

PORADNIK

elektro.info.pl

Zasilacze UPS i zespoły prądotwórcze



Drodzy Czytelnicy,

frekwencja organizowanej przez nas już po raz czwarty konferencji szkoleniowej „Zespoły prądowców i zasilacze UPS w układach zasilania budynków w energię elektryczną” (odbyła się ona 30 listopada w Szkole Głównej Służby Pożarniczej) potwierdza, iż problematyka niezawodności zasilania gwarantowanego stanowi coraz istotniejszy aspekt nie tylko w samym sektorze energetycznym, ale ma ogromne znaczenie dla całej gospodarki i naszego bezpieczeństwa.

Co rusz znaczenie tego problemu uświadamiają nam przechodzące nad naszym krajem orkany i wichury oraz widmo blackoutu, wynikające z pojawiającego się latem ogromnego zapotrzebowania na energię elektryczną (niezbędną do zasilania systemów klimatyzacyjnych), a związanego także z rosnącą liczbą urządzeń elektrycznych i elektronicznych czy obiektów typu data center. Tematem interesują się coraz bardziej nie tylko specjaliści z sektora elektroenergetyki, ale również administratorzy, deweloperzy, projektanci budynków czy wreszcie inwestorzy, w tym nierzadko również indywidualni.

Mając na celu rozwój wiedzy w opisanym powyżej obszarze, przygotowaliśmy dla Państwa kolejną edycję e-booka, w którym prezentujemy i omawiamy wybrane zagadnienia związane z niezawodnością zasilania gwarantowanego, zapobiegania awariom, a więc wykorzystaniu zasilaczy UPS i zespołów prądowców.

Życzymy miłej lektury!

Redakcja elektro.info

Spis treści

Dobór mocy zespołu prądowczego – projektowanie ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach zasilanych z generatora zespołu prądowczego.	6
Agregaty prądowcze KRUZER Ultra Generation	22
Źródła rozproszone jako element zapewnienia niezawodności zasilania w obiektach użyteczności publicznej	26
Tryby pracy w zasilaczach UPS, cz. II – prezentacja.	36
Możliwości zwiększenia niezawodności przy zastosowaniu zasilacza UPS.	44
Zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych (część 1.)	50
Zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych (część 2.)	68
UPS ze zintegrowanym zasilaczem i interfejsem USB – prezentacja	82
Wymagania stawiane pomieszczeniom przeznaczonym do instalacji zespołów prądowczych i zasilaczy UPS	86
Bezprzerwow System Zasilania Merus UPQ – prezentacja	98
Dobór mocy źródeł zasilania awaryjnego i gwarantowanego	104
Analiza układów zasilania obiektów użyteczności publicznej o różnym stopniu niezawodności (część 1.)	130
SpecSizer – narzędzie CAT® do doboru zespołów prądowczych – prezentacja.	142
Lokalizacja zespołów prądowczych ze względu na hałas i odprowadzanie ciepła	148
UPS-y kompensacyjne – nowa generacja profesjonalnych urządzeń zasilania bezprzerwowego produkcji Benning – prezentacja.	156
Zastosowanie zasilaczy UPS w układach zasilania urządzeń przeciwpożarowych	158
Analiza układów zasilania obiektów użyteczności publicznej o różnym stopniu niezawodności (część 2.)	170
Katalog firm.	182



Redakcja

Adres redakcji

ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 65 61
faks 22 810 27 42
redakcja@elektro.info.pl
www.elektro.info.pl



Redakcja

Anna Kuziemska
akuziemska@elektro.info.pl

Reklama

Karolina Rosa
krosa@medium.media.pl



Grupa MEDIUM

Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K.
ul. Karczewska 18, 04-112 Warszawa
tel. 22 810 21 24, faks 22 810 27 42
ISBN 978-83-64094-10-1



ROZWIĄZANIA 3 FAZOWE ZE WSPÓŁCZYNNIKIEM MOCY 1.0



OFERTA CPH

- Konstrukcja modułowa do nawet 100kW
- Jednostkowy Współczynnik Moc (kVA = kW)
- Dedykowana szafa rack z dotykowym ekranem LCD lub możliwość zainstalowania w prawie każdej szafie 19"
- Możliwość rozszerzenia o dodatkowe zestawy baterii
- Praca w trybie Hot-Swap pozwalająca wymieniać baterie bez potrzeby wyłączenia sprzętu
- Dodatkowe karty SNMP i oprogramowanie do zarządzania

OFERTA CPG PFI

- Jednostkowy Współczynnik Moc (kVA = kW)
- Równoległa praca nawet 3 jednostek
- Regulowana ilość baterii (od 32 do 40 sztuk)
- Trzystopniowa konstrukcja ładowania
- Dla wygody obsługi do urządzenia dodano panel dotykowy.
- Domyślnie zamontowana karta SNMP do monitorowania sprzętu
- Wersje z (BI) lub bez jednostek bateryjnych (BE)

dobór mocy zespołu prądotwórczego

projektowanie ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach zasilanych z generatora zespołu prądotwórczego

mgr inż. Julian Wiatr

Wielokrotnie zachodzi konieczność projektowania układów zasilania o zwiększonej pewności dostaw energii elektrycznej. Nie zawsze druga linia elektroenergetyczna doprowadzona do obiektu budowlanego spełnia oczekiwania odbiorcy. Często zachodzi potrzeba instalowania źródła zasilania awaryjnego, którym jest zespół prądotwórczy oraz zasilacza UPS.

Obydwa te źródła wymagają odmiennego podejścia przy doborze ich mocy oraz innego sposobu projektowania i oceny ochrony przeciwporażeniowej w stosunku do systemu elektroenergetycznego. W artykule rozważania zostaną ograniczone do metodyki doboru mocy zespołu prądotwórczego oraz zasad projektowania ochrony przeciwporażeniowej w instalacji elektrycznej zasilanej z jego generatora zespołu prądotwórczego.

schemat układu zasilania budynku z wykorzystaniem zespołu prądotwórczego

Przystępując do opracowania układu zasilania obiektu budowlanego projektant musi przeprowadzić szczegółową analizę w zakresie wymagań pewności zasilania przez poszczególne odbiorniki planowane do zainstalowania w projektowanym obiekcie budowlanym.

