czułości) - dostosowujące do współpracy z agregatem prądowórczym,
- wyłączenie alarmu dźwiękowego UPS-a.

Sieci i systemy informatyczne obejmują dzisiaj również systemy telekomunikacyjne, co stwarza problemy w zakresie efektywnego nadzorowania, konfigurowania i zarządzania zasilaniem. Dlatego coraz częściej producenci zasilaczy UPS oferują dodatkowe akcesoria zwiększające możliwości komunikacji i monitorowania zarówno parametrów zasilania, jak i otoczenia. Akcesoria mogą być instalowane wewnątrz w specjalnych złączach znajdujących się w UPS-ach albo zewnątrz poprzez port szeregowy. Oczywiście, najlepszym rozwiązaniem jest instalacja wewnątrz zasilacza, gdyż umożliwia wykorzystanie portu szeregowego do innych celów. Dzięki dodatkowym akcesoriom do zasilaczy UPS można poszerzyć możliwości zarządzania o następujące funkcje:

- monitorowanie warunków otoczenia (temperatura, wilgotność),
- integracja z innymi systemami bezpieczeństwa (systemy ochrony przed...
- obsługa protokołu SNMP pozwalająca zintegrować oprogramowanie zarządzające zasilaczami UPS z centralnym systemem administrowania siecią,
- zarządzanie urządzeniami telekomunikacyjnymi i interfejsami centralnymi wewnętrznymi.

Dzięki zastosowaniu odpowiedniego oprogramowania i dodatkowych akcesoriów można szybko określić miejsce awarii zasilania lub niekorzystną zmianę zewnętrznych czynników mających wpływ na poprawne działanie systemu teleinformatycznego. Właściwie dobrane oprogramowanie monitorującego-zarządzającego pozwala skutecznie minimalizować lub nawet przeciwdziałać awariom i przestojom systemu teleinformatycznego, co przyczynia się do jeszcze bardziej optymalnego wykorzystania nakładów na zakup systemu UPS.

Zarządzanie dystrybucją mocy

W przypadku dużych centrów przetwarzania danych zasilanych z centralnego zasilacza UPS często występuje konieczność zdalnego sterowania zasilaniem pojedynczych urządzeń, takich jak serwery czy routery. Dzięki urządzeniom pozwalającym na zdalne wyłączenie lub włączenie pojedynczych urządzeń teleinformatycznych można zoptymalizować (wydłużyć) czas pracy systemu informatycznego w razie awarii zasilania (UPS zasilany z baterii), wyłączając zbędne lub mniej ważne urządzenia. Urządzenia zarządzające dystrybucją mocy ułatwiają zarządzanie odległymi obszarami, umożliwiając ich restart i optymalizację pracy sprzętu w sieciach rozległych. Zastosowanie urządzeń tego typu stanowi również doskonałe rozwiązanie problemu zasilania dla dostawców usług sieciowych typu *co-location* (COLO). Dostawcy tego typu usług mogą przyporządkować możliwość zarządzania poszczególnymi urządzeniami swoim klientom. Istotnym aspektem związanym z bezpieczeństwem zasilania jest monitoring poziomu obciążenia (wartości prądu obciążenia) grupy bądź pojedynczego urządzenia. Pozwala on stwierdzić, czy urządzenia teleinformatyczne pracują prawidłowo i czy nie występują przeciążenia sieci zasilającej. Sterowanie urządzeniami jest najczęściej realizowane za pomocą:

- przeglądarki internetowej,
- protokołu SNMP,
- usługi telnet.

Sprzęt tego typu jest najczęściej oferowany jako samodzielne urządzenia mogące współpracować z dowolnymi zasilaczami UPS i nie jest wymagana przy jego stosowaniu przeróbka istniejącej instalacji elektrycznej. Coraz częściej producenci zasilaczy UPS wzbogacają je o funkcje zarządzania dystrybucją zasilania, tworząc kompleksowe systemy zabezpieczania zasilania, które wydatnie zwiększają bezpieczeństwo i jakość zasilania.

Akumulatory w UPS-ach i siłowniach DC

Bateria akumulatorów jest dla układów energoelektronicznych UPS (falownika) źródłem zasilania (energii) w razie awarii sieci zasilającej i może decydować o niezawodności całego systemu zasilania. Pojemność akumulatora determinuje czas, podczas którego obciążenie będzie mogło pobierać prąd z wyjścia UPS bądź z siłowni DC. W zasilaczach UPS o niewielkich mocach znamionowych, zasilających pojedyncze stacje robocze, bateria akumulatorów zapewnia czas autonomii od kilku minut do nawet kilku godzin. W systemach UPS o dużej mocy, które zabezpieczają zasilanie centrów przetwarzania danych, bateria akumulatorów zapewnia czas podtrzymania do ok. kilkudziesięciu minut, umożliwiając kontrolowane wyłączenie systemu teleinformatycznego lub zasilanie do momentu włączenia agregatu prądotwórczego. Na czas podtrzymania zasilania przez UPS bądź siłownię DC, podczas awarii sieci zasilającej, ma wpływ pojemność zastosowanych akumulatorów. Bateria akumulatorów jest ogniwem elektrochemicznym. W zależności od jej budowy i wykorzystywanych związków chemicznych można dokonać następującego podziału akumulatorów:

1. akumulatory kwasowe
 - szczelne VRLA
 - AGM (elektrolit w separatorach z włókna szklanego);
 - GEL/CELL (elektrolit w postaci żelu);
 - otwarte (klasyczne);
2. akumulatory zasadowe (szczelne i otwarte).