Zróżnicowane wymagania dotyczące pewności zasilania wymusiły wprowadzenie klasyfikacji odbiorników energii elektrycznej na kategorie zasilania, które można sklasyfikować zgodnie z kryterium przyjętym w gospodarce energetycznej:

- odbiorniki III kategorii zasilania – odbiorniki, w których dowolnie długa przerwa w dostawie energii elektrycznej nie spowoduje żadnych negatywnych skutków,
- odbiorniki II kategorii zasilania – odbiorniki, w których krótka przerwa w dostawie energii elektrycznej (do kilku minut) nie spowoduje negatywnych skutków,
- odbiorniki I kategorii zasilania – odbiorniki, w których nawet krótka przerwa w dostawie energii elektrycznej może spowodować zagrożenie życia ludzi lub znaczne straty materialne spowodowane np. przerwaniem procesu produkcyjnego.

Przykładowy układ zasilania obiektu budowlanego, w którym występują wszystkie kategorie zasilania, przedstawia rysunek 1.

dobór mocy zespołu prądotwórczego

Za podstawę doboru mocy zespołu prądotwórczego należy przyjąć wartość mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej przez odbiorniki, które mają zostać objęte systemem zasilania awaryjnego. Moc czynną zapotrzebowaną należy wyznaczyć ze wzoru:

$$P_z = \sum_{i=1}^n k_z \cdot P_i \quad (1)$$

gdzie:

P_z – moc czynna zapotrzebowana czynna, w [kW],

k_z – współczynnik zapotrzebowania, w [-],

P_i – moc czynna i-tego odbiornika objętego systemem zasilania awaryjnego, w [kW].

Kolejnym krokiem jest obliczenie mocy biernej zapotrzebowanej, którą należy wyznaczyć w następujący sposób:

$$Q_z = \sum_{i=1}^n k_z \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \cdot P_i = \sum_{i=1}^n k_z \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_i} - 1} \cdot P_i \quad (2)$$

gdzie:

Q_z – moc bierna zapotrzebowana, w [kvar],

$\cos \varphi_i$ – współczynnik mocy i-tego odbiornika objętego systemem zasilania awaryjnego, w [-].

uwaga!

W przypadku projektowania układu zasilania z przyłączonym zespołem prądotwórczym zgodnie z rysunkiem 1b, w obliczeniach należy uwzględnić moc strat transformatorów po wcześniejszym dobraniu ich mocy zgodnie z ogólnymi zasadami.

Na podstawie obliczonej wartości mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej należy obliczyć współczynnik mocy $\cos \varphi_z$:

$$\cos \varphi_z = \frac{P_z}{\sqrt{P_z^2 + Q_z^2}} \quad (3)$$

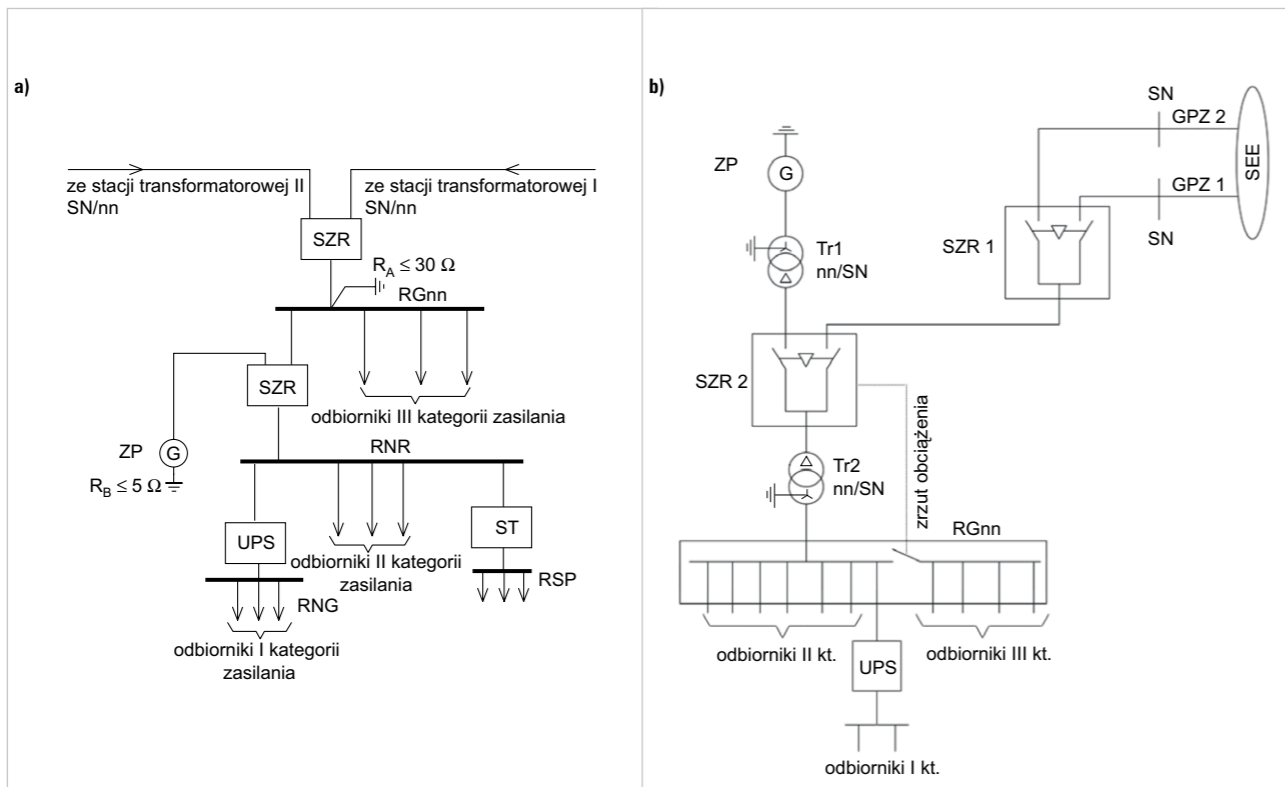
gdzie:

$\cos \varphi_z$ – współczynnik mocy obliczony na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej, w [-].