Do najczęściej stosowanych w zasilaniu bezprzewodnym zalicza się akumulatory szczelne AGM wykonane w monoblokach 6 [V] i 12 [V]. Szczególne właściwości eksploatacyjne i parametry techniczne pozwalają na zastosowanie tego rodzaju akumulatorów do pracy cyklicznej i w buforowych układach zasilania, zamiast tradycyjnych baterii zasadowych i kwasowych, a także baterii niklowo-kadmowych.

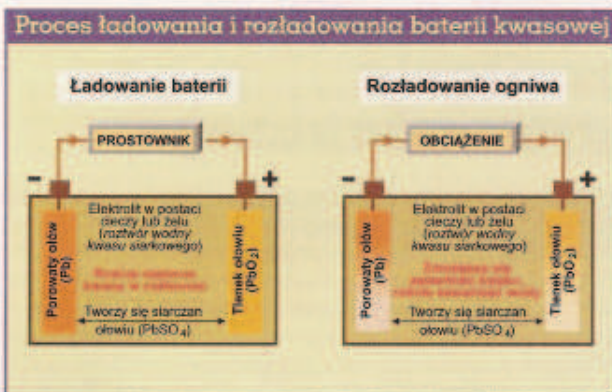
Zalety akumulatorów zamkniętych (VRLA) w stosunku do konwencjonalnych (otwartych):

- nie wymagają pomieszczeń ze specjalną, wymuszoną wentylacją;
- nie wymagają uzupełniania elektrolitu oraz ciągłej konserwacji;
- nie są szkodliwe dla otoczenia;
- mają wyższą sprawność energetyczną i niższą oporność wewnętrzną;
- są średnio o 70% mniejsze i o 50% lżejsze przy danej pojemności;
- są w stanie ciągłej gotowości do pracy, bezpieczne i łatwe w użyciu;
- zastosowane w buforowych układach zasilania charakteryzują się długą (wieloletnią) żywotnością, natomiast przy pracy cyklicznej – wysoką liczbą cykli ładowania/rozładowania.

Baterie otwarte w związku z emisją wodoru (tworzącego z powietrzem mieszkankę wybuchową) wymagają instalowania w specjalnie wentylowanych i zabezpieczonych pomieszczeniach i oczywiście specjalnej obsługi. To czynnik wydatnie zwiększający koszty eksploatacyjne. Baterie zamknięte ograniczają ok. dziesięciokrotnie emisję wodoru podczas procesu ładowania, w związku z czym wystarczy wykorzystanie standardowych urządzeń wentylacyjno-klimatyzacyjnych.

Moc i obciążenie baterii akumulatorów

UPS dostarczając stałej mocy do obciążenia pobiera także stałą moc z akumulatora. W związku z tym, iż napięcie akumulatora zmniejsza się w procesie rozładowania, aby zachować stałą moc, wzrasta prąd z niego pobierany. Najczęściej obciążenie akumulatora pracującego w zasilaczu UPS wyraża się w kilowatach (kW) wraz ze znamionowym napięciem pracy falownika oraz wymaganym czasem pracy. Na podstawie charakterystyk rozładowania, znając moc (czynną wyrażoną w [W]) zabezpieczanego systemu informatycznego, można oszacować czas podtrzymania zasilania podczas pracy z baterii.



Żywotność baterii

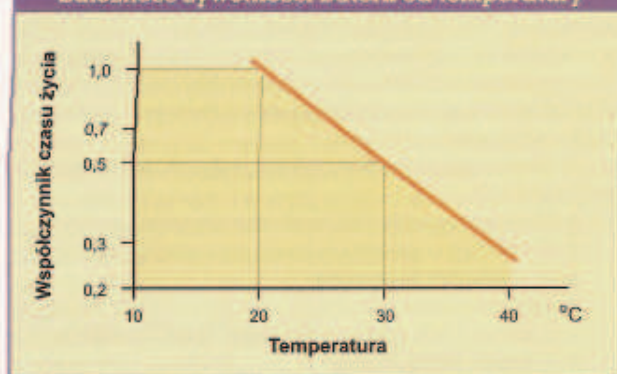
Istotnym parametrem eksploatacyjnym dotyczącym baterii jest prognozowana żywotność, która wynosi:

- dla baterii standardowych: 3-5 lat,
- dla baterii o podwyższonej żywotności: 10 lat.

Niestety, każdy akumulator ma ograniczoną żywotność, mimo iż w UPS-ie pozostaje cały czas pod napięciem utrzymującym go w stanie nieprzerwanej gotowości. Zachodzące w sposób ciągły procesy erozji płyt i wysychanie elektrolitu w wyniku ciągłego przeładowywania powodują zmniejszenie pojemności elektrycznej (wyrażanej w Ah) każdego typu akumulatora.

Aby zapewnić uzyskanie prognozowanej żywotności, trzeba przestrzegać odpowiednich warunków pracy, takich jak właściwe ładowanie i parametry środowiskowe (głównie temperatura). Zwiększenie temperatury otoczenia powyżej 25°C wpływa bardzo niekorzystnie na żywotność baterii

Zależność żywotności baterii od temperatury



akumulatorów. Jeśli chodzi o właściwe ładowanie, zapewnia je zasilacz UPS lub zasilacz DC, który powinien być odpowiednio skonfigurowany – w zależności od parametrów zestawu baterii – przez dostawcę systemu. Zasilacz powinien zapewniać prąd ładowania o niskich tętnieniach i oferować temperaturową korekcję napięcia ładowania, zapewniając tym samym maksymalne wydłużenie czasu „życia” baterii. W celu zwiększenia żywotności baterii należy dokonywać jej okresowych rozładowań, gdyż tryb pracy ładowania (tzw. buforowego), który trwa nieprzerwanie po naładowaniu (trwającym zwykle nie więcej niż 10 godz.) wpływa niekorzystnie na ich pojemność elektryczną i żywotność. Obecnie większość typów zasilaczy UPS umożliwia wykonanie testu pracy z zasilaniem z baterii. To czynność istotna, gdyż pozwala na określenie czasu autonomii, co jest równoznaczne z przybliżoną oceną stanu baterii. Wykonywanie okresowego testu (średnio raz na pół roku) wpływa na zwiększenie żywotności baterii, gdyż akumulator w zasilaczu UPS pracuje tylko w razie zaniku napięcia, co w dzisiejszych warunkach występuje dość rzadko.

Wykonanie instalacji elektrycznej zasilania gwarantowanego

Właściwie zaprojektowana i wykonana instalacja elektryczna jest niezwykle istotna dla pewnego i prawidłowego działania systemu teleinformatycznego. Zastosowanie zasilaczy UPS i agregatów prądotwórczych bez właściwie zaprojektowanej i wykonanej instalacji elektrycznej nie gwarantuje pewnego i bezpiecznego zasilania. Energia jest bowiem dystrybuowana do odbiorników za pośrednictwem instalacji elektrycznej. Nieprawidłowy dobór zabezpieczeń i przekrojów przewodów może być przyczyną wielu problemów z zasilaniem. Instalacją elektryczną nazywa się zespoły urządzeń elektroenergetycznych przeznaczonych do doprowadzenia energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej do odbiorników, która składa się z następujących elementów:

- aparatów i przyrządów łączeniowych (przełączników);
- przewodów (kabli elektrycznych instalowanych w ścianach bądź korytkach);
- urządzeń zabezpieczająco-ochronnych (bezpieczników, wyłączników nadprądowych i różnicowoprądowych);
- aparatów kontrolno-pomiarowych i sterujących (liczników energii elektrycznej, układów automatyki, np. samoczynne przełączenie na zasilanie rezerwowe).

W myśl polskich i międzynarodowych przepisów zarówno za projekt, jak i wykonawstwo instalacji elektrycznej są odpowiedzialne osoby z odpowiednimi uprawnieniami budowlanymi. Zasady projektowania, budowy i eksploatacji instalacji są określone w polskiej edycji normy międzynarodowej IEC (International Electrical Commission) o nr PN-IEC 60364. W przypadku in-

stalacji zasilającej systemy informatyczne występuje zwykle układ sieci TN (tzn. z uziemionym punktem neutralnym transformatora) w różnych odmianach. W instalacji wykonywanych przed 1990 r. stosowano układ TN-C (dwu-przewodowy – instalacja jednofazowa). W układzie tym jeden z przewodów pełni funkcję zarówno przewodu neutralnego, jak i ochronnego (o oznaczeniu PEN). Obecnie zgodnie z obowiązującymi normami stosuje się układ sieci TN-S (trójprzewodowy – instalacja jednofazowa).

Podstawowe zasady budowy elektrycznych instalacji odbiorczych

Instalacje elektryczne zasilające systemy teleinformatyczne powinny być tak zbudowane, aby zapewnić wysoką niezawodność pracy odbiorników. Obwody teleinformatyczne powinny być wydzielone z instalacji elektrycznej budynku i przeznaczone tylko do zasilania urządzeń teleinformatycznych. W celu poprawy bezpieczeństwa pracy instalację zasilającą sprzęt informatyczny dzieli się na mniejsze obwody odbiorcze, przy czym na jeden obwód powinno przypadać nie więcej niż 15 gniazd „komputerowych”, które powinny uniemożliwiać podłączenie innych urządzeń niż teleinformatyczne. Podział instalacji elektrycznej na mniejsze obwody jest szczególnie ważny przy zasilaniu sprzętu teleinformatycznego z centralnego zasilacza UPS, aby w razie zakłócenia (np. zwarcia spowodowanego uszkodzeniem izolacji) i zadziałania zabezpieczeń nie spowodować przerwy beznapięciowej (spadku napięcia do czasu nastąpienia wyłączenia) w zasilaniu pozostałych obwodów. Należy pamiętać o pozostawieniu pewnej rezerwy w tablicy rozdzielczej, co w przypadku rozbudowy umożliwi wykonanie dodatkowych obwodów.