Kolejnym krokiem jest obliczenie minimalnej mocy czynnej, jaką musi dysponować generator zespołu prądotwórczego. Generator zespołu prądotwórczego musi pokryć za-

potrzebowanie mocy czynnej P_z oraz mocy bierniej Q_z . W przypadku, gdy generator wytwarza energię przy współczynniku mocy $\cos\varphi_z < \cos\varphi_{nG}$, zmniejsza się zdolność wykorzystania mocy czynnej generatora ze względu na obciążalność cieplną stojana.

Silnik spalinowy napędzający generator jest dostosowany do mocy czynnej generatora, czyli do pracy generatora przy znamionowym współczynniku mocy $\cos\varphi_{nG}$, zatem wytwarzanie energii elektrycznej przy współczynniku $\cos\varphi_z < \cos\varphi_{nG}$ skutkuje zmniejszeniem jego wykorzystania.



Rys. 1. Przykład zasilania obiektu łączności: a) zespół prądotwórczy zainstalowany w pobliżu obiektu, b) zespół prądotwórczy zainstalowany w znacznej odległości od obiektu, gdzie: ZP – zespół prądotwórczy, ST – siłownia telekomunikacyjna, RNR – rozdzielnica napięcia rezerwowanego, RNG – rozdzielnica napięcia gwarantowanego, RSP – rozdzielnica napięcia stałego

Względne obciążenie generatora mocą czynną można określić współczynnikiem wykorzystania, który należy obliczyć ze wzoru:

$$p = \frac{\cos\varphi_z}{\cos\varphi_{nG}} \quad (4)$$

Wymagana minimalna moc czynna zespołu prądotwórczego musi spełniać następującą nierówność:

$$P_{Gmin} \geq \frac{P_z}{p} \quad (5)$$

Obliczony ze wzoru (4) współczynnik wykorzystania p , należy podstawić do wzoru (5). W przypadku gdy $p \geq 1$, do wzoru (5) należy wstawić wartość 1. Wartość współczynnika mocy $\cos\varphi_{nG}$ należy przyjąć zgodnie z DTR zespołu prądotwórczego.

W przypadku braku informacji w tym zakresie można przyjmować $\cos\varphi_{nG} = 0,8$. Moc pozorna zespołu prądotwórczego musi spełniać następującą nierówność:

$$S_{nG} \geq \frac{P_{Gmin}}{\cos\varphi_z} \quad (6)$$

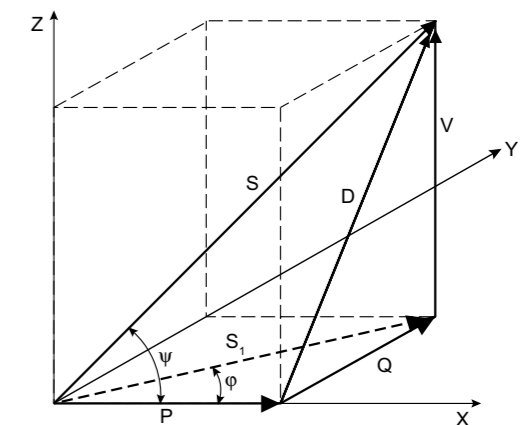
gdzie:

P_{Gmin} – minimalna mocy czynna, jaką musi pokryć generator zespołu prądotwórczego, w [kW].

Mała wartość współczynnika mocy $\cos\varphi_z$ powoduje zmniejszenie siły elektromotorycznej generatora wskutek rozmagresowującego działania składowej bierniej prądu obciążenia. Jeżeli generator oddaje większą moc bierną niż znamionowa, ze względu na konieczność utrzymania napięcia znamionowego i nieprzeciążanie wirnika należy zmniejszyć moc czynną obciążenia. W dopuszczalnych dla prądów wirnika granicach, automatyka zespołu prądotwórczego reguluje wartość prądu wzbudzenia utrzymując na stałym poziomie wartość napięcia wyjściowego generatora.

Zatem wytwarzanie energii elektrycznej przez generator zespołu prądotwórczego przy współczynniku mocy $\cos\varphi_z < \cos\varphi_{nG}$ skutkuje koniecznością zwiększenia jego mocy pozornej do wartości umożliwiającej pełne pokrycie mocy czynnej zapotrzebowanej PZ oraz mocy bierniej zapotrzebowanej Q_z .

Wprowadzanie układów kompensacji mocy bierniej (szczególnie indukcyjnej) jest niewskazane ze względu na charakter pracy źródła zasilającego i w konsekwencji może doprowadzić do przedwczesnego zniszczenia kondensatorów. W przypadku, gdy zespół prądotwórczy służy do zasilania silników elektrycznych, za podstawę doboru mocy należy przyjmować prądy rozruchowe silników, które nie mogą przekraczać wartości prądu znamionowego ge-



Rys. 2. Czworobój mocy dla układu o odkształconych przebiegach napięcia i prądu, gdzie: P – moc czynna, w [kW], Q – moc bierna, w [kvar], S1 – moc pozorna części liniowej obwodu, w [kVA], S – moc pozorną obwodu nieliniowego, w [kVA], V – moc deformacji, w [kVA], D – moc dystorsji, definiowana jako $D2=Q2+V2$

THDi%	W
3%	0,95
5%	0,91
8%	0,86
10%	0,83
15%	0,76
20%	0,70
30%	0,60
40%	0,51

Tab. 1. Wartości współczynnika zniekształcenia W, w zależności od wartości współczynnika THDi%

neratora z uwzględnieniem jego chwilowego przeciążenia określonego w DTR producenta.

Natomiast, gdy zespół prądowórczy zasila odbiorniki nieliniowe, powstają zniekształcenia prądu pobieranego ze źródła. Zniekształcenia te powodują pojawianie się w sieci zasilającej oraz instalacji odbiorczej harmonicznych, interharmonicznych i subharmonicznych, które na ogół nie są w fazie z napięciem. Zjawisko wyższych harmonicznych powoduje, że oprócz mocy czynnej i biernej pojawia się moc deformacji V , co oznacza, że moc pozorna nie może być określona jako iloczyn prądu i napięcia podstawowej harmonicznej. Wartość mocy deformacji V zależy od stopnia odkształcenia przebiegów napięcia i prądów, czyli od zawartości wyższych harmonicznych, a w układach wielofazowych – również od stopnia asymetrii.

W przypadku obciążeń asymetrycznych, współczynnik mocy $\cos\varphi$ nie jest jednakowy dla poszczególnych faz. W każdej fazie jego wartość może być różna i uzależniona od wartości mocy czynnej i biernej obciążającej fazę. Niepożądanym skutkiem niesymetrycznego obciążenia jest wzrost wartości napięcia ponad wartość znamionową w fazie najmniej obciążonej. Oszacowanie wartości mocy deformacji powodowanej niesymetrycznym obciążeniem jest dość trudne, zatem zgodnie z zaleceniami producentów zespołów prądowórczych podczas projektowania układu zasilania awaryjnego należy zadbać, by przy zasilaniu odbiorników przez zespół prądowórczy asymetria obciążenia nie przekraczała 20%. Moc pozorną zapotrzebowaną przez odbiornik nieliniowy należy określić wzorem:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + V^2 \quad (7)$$

Moc czynna przebiegu odkształconego jest sumą mocy czynnych harmonicznych napięcia i prądu o tej samej częstotliwości, czyli:

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot \cos\varphi_k \quad (8)$$

Natomiast moc bierną przebiegu odkształconego obliczamy z powszechnie akceptowanego wzoru (10):

$$Q = \sum_{k=1}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot \sin\varphi_k \quad (9)$$

Natomiast moc pozorna obwodu liniowego jest określona następującym wzorem:

$$S_1^2 = P^2 + Q^2 \quad (10)$$

W tym przypadku moc deformacji $V=0$.

Ilustrację graficzną mocy P , Q , V , S_1 oraz S przedstawia rysunek 2.

Rysunek 2. wyjaśnia również, że dla obwodów nieliniowych współczynnik mocy nie może zostać określony wzorem 3, który jest słuszny dla obwodów liniowych:

$$\cos\varphi = \frac{P}{S_1} \quad (11)$$

W obwodach nieliniowych współczynnik mocy jest definiowany jako (rys. 2.):

$$\cos\Psi = \frac{P}{S} = \frac{I_1}{I} \cdot \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2}} \quad (12)$$

gdzie:

φ_k – przesunięcie fazowe pomiędzy napięciem i prądem dla harmonicznej rzędu k ,

$$\sin\varphi_k = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_k}$$

Prąd znamionowy urządzenia trójfazowego pobierającego prąd odkształcony należy wyrazić wzorem:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\Psi} \quad (13)$$

Z równań (12) oraz (13) wynika, że przy ustalonej wartości prądu znamionowego I_n urządzenia i wzroście odkształcenia prądu rzeczywiście przepływającego przez to urządzenie zmniejsza się moc znamionowa czynna, którą można je obciążyć.

Zatem odbiorniki nieliniowe pobierające prąd zniekształcony z generatora powodują zmniejszenie możliwości wykorzystania mocy czynnej generatora zespołu prądowórczego. W celu pokrycia mocy zapotrzebowanej przez te odbiorniki moc generatora musi ulec zwiększeniu. Minimalną moc czynną generatora niezbędną do pokrycia mocy zapotrzebowanej przez te odbiorniki należy wyznaczyć ze wzoru:

$$P_{Gmin} \geq \frac{P_z}{p \cdot W} \quad (14)$$

gdzie:

p – współczynnik wykorzystania określony wzorem (4), w [-],

P_z – moc czynna zapotrzebowana przez odbiorniki objęte systemem zasilania awaryjnego, w [kW],

P_{Gmin} – wymagana minimalna moc czynna generatora zespołu prądowórczego, w [kW],

$W \approx \left(\frac{100}{100 + THD_{i\%}} \right)^2$ – współczynnik zniekształcenia, w [-], w którym:

$THD_{i\%}$ – współczynnik odkształcenia prądu, w [-].

Natomiast moc pozorną zespołu prądowórczego określamy zgodnie ze wzorem (6). Wartość współczynnika $THD_{i\%}$ zawartości harmonicznych w odkształconym przebiegu prądu należy wyznaczyć ze wzoru:

$$THD_i = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} (I_k)^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad (15)$$

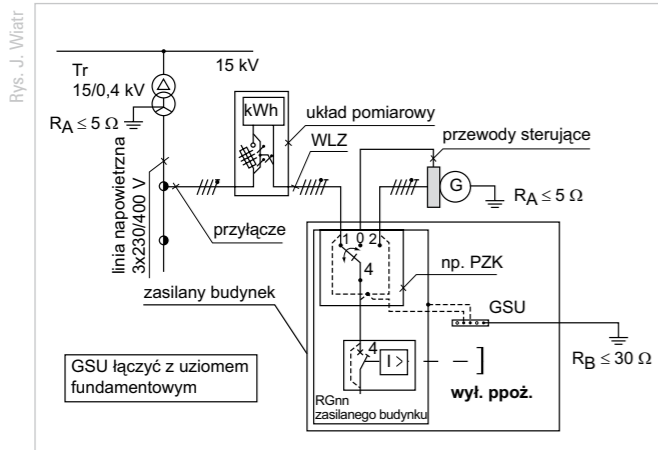
gdzie:

I_k – wartość skuteczna k-tej harmonicznej prądu, w [A],

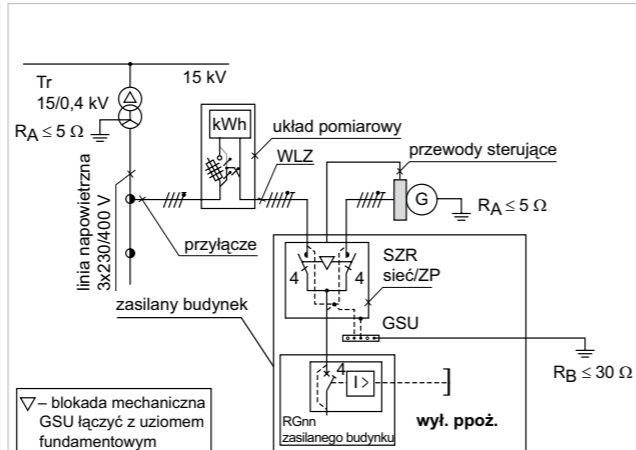
I_1 – wartość skuteczna harmonicznej podstawowej prądu, w [A],

k – rząd harmonicznej, w [-].

Przykładowe wartości współczynnika W , w zależności od wartości współczynnika $THD_{i\%}$ przedstawia tabela 1.