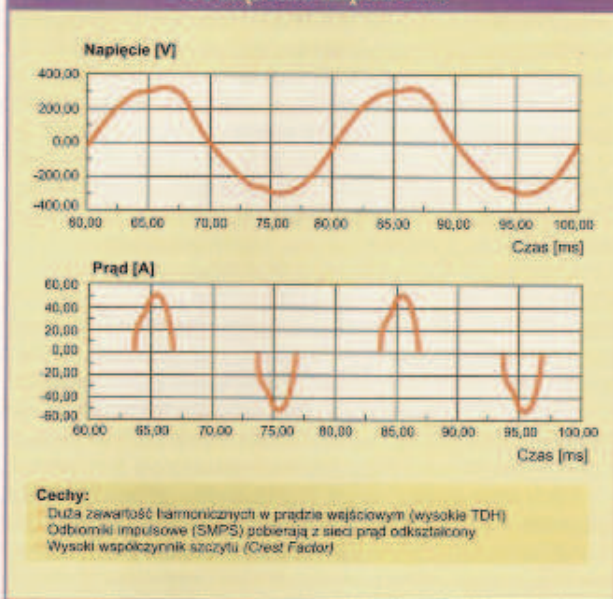
Zasilanie systemu teleinformatycznego jedno- czy trójfazowe?

Odbiorniki teleinformatyczne są przeznaczone do zasilania napięciem jednofazowym 230 V, lecz należy pamiętać, iż sieć elektroenergetyczna jest trójfazowa (wynika to głównie z konstrukcji generatorów wytwarzających energię elektryczną w elektrowniach) i taka też jest doprowadzona do złącza w budynku. Trzeba podkreślić, że zasilanie urządzeń teleinformatycznych pracujących w ramach tego samego systemu z różnych faz napięcia nie ma żadnego wpływu na ich prawidłową pracę. Przy zasilaniu systemu teleinformatycznego należy zapewnić równomierny podział obciążenia na poszczególne fazy w celu optymalnego wykorzystania mocy zasilacza. Niektóre zasilacze UPS dużych mocy mają wejście trójfazowe i wyjście jednofazowe, co stwarza pewne problemy w rozwiązaniu układu obejścia. Większość tego typu zasilaczy wymaga wykonania specjalnego zasilania układu obejściowego. Wynika to z faktu, iż energia jest dostarczana do zasilacza trzema przewodami o napięciu 400 V, a w przypadku zadziałania obejścia elektronicznego lub pracy na obejściu ręcznym – tylko z jednej fazy o napięciu 230 V. Niektórzy producenci oferują rozwiązanie tego problemu poprzez stosowanie specjalnego transformatora trzech faz na jedną dla układu obejściowego, lecz jest ono drogie i wiąże się z poważnymi problemami instalacyjnymi. W związku z tym należy dokonać doboru odpowiednio większego przekroju przewodu zasilającego i zabezpieczenia. Dłuższa praca na obejściu jest wyjątkowo niekorzystna, gdyż może spowodować poważną asymetrię i przeciążenie jednej fazy oraz pojawienie się prądu wyrównawczego, a to może doprowadzić do awarii w sieci elektroenergetycznej. W związku z tym przy korzystaniu z zasilaczy dużej mocy lepiej stosować tzw. rozwiązania trzy na trzy fazy i dokonać równomiernego podziału obciążenia ($\pm 10\%$) w celu optymalnego wykorzystania mocy UPS.

Dobór zabezpieczeń

Ważnym zagadnieniem związanym z prawidłowym działaniem instalacji elektrycznej jest właściwy dobór zabezpieczeń. Jest on ściśle określony przez odpowiednie przepisy i może być dokonany tylko przez osoby z odpowiednimi uprawnieniami projektowymi. Zadaniem zabezpieczeń nadprądowych w instalacjach elektrycznych jest ochrona instalacji i urządzeń odbiorczych przed skutkami przetężeń (zwarcie bądź przeciążenie). Obecnie

Obciążenie impulsowe



w obwodach odbiorczych instalacji elektrycznych stosuje się powszechnie wyłączniki instalacyjne (popularnie zwane esami) ze względu na ich niezaprzeczalne zalety. Mogą one być eksploatowane przez niewykwalifikowane osoby i nie wymagają specjalnej konserwacji. Dobór zabezpieczeń do instalacji tzw. komputerowej nie jest niestety ściśle określony w normach, należy jednak zwrócić uwagę na specyfikę zasilania urządzeń teleinformatycznych związanych z występowaniem prądów odkształconych generowanych przez zasilacze impulsowe.

Zasilacze impulsowe są odbiornikami nieliniowymi i pobierają prąd w impulsach, trwających kilka razy krócej niż okres napięcia, więc dla tej samej wartości skutecznej, co dla prądu sinusoidalnego, jego amplituda musi być odpowiednio wyższa. Prądy odkształcone (impulsowe) mogą powodować niepożądane zadziaływanie (wyłączenie napięcia) zabezpieczeń nadprądowych i zabezpieczeń różnicowoprądowych, ze względu na większą amplitudę prądu.

Innym ważnym elementem, o którym należy pamiętać przy doborze zabezpieczeń, są prądy rozruchowe (np. w odniesieniu do zasilaczy UPS, które pracowały zasilane z baterii, należy uwzględnić dodatkowy pobór prądu ładowania), których wartość jest większa od wartości nominalnej urządzenia. Należy więc dobrać zabezpieczenia o odpowiednich charakterystykach w celu wyeliminowania ich nieprawidłowego działania.

W instalacjach zasilanych z centralnego zasilacza UPS występuje problem związany z odpowiednią szybkością zadziaływania zabezpieczenia nadprądowego spowodowany skończoną wydajnością źródła, jakim jest UPS. Aby w odpowiednio krótkim czasie zabezpieczenie odłączyło napięcie, konieczny jest przepływ prądu o odpowiednio dużym natężeniu. W przypadku pracy normalnej UPS-a (zasilanie z sieci) podczas zwarcia w obwodzie odbiorczym (zasilanym z UPS-a) następuje szybkie przełączenie na tor obejściowy zasilacza, przez który może płynąć prąd wielokrotnie większy od nominalnego (prądu UPS), co warunkuje odpowiednie szybkie zadziaływanie zabezpieczenia. Znacznie gorzej jest w przypadku pracy UPS-a zasilanego z baterii, gdy nie ma możliwości przełączenia na obejście, a obwody odbiorcze są zasilane z napięcia wytwarzanego poprzez przekształtnik energoelektroniczny (falownik), którego wydajność prądowa jest porównywalna z mocą znamionową zasilacza. Ponadto zasilacz UPS w razie przeciążenia falownika ogranicza prąd wyjściowy przez obniżanie napięcia na wyjściu. W efekcie może nie dojść do zadziaływania (wyłączenia napięcia) w odpowiednio krótkim czasie zabezpieczenia nadprądowego, co może doprowadzić do poważnych skutków (porażenie prądem elektrycznym lub spadek napięcia w całej instalacji zasilanej z UPS-a). Jedynym sposobem spełnienia warunku szybkiego wyłączenia jest przewymiarowanie mocy UPS-a, co

jest rozwiązaniem niezwykle kosztownym. Z powodu tych przyczyn, w celu zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa, warto stosować wyłączniki ochronne różnicowoprądowe.

Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym

Należy pamiętać, iż z obsługą dowolnych urządzeń elektrycznych, w tym również sprzętu teleinformatycznego, jest związane niebezpieczeństwo wystąpienia porażenia. Prąd elektryczny, przepływając przez ciało ludzkie, wywołuje w nim zmiany chemiczne i fizyczne, mogące spowodować śmierć (dopuszczalna wartość tego prądu wynosi 30 mA dla napięcia przemiennego 50 Hz).

Obowiązujące przepisy dokonują następującego podziału ochrony przeciwporażeniowej:

- ochrona przed dotykiem bezpośrednim (dotycząca zabezpieczenia przed dotknięciem elementów będących podczas normalnej pracy urządzenia pod napięciem) – najczęściej izolowanie (odpowiednie obudowy, izolacja) części będących normalnie pod napięciem;
- ochrona przed dotykiem pośrednim (dotycząca zabezpieczenia przed pojawieniem się napięcia na metalowej obudowie, np. komputera – zastosowanie szybkiego wyłączenia (zabezpieczenia: nadprądowe i różnicowoprądowe);
- ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim – najczęściej zastosowanie bardzo niskiego (bezpiecznego dla człowieka) napięcia (transformatory ochronne).

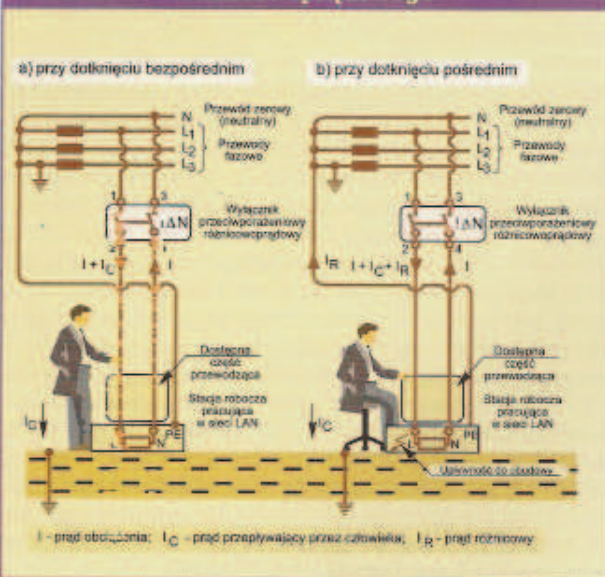
Zabezpieczenia różnicowoprądowe

Jednym z najbardziej skutecznych środków ochrony przeciwporażeniowej jest ochrona przy zastosowaniu wyłączników różnicowoprądowych.

Urządzenia ochronne różnicowoprądowe można stosować we wszystkich układach sieci, z wyjątkiem układu TN-C (dwuprzewodowa instalacja dla układu jednofazowego). Wyłącznik ochronny różnicowoprądowy powinien być umieszczony w tablicy rozdzielczej, aby zabezpieczać obwody gniazd wtyczkowych (poszczególnych stacji roboczych). Obwody te powinny być zabezpieczone dodatkowo przed zwarciami i przeciążeniami wyłącznikami nadprądowymi.

Należy pamiętać, iż nieliniowy charakter obciążeń (odbiorniki typu komputerowego), wahanie napięć, przepięcia atmosferyczne lub łączeniowe mogą powodować przepływ prądów upływowych, które z kolei mogą być przyczyną nieprawidłowego zadziaływania urządzeń ochronnych różnicowoprądowych.