Rys. 3. Ręczny przełącznik sieć/zespół prądowłórczy



Rys. 4. Układ automatyki SZR sieć/zespół prądowłórczy

Wraz ze wzrostem współczynnika $THD_{i\%}$ maleje współczynnik zniekształceń W , a zatem moc generatora niezbędna do pokrycia mocy zapotrzebowanej ulega zwiększeniu.

tandem UPS-zespół prądowłórczy

W celu uzyskania większej niezawodności do systemu zasilania gwarantowanego wprowadza się dodatkowe źródła zasilania awaryjnego, tj. zespół prądowłórczy. Taki układ daje bardzo duże bezpieczeństwo i pewność, że w razie awarii systemu zasilania podstawowego urządzenia o znaczeniu krytycznym będą zasilane bez przerw, co uchroni odbiorców od wielu, niejednokrotnie poważnych strat, a tym samym strat spowodowanych przerwami w dostawie energii elektrycznej.

Zasilacz UPS powinien być dobierany do oszacowanej mocy odbiorników. Należy pamiętać, by sumaryczna moc odbiorników nie przekraczała ani wyjściowej mocy czynnej, ani wyjściowej mocy pozornej zasilacza. Wskazane jest niewielkie przewymiarowanie zasilacza (10–20%), które stanowiłoby rezerwę na okresowy wzrost lub błędy w szacowaniu mocy odbiorników.

UPS przeznaczony do współpracy z zespołem prądowłórczym powinien stanowić barierę między odbiorcami a zespołem. Chodzi o maksymalne wyeliminowanie wpływu na zespół odkształconych prądów pobieranych przez odbiory nieliniowe (np.

urządzenia komputerowe). Powinien to być UPS, który nie wiąże kształtu prądu wejściowego z kształtem prądu pobieranego przez odbiory.

Zespół prądowłórczy powinien bezpiecznie pokrywać zapotrzebowanie zasilacza UPS i odbiorników kategorii II. Jego moc jest sumą mocy pobieranej przez UPS-a w stanie pełnego obciążenia i mocy odbiorników kategorii II.

$$P_{GEN} = P_{UPSwe} + P_{II} \quad (16)$$

gdzie:

P_{UPSwe} – moc wejściowa zasilacza UPS, w [kW],

P_{II} – moc sumaryczna odbiorników kategorii II, w [kW].

Moc wejściową zasilacza UPS obliczamy korzystając z zależności:

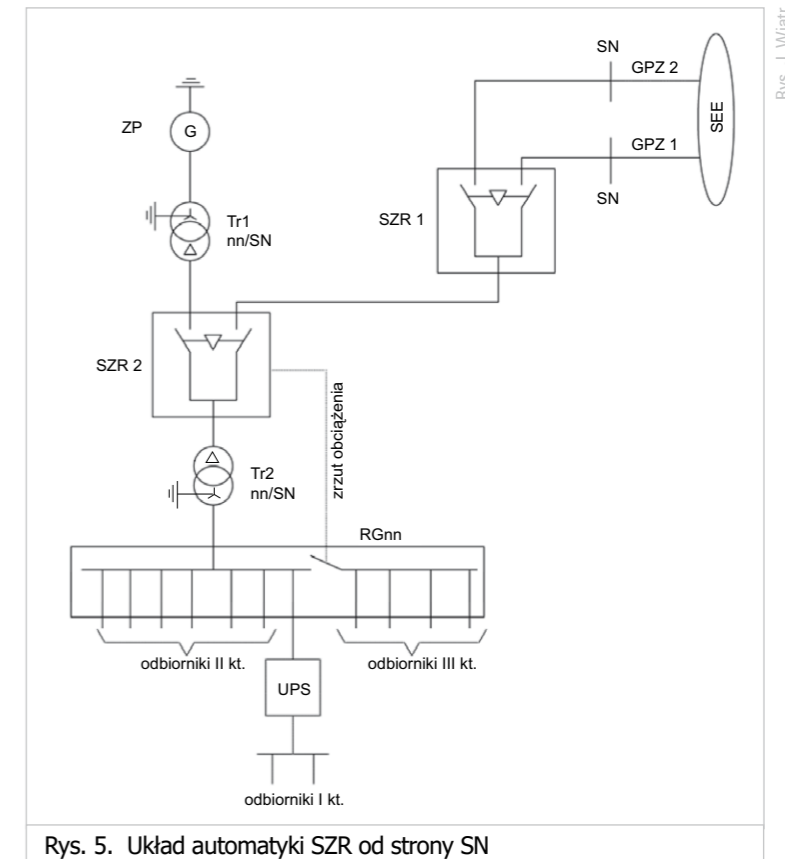
$$P_{UPSwe} = \frac{P_{UPSwy}}{\eta \cdot W} + \frac{P_B}{W} = \frac{P_{UPSwy}}{\eta W} + \frac{0,25 \cdot P_{UPSwy}}{W} \quad (17)$$

gdzie:

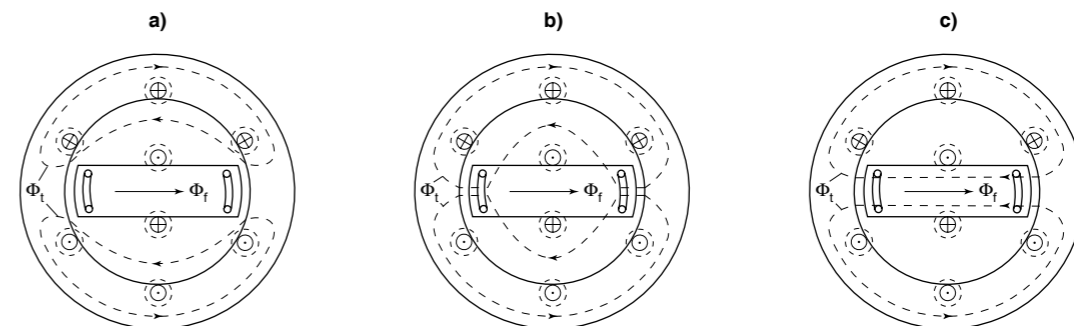
P_{UPSwy} – wyjściowa moc czynna zasilacza UPS, w [kW],

η – sprawność zasilacza UPS, w [-],

W – współczynnik przewymiarowania zespołu prądowłórczego biorący pod uwagę między innymi odkształcenie prądu wejściowego zasilacza UPS,



Rys. 5. Układ automatyki SZR od strony SN



Rys. 6. Przebieg wypchanego poza wirnik strumienia stojana: a) stan podprzejściowy, b) stan przejściowy, c) stan ustalony

P_B – dodatkowa moc wejściowa zasilacza związana z ładowaniem baterii (co najmniej 25% mocy znamionowej zasilacza), w [kW].

Jeżeli zasilacz UPS ma możliwość rozbudowy (zwiększenie mocy wyjściowej przewidziane w konstrukcji urządzenia), należy brać pod uwagę największą moc wyjściową zasilacza. Zalecane jest też stosowanie zasilaczy wyposażonych w specjalny interfejs do współpracy z zespołem prądowórczym, pozwalający aktywnie ograniczyć prąd wejściowy przez zablokowanie funkcji ładowania baterii do chwili powrotu napięcia sieci. Wówczas można zrezygnować z 25-procentowej nadwyżki mocy zespołu, niezbędnej do ewentualnego ładowania baterii.

Do współpracy z zespołem prądowórczym zaleca się stosowanie zasilaczy UPS wyposażonych w filtr redukujący zawartość harmoniczną w prądzie wejściowym do poziomu około 10% (głębsza redukcja jest bezcelowa, nie wpływa znacząco na poprawę charakterystyki współpracy zasilacza z agregatem, nie jest więc uzasadniona ekonomicznie). Nie powinno się stosować innych topologii zasilaczy niż online, gdyż tylko taka gwarantuje, że poprawność współpracy zasilacza UPS z zespołem prądowórczym nie zachwieje się w wyniku zmiany charakterystyki odbiorników.

Zalecane jest stosowanie zespołów prądowórczych wyposażonych w elektroniczne regulatory prędkości obrotowej, z nowoczesnymi prądnicami przystosowanymi do nieliniowych obciążeń. Generalnie poleca się stosowanie urządzeń sprawdzonych we współpracy i zapewniających stabilność zasilania w każdym warunkach.

uwaga!

W przypadku zastosowania zespołu prądowórczego wyposażonego w generator przystosowany do obciążeń nieliniowych, stopień przewymiarowania zespołu może być mniejszy, jednak powinien on być uzgodniony z producentem lub dostawcą.

Przykład

Należy dobrać moc zespołu prądowórczego przeznaczonego do awaryjnego zasilania następujących odbiorników:

a) 3 silniki indukcyjne klatkowe o następujących parametrach: $P_{ns}=7,5\text{ kW}$; $k_r=6$; $\cos\varphi=0,8$; $\eta=0,8$; $U_n=3\times 400\text{ V}$; $s_n=5\%$; $kMr=2,3$,

b) zasilacz UPS o następujących parametrach: $P_n=15\text{ kW}$; $\cos\varphi=0,95$; $\text{THD}_i=8\%$; $U_n=3\times 400/230\text{ V}$; $\eta=0,9$,

c) odbiorniki oświetleniowe o łącznej mocy $P=5\text{ kW}$; $\cos\varphi=0,7$ $U_n=230\text{ V}$ (odbiorniki pogrupowane są symetrycznie co zapewnia jednakowe obciążenie poszczególnych faz).

Moc znamionowa pojedynczego silnika:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{7500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,8 \cdot 0,9} = 15,04\text{ A}$$

Prąd rozruchowy przy połączeniu w trójkąt:

$$I_{r\Delta} = k_r \cdot I_n = 6 \cdot 15,04 = 90,24\text{ A}$$

Jest to duży prąd, który należy ograniczyć. Jednym ze sposobów jest zastosowanie przełącznika gwiazda/trójkąt, dzięki czemu uzyskuje się 3-krotne zmniejszenie prądu rozruchowego, zatem:

$$I_{rY} = \frac{I_r}{3} = \frac{90,24}{3} = 30,08\text{ A}$$

Ze względu na znaczny prąd rozruchowy pojedynczego silnika należy zastosować układ uniemożliwiający jednoczesny rozruch wszystkich silników. Zatem przy założeniu sekwencyjnego rozruchu silników, moc szczytowa obciążenia wyniesie:

$$\begin{aligned} \cos\varphi_r &= \cos\varphi_{ns} \cdot \frac{\eta}{1-s_n} \left(\frac{M_{rw}}{k_r} + 0,025 \cdot k_r \right) = \\ &= 0,80 \cdot \frac{0,90}{1-0,05} \cdot \left(\frac{2,30}{6} - 0,025 \cdot 6 \right) = 0,40 \end{aligned}$$

$$P_{szs} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{rY} \cdot \cos\varphi_r + 2 \cdot P_{ns} = \sqrt{3} \cdot 30,08 \cdot 400 \cdot 0,40 + 2 \cdot 7500 = 2333,60\text{ W} \approx 23,34\text{ kW}$$

$$\begin{aligned} Q_{szs} &= \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{rY} \cdot \cos\varphi_r \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_r} - 1} + 2 \cdot P_{ns} \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_{ns}} - 1} = \\ &= \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 30,08 \cdot 0,40 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,40^2} - 1} + 2 \cdot 7500 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,8^2} - 1} \approx \\ &\approx 30,33\text{ kvar} \end{aligned}$$

Moc zapotrzebowana przez zasilacz UPS:

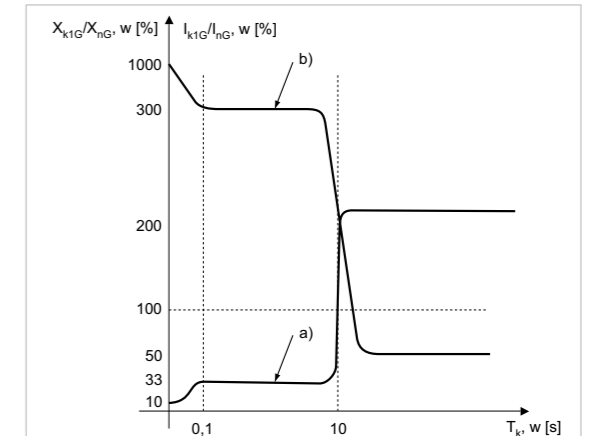
$$W = \left(\frac{100}{100 + \text{THD}_{1\%}} \right)^2 = \left(\frac{100}{100 + 8} \right)^2 \approx 0,86$$

$$P_{wejuPS} = \frac{P_{wyjuPS}}{W \cdot \eta} + \frac{0,25 \cdot P_{wyjuPS}}{W} = \frac{15000}{0,86 \cdot 0,90} + \frac{0,25 \cdot 15000}{0,86} \approx 23740\text{ W} \approx 23,74\text{ kW}$$