Działywanie wyłącznika przeciwporażeniowego różnicowoprądowego



W związku z tym przy zabezpieczaniu instalacji zasilającej sprzęt teleinformatyczny należy stosować urządzenia ochronne różnicowoprądowe z podwyższoną wytrzymałością na prąd udarowy lub krótkozwłoczne.

Ochrona przed przepięciami

Do ochrony urządzeń teleinformatycznych powinno się stosować wielostopniowy system ochrony przeciwprzepięciowej. Pierwszy stopień ochrony powinny zapewniać ograniczniki i odgromniki zainstalowane w miejscu wprowadzenia instalacji do budynku. Ostatni stopień stanowią ochronniki montowane w tablicach rozdzielczych (piętrowych) i w UPS-ach bądź w tzw. listwach zasilających wyposażonych w warystory, które przy wzroście napięcia powyżej pewnej wartości progowej przewodzą prąd. Zdziałanie ogranicznika napięcia powoduje, że w chwili wystąpienia przepięcia przez ogranicznik płynie prąd, co może spowodować zadziałanie wyłącznika nadmiarowoprądowego i odłączenie odbiorników. W normie PN-IEC 60364-4-443 są podane kategorie przepięć w zależności od miejsca zlokalizowania określonych urządzeń w instalacji.

Wpływ obciążenia impulsowego na prąd w przewodzie neutralnym (sieć trójfazowa)

Należy pamiętać, że energia elektryczna jest przesyłana praktycznie zawsze z elektrowni do odbiorców w systemie trójfazowym, a dopiero w instalacji odbiorczej budynku dokonuje się rozdziłu na obwody jednofazowe, które są zasilane z poszczególnych faz. Podziału obciążeń na poszczególne fazy dokonuje się równomiernie, aby skompensować wartość obciążenia w poszczególnych fazach, co zapobiega przepływowi prądu przez przewód neutralny (w sieci trójfazowej). W przypadku zasilania rozległych sieci komputerowych, a więc odbiorników nieliniowych (pobierających prąd impulsowo), występuje niekorzystne zjawisko przepływu znacznego prądu w przewodzie neutralnym sieci trójfazowej, mimo równomiernego podziału obciążenia faz.

To wyjątkowo niekorzystne zjawisko, na które trzeba zwrócić szczególną uwagę w fazie projektowania – zwiększając przekrój przewodu neutralnego. Obecnie do likwidacji tego niekorzystnego zjawiska można stosować specjalne filtry aktywne bądź zasilacze UPS, które są wyposażone w tego typu filtry. Filtry aktywne obniżają zawartość wyższych harmonicznych w prądzie pobieranym z sieci zasilającej poprzez odbiorniki nieliniowe. Zastosowanie filtru powoduje, że prąd pobierany z sieci jest praktycznie sinusoidalny. Praca filtru aktywnego polega na pobieraniu i oddawaniu do sieci zasilającej dodatkowego prądu kompensującego wyższe harmoniczne prądu odbiornika. Dzięki temu można osiągnąć zmniejszenie przekrojów przewodów zasilających, wartości bezpieczników instalowanych w sieci zasilającej, zwiększyć niezawodność i zapewnić lepszą współpracę z agregatem prądotwórczym (brak konieczności przewymiarowania mocy).

Zasilanie systemu klimatyzacji w serwerowni

Duże ośrodki przetwarzania danych czy tzw. farmy serwerów obok bezpiecznego zasilania do właściwej pracy potrzebują zapewnienia ściśle określonych parametrów środowiskowych. Do tego celu służą urządzenia klimatyzacyjne. Są to odbiorniki o dość dużym poborze prądu, stosunkowo często więc rezygnuje się z ich zabezpieczenia przez zasilacze UPS, co powoduje, iż w razie awarii zasilania nie działają. W przypadku zakładowego krótkiego czasu pracy z baterii (do 30 min) nie występują większe problemy, gdyż temperatura w pomieszczeniu rośnie dość wolno. Jednak gdy system ma pracować dłużej, należy również stosować rezerwowanie tych odbiorów, ponieważ wysoka temperatura może być przyczyną awarii. Przy budowie systemu zasilania z użyciem agregatu prądotwórczego warto zabezpieczać układy klimatyzacji tylko poprzez agregat, gdyż krótkotrwała przerwa (związana z czasem uruchomienia agregatu do 10 min) nie będzie miała wpływu na znaczące pogorszenie się warunków środowiskowych. Obwody zasilania klimatyzacji powinny być wydzielone z elektrycznej instalacji zasilającej, tzn. zabezpieczone oddzielnym wyłącznikiem w celu zwiększenia niezawodności.

Eksplotacja instalacji elektrycznej

Istotne ze względu na niezawodność i bezpieczeństwo ludzi jest utrzymanie dobrego stanu technicznego instalacji elektrycznej. Obowiązek ten dla instalacji odbiorczej znajdującej się za układem pomiarowo-rozliczeniowym (licznikiem) zakładu energetycznego spoczywa na właścicielu lub zarządcy budynku. Należy pamiętać, iż w gestii użytkownika lokalu leży zapewnienie właściwego stanu technicznego instalacji w zakresie łączników instalacyjnych, gniazd wtyczkowych, bezpieczników topikowych, wyłączników nadprądowych, wyłączników różnicowoprądowych i odbiorników energii elektrycznej, stanowiących wyposażenie pomieszczeń.