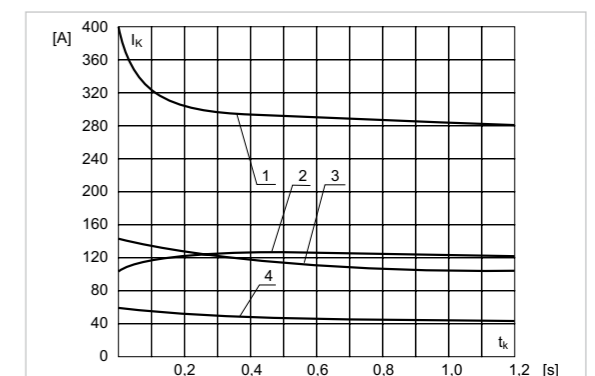
$$Q_{wejuPS} = P_{wejuPS} \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_{wejuPS}} - 1} = 23740 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,95^2} - 1} = 7,80\text{ kvar}$$

Moc transformatora lub generatora zespołu prądowórczego, w [kVA]	Impedancja transformatora na jego zaciskach, w [Ω]	Reaktancja generatora na jego zaciskach przyjmowana dla obliczenia skuteczności samoczynnego wyłączenia (reaktancja uzwojeń stanowi zaledwie 0,03 $\cdot X_{ng}$ i może zostać pominięta w obliczeniach praktycznych), w [Ω]
100	0,072	0,528
160	0,045	0,330
250	0,028	0,211
400	0,018	0,132
500	0,014	0,106

Tab. 2. Zestawienie impedancji transformatora i generatora o tej samej mocy



Rys. 7. Unormowane charakterystyki: a) zmienności reaktancji zwarciowej generatora $\frac{X_{k1G}}{X_{ng}} \cdot 100\% = f(T_k)$, b) zmienności prądu zwarciowego generatora, przy zwarciu na jego zaciskach $\frac{I_{k1G}}{I_{pg}} \cdot 100\% = f(T_k)$, gdzie: X_{ng} – znamionowa reaktancja generatora (wartość w stanie statycznym), w [Ω], X_{k1G} – reaktancja generatora dla zwarć jednofazowych, [Ω], I_{pg} – prąd znamionowy generatora, w [A], I_{k1G} – prąd zwarcia jednofazowego dla zwarć na zaciskach generatora, w [A], T_k – czas trwania zwarcia, w [s]



Rys. 8. Charakterystyka prądu zwarciowego w funkcji czasu dla różnych typów zespołów prądowórczych starego typu, które jeszcze pozostają w eksploatacji: 1) PAD-30-3/400, 2) PAD-16-3/400, 3) PAD-8-3/400; PAB-4-3/400

Całkowita moc czynna zapotrzebowana:

Rys. J. Wiatr

$$P_z = P_{SZS} + P_{wejUPS} + P_{osw}$$

$$Q_z = Q_{SZS} + Q_{wejUPS} + \operatorname{tg}\varphi \cdot P_{osw}$$

$$P_z = 23336 + 23740 + 5000 = 31073,60 \approx 52,08 \text{ kW}$$

$$Q_z = 30,33 + 7,80 + \sqrt{\frac{1}{0,7^2} - 1} \cdot 5,0 \approx 43,24 \text{ k var}$$

$$\operatorname{tg}\varphi_z = \frac{Q_z}{P_z} = \frac{43,24}{52,08} = 0,86$$

$$\cos\varphi_z = \frac{1}{\sqrt{\operatorname{tg}^2\varphi_z + 1}} = \frac{1}{\sqrt{0,86^2 + 1}} = 0,76$$

$$p = \frac{\cos\varphi_z}{\cos\varphi_{ng}} = \frac{0,76}{0,80} = 0,95, \quad P_{Gmin} \geq \frac{P_z}{p} = \frac{52,80}{0,95} = 55,58 \text{ kW}$$

$$S_G \geq \frac{P_{Gmin}}{\cos\varphi_z} = \frac{55,58}{0,76} = 73,14 \text{ kVA}$$

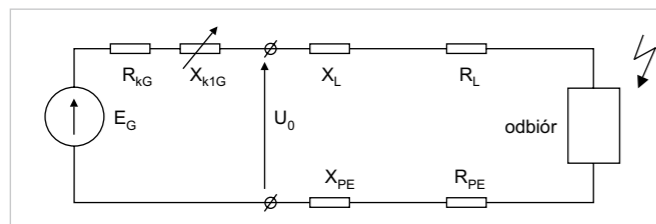
Na podstawie katalogu producenta zespołów prądowórczych warunki spełnia zespół o mocy 80 kVA.

układy współpracy sieć-zespół prądowórczy

Zespół prądowórczy, który stanowi źródło zasilania awaryjnego, nie może dostarczać energii do sieci elektroenergetycznej. Powoduje to konieczność projektowania układów uniemożliwiających pracę równoległą

źródeł lub wsteczne podanie napięcia do sieci, podczas gdy została ona wyłączona. W przypadku ZP uruchamianych ręcznie należy stosować ręczne przełączniki (rys. 3.).

Natomiast zespoły wyposażone w układy samorozruchu i samozatrzymania należy wyposażyć w układy automatyki SZR z blokadą mechaniczną i elektryczną. Przykład takiego układu został przedstawiony na rysunkach 4. i 5.