Dobór mocy zasilacza UPS

Dobór mocy zasilacza (systemu) centralnego jest kłopotliwy i powinien być dokonywany przez projektanta (z odpowiednimi uprawnieniami) bądź dostawcę systemu zasilania gwarantowanego. Powinien uwzględniać prądy rozruchowe zabezpieczanych urządzeń i możliwość zwiększenia się liczby odbiorników. Dobór mocy zasilacza UPS dla wariantu zasilania rozproszonego jest zdecydowanie prostszy, gdyż zwykle zabezpieczają one jedno urządzenie. Należy jednak pamiętać, iż większość odbiorników zasilanych z UPS jest wyposażona w przetwornice impulsowe. Moc całkowita (pozorna) S wyrażona w woltamperach (VA) podawana przez producenta zasilacza stanowi iloczyn znamionowych wartości wyjściowych (skutecznych) prądu I i napięcia U . Moc czynna (użyteczna) P (w W) jest iloczynem mocy całkowitej i współczynnika mocy (power factor), zgodnie z poniższym wzorem:

$$P = I \times U \times PF$$

W przypadku obciążeń rezystancyjnych współczynnik mocy wynosi 1, czyli moc pozorna wyrażona w woltamperach jest równa mocy czynnej wyrażonej w watach. Ma to miejsce wtedy, gdy zabezpieczone urządzenia komputerowe są wyposażone w układ korekcji współczynnika mocy. Dla większości odbiorów informatycznych współczynnik mocy waha się od 0,65 do 0,85. Innym zjawiskiem, o którym należy pamiętać przy doborze mocy UPS, są prądy rozruchowe. Ich wartość jest większa od prądu nominalnego urządzenia, a większość zasilaczy o małych mocach (do 3 kVA) nie jest odporna na przeciążenia, gdyż nie jest wyposażona (w przeciwieństwie do zasilaczy dużych mocy) w statyczny przełącznik obciążenia. Aby uniknąć problemu z niewłaściwym doбором zasilacza UPS, zaleca się przewymiarowanie – moc powinna być większa o co najmniej 20–30% od łącznej mocy odbiorników.

Orientacyjna moc urządzeń komputerowych

Urządzenie	Moc pozorna (VA)	Moc czynna (W)
Zestaw komputerowy z procesorem Celeron 533 MHz i monitorem 17"	200	135
Zestaw komputerowy z procesorem Duron 800 MHz i monitorem 17"	220	150
Zestaw komputerowy z procesorem Pentium 4 2 GHz z monitorem 20"	250	190
Typowy przełącznik sieciowy	120	100
Typowy ruter	130	100

Kryteria wyboru systemu gwarantowanego zasilania

Przy tworzeniu założeń pod budowę systemu zasilania od podstaw istnieje duży wybór sposobów rozwiązania zasilania gwarantowanego. W przypadku rozbudowy nierzadko ograniczeniem są istniejące warunki techniczne na obiekcie. Przy wyborze właściwego rozwiązania należy pamiętać, aby stworzony system zabezpieczenia zasilania był niezawodny i przejrzysty, co przyniesie łatwość obsługi. Zasilacz UPS i agregat prądotwórczy są jedynie częścią systemu zasilania, a doboru właściwego wariantu należy dokonać, uwzględniając wszystkie aspekty związane z istniejącymi warunkami technicznymi i oczekiwanymi parametrami (takimi jak poziom niezawodności).

Najistotniejszymi kryteriami przy doborze systemu gwarantowanego zasilania z punktu widzenia użytkownika systemu są:

- moc systemu określona z uwzględnieniem prądów rozruchowych i przyszłych odbiorników (możliwość rozbudowy zasilacza o kolejne moduły lub dołączenie kolejnego UPS-a w układzie równoległym);
- niezawodność (układy redundancyjne: konstrukcyjne lub konfiguracyjne);
- czas autonomii (możliwość współpracy z agregatem prądotwórczym);
- sposób zarządzania i monitorowania;
- czas usunięcia awarii.

Dobór mocy urządzenia w przypadku rozwiązań klasycznych powinien uwzględniać przyszłe zapotrzebowanie mocy. W przypadku budowy systemu teleinformatycznego etapowo dobrym rozwiązaniem wydaje się zakup UPS-a modułowego, który cechuje się skalowalnością, czyli możliwością rozbudowy w zależności od zmieniających się potrzeb. Należy wspomnieć, iż coraz więcej produkowanych obecnie urządzeń teleinformatycznych ma wbudowane układy korekcji współczynnika mocy, w związku z czym pobiera praktycznie moc czynną (wyrażoną w watach), toteż trzeba zwracać szczególną uwagę na ten parametr UPS-a.

Centralny zasilacz UPS dużej mocy (powyżej 40 kVA) powinien nieodwrotnie mieć serwisowy obwód obejściowy (POS), umożliwiający jego wyizolowanie w razie awarii bądź naprawy, a także powinien być instalowany w innym pomieszczeniu niż pozostały sprzęt IT – ze względu na jego sporą moc ma duże straty ciepła (w zasilaczach o topologii podwójnej konwersji jest to kilkanaście, a dla konwersji Delta kilka procent mocy znamionowej urządzenia) i konieczność stosowania klimatyzacji o odpowiednio dużej wydajności. Jeśli UPS znajduje się w wydzielonym pomieszczeniu, to powinna być do niego doprowadzona sieć logiczna, co umożliwi zdalne monitorowanie i zarządzanie zasilaczem (obecnie wszyscy liczący się producenci UPS-ów dotarczają takie oprogramowanie). Zarządzanie UPS-ami może się odbywać przez złącze szeregowo RS 232 lub adapter SNMP który zwykle jest opcjonalnym wyposażeniem UPS-a. Energia elektryczna z wyjścia zasilacza jest dystrybuowana poprzez dedykowaną instalację elektryczną, która niekiedy umożliwia tzw. sekcjonowanie odbiorników w zależności od stopnia ważności, co pozwala w stanach awaryjnych na wyłączenie tych mniej ważnych, by zwiększyć czas autonomii dla pozostałych.

Obecnie w zasilaniu dużych systemów teleinformatycznych coraz częściej stosuje się UPS-y o budowie modułowej ze względu na niezaprzeczalne zalety, takie jak skalowalność, nadmiarowość oraz łatwość i szybkość serwisowania. Niestety, są to rozwiązania nie najtańsze i oferta producentów w tym zakresie urządzeń nie jest tak szeroka, jak w przypadku klasycznych zasilaczy UPS. Nowym trendem jest wzbogacenie zasilaczy UPS w dodatkowe funkcje, np. możliwość monitorowania środowiska i innych systemów, m.in. systemu ochrony przeciwpożarowej poprzez oprogramowanie monitorująco-zarządzające UPS-a, a także umieszczenie układu rozdzielczego mocy umożliwiającego zarządzanie odbiornikami zasilanymi z UPS-a, a nawet układów klimatyzacji.

Kryteria doboru siłowni DC

Najistotniejszymi elementami przy doborze siłowni są:

- Dobór zasilacza DC, który jest źródłem energii dla odbiorników stałoprądowych oraz ładuje baterię akumulatorów:

- Dobór baterii akumulatorów, będącej źródłem energii w przypadku zaniku napięcia zasilającego.

Zasady doboru parametrów zasilacza

Najistotniejszymi parametrami związanymi z doбором zasilacza są:

- Moc urządzenia (prąd znamionowy).
- Czas autonomii (pojemność baterii).
- Niezawodność (czas pracy bezawaryjnej MTBF).
- Możliwość rozbudowy.
- Sposób zarządzania i monitorowania.
- Czas usunięcia ewentualnych awarii.

Znamionowy prąd zasilacza powinien być tak dobrany, aby uwzględnił moc odbiorników oraz prąd ładowania baterii akumulatorów. Zwykle jest to tzw. prąd 10-godzinny

$$I_n = \frac{C_{10}}{10h}$$

który określa stosunek pojemności do czasu 10h (C_{10} – dziesięciogodzinna pojemność baterii). Po okresie zaniku napięcia w sieci prądu przemiennego i rozpoczęciu procesu ładowania baterii akumulatorów zasilacz powinien kontrolować prąd, aby nie przekroczył wartości I_{10} , co jest realizowane poprzez regulację napięcia wyjściowego. Wyjściowe napięcie zasilacza powinno być również dostosowane do liczby ogniw i panującej temperatury w pomieszczeniu gdzie znajdują się baterie. Prąd ładowania powinien bowiem uwzględniać zmiany temperatury zgodnie z zaleceniami producentów baterii.

Parametrem określającym niezawodność urządzeń jest tzw. średni czas pracy bezawaryjnej urządzenia – MTBF (*Mean Time Between Failure* – średni czas pomiędzy awariami). Jednak najbardziej wiarygodnym określeniem niezawodności siłowni są referencje i opinie wieloletnich użytkowników systemów.

Innym ważnym kryterium, którym należy się kierować przy zakupie siłowni prądu stałego, jest dobór urządzenia o możliwościach rozbudowy do planowanej mocy urządzeń odbiorczych.

Istotnym elementem, który należy uwzględnić podczas planowania zakupu siłowni, jest też określenie właściwego sposobu zarządzania, co pozwala na lepszą i bezpieczniejszą obsługę systemu.

W przypadku stosowania siłowni DC o budowie modułowej czas usunięcia awarii jest zwykle krótki i w razie uszkodzenia modułu zasilacza jest konieczna jego wymiana, co nie wymaga wizyty serwisu i może być przeprowadzone przez odpowiednio przeszkoloną obsługę.

Dobór baterii akumulatorów

Właściwy dobór baterii akumulatorów ma niezwykle istotny wpływ na prawidłowe funkcjonowanie systemu. Podstawowym dobieranym parametrem jest pojemność baterii określana na podstawie mocy urządzeń odbiorczych oraz wymaganego czasu autonomii. Wyznaczenie pojemności dokonuje się zwykle wg charakterystyki rozładowania opracowanej przez producenta baterii. Innym ważnym czynnikiem jest wybór właściwego typu baterii zgodnie do zakładanej żywotności. Obecnie produkowane baterie mają projektowaną żywotność w granicach od 3 do 15 lat, należy jednak pamiętać, że uzyskanie projektowanego czasu żywotności zależy od zapewnienia właściwych warunków jej pracy.