Rys. 9. Schemat jednofazowego obwodu zwarcia w instalacji zasilającej z zespołu prądowórczego

Moc zespołu prądowórczego, w [kVA]	Moc zwarciova na zaciskach generatora, w [MVA]
100	1,0
200	2,0
500	5,0
1000	10,0
2000	20,0
6000	60,0

Tab. 3. Moce zwarciove wybranych generatorów nn

W przypadku zespołów prądowórczych wyposażonych w automatykę samorozruchu i samozatrzymania należy pamiętać, że część układów automatyki zainstalowana jest w zespole i w przypadku pozostawiania zespołu w warunkach gotowości do pracy wymaga zasilania z sieci elektroenergetycznej (grzałki, detektor zaniku faz itp.). Obwody te należy zabezpieczyć od przeciążeń, przepięć i porażień oraz wykonać w układzie TN-S.

ochrona przeciwporażeniowa w instalacjach elektrycznych nn zasilanych ze źródeł awaryjnych (ZP) i rezerwowych (UPS)

Zasilanie ze źródeł awaryjnych (zespołów prądowórczych)

Zespół prądowórczy w stosunku do systemu elektroenergetycznego jest źródłem „miękkim”, w którym impedancja obwodu zwarciowego ulega szybkim zmianom

w czasie zwarcia (przyjmuje się, że system elektroenergetyczny charakteryzuje się stałą impedancją obwodu zwarciowego z uwagi na dużą wartość mocy zwarciowej).

W chwili wystąpienia zwarcia ulega zmianie rozptyw strumieni magnetycznych w generatorze zespołu prądowórczego. Rozptywy strumieni w generatorze podczas zwarcia przedstawia rysunek 6.

W początkowej fazie zwarcia nazywanej stanem podprzejściowym, wskutek działania klatki tłumiącej strumień główny wytwarzany przez prądy płynące w uzwojeniu stojana jest wypychany poza wirnik (rys. 6a). W stanie tym reaktancja generatora charakteryzuje się małą wartością, wynoszącą przeciętnie (10–15)% znamionowej wartości reaktancji generatora. Stan ten trwa bardzo krótko ze względu na małą wartość elektromagnetycznej stałej czasowej T, wynoszącej dla generatorów nn, średnio 0,01 s.

Działanie klatki tłumiącej ze względu na małą wartość jej rezystancji szybko ustaje, co skutkuje powolnym wchodzeniem strumienia głównego w wirnik. Stan ten nazywany stanem przejściowym. W tym stanie reaktancja generatora wynosi przeciętnie (30÷40)% jego wartości znamionowej.

FAST Group

bezpieczna infrastruktura IT



Agregaty prądowórcze



Zasilacze UPS modułowe i standalone



Klimatyzacja precyzyjna

Budowa kompletnych serwerowni i Data Center „pod klucz”:
 - audyty, koncepcje, projekty
 - budowa, serwis, utrzymanie

ZAPRASZAMY DO WSPÓŁPRACY
FAST GROUP Sp. z o.o. - www.fast-group.com.pl, tel.22 625 10 18

Generator w krótkim czasie przechodzi w stan ustalony zwarcia, co objawia się dalszym wzrostem reaktancji obwodu zwarciovego. W stanie ustalonym zwarcia strumień główny oraz strumień wzbudzenia zamykają się przez wirnik generatora. Ponieważ kierunki tych strumieni są przeciwne, strumień wypadkowy ulega silnemu zmniejszeniu. Zjawisko to prowadzi do gwałtownego wzrostu reaktancji generatora, która dla generatorów nn wynosi (200–300)% znamionowej wartości reaktancji generatora.

W zespołach prądowców konstruowanych obecnie, instalowany jest regulator prądu wzbudzenia wyposażony w układ forsowania, który pozwala podczas zwarcia na utrzymanie określonej wartości reaktancji generatora. Wartość ta charakteryzowana jest krotnością prądu znamionowego generatora, utrzymywaną przez czas nie dłuższy niż 10s. Ograniczenie czasowe utrzymywania określonej wartości reaktancji generatora podczas zwarcia wynika z warunku wytrzymałości izolacji uzwojeń generatora. Wydłużenie tego czasu może skutkować zniszczeniem izolacji uzwojeń generatora.

Na rysunku 7. przedstawiono unormowane charakterystyki zmienności reaktancji zwarciovowej w generatorze nowoczesnego zespołu prądowcowego oraz zmienności prądu zwarciovego na jego zaciskach. Parametry obwodu zwarciovego ulegają szybkim zmianom, co powoduje trudności w uzyskaniu skutecznej ochrony przeciwporażeniowej w odległej instalacji odbiorczej realizowanej przez samoczynne wyłączenie zasilania.

uwaga!

W ogólnym przypadku, przy założeniu $I''_k = n \cdot I_{nG}$ można zapisać wzór na reaktancję generatora dla zwarców jednofazowych jako:

$$X_{k1G} = \frac{U_{nG}^2}{n \cdot S_{nG}} \quad (18)$$

(gdzie n – krotność prądu znamionowego utrzymywana podczas zwarców na zaciskach generatora, podawana przez producenta ZP w DTR).

Problemy te uwypuklają się szczególnie w zespołach starego typu, sukcesywnie wycofywanych z eksploatacji. Dlatego ważne jest, aby ludzie zajmujący się eksploatacją tego typu zespołów prądowcowych (np. wiejscy elektrycy) mieli świadomość zagrożenia, jakie może stwarzać zespół prądowcowy.

Przebiegi prądów zwarciovych na zaciskach generatora w wybranych zespołach prądowcowych starszego typu zostały przedstawione na rysunku 8.

Zapewnij ochronę kluczowych operacji dzięki rozwiązaniom Delta UPS



The power behind competitiveness

Rozwiązania Delta UPS

- Najwyższa sprawność w trybie podwójnej konwersji (AC-AC)
- W pełni redundantna budowa i konfiguracja
- Wysoki współczynnik mocy wejściowej oraz wyjściowej
- Łatwa rozbudowa i skalowalność
- Niezawodność i niski Całkowity Koszt Posiadania (TCO)

Delta Electronics (Poland) Sp. z o.o.
ul. Poleczki 23, 02-822 Warszawa
tel. (22) 335 26 00
ups.poland@deltaww.com
www.deltapowersolutions.com

DELTA
Smarter. Greener. Together.

W zespołach tych prąd zwarciový ulega szybkiej stabilizacji i uzyskuje określoną wartość na tyle małą, że zadziałanie zabezpieczeń w czasie określonym przez PN-HD 60364-4-41:2009 jest nie możliwe. Warunki zwarciový dla samoczynnego wyłączenia zasilania ulegają znacznemu pogorszeniu przy zwarciu w odległej instalacji wskutek znacznej wartości impedancji obwodu zwarciovýego.

W nowoczesnych zespołach zespół prądowórczych producent zapewnia (wskutek działania układów automatyki) utrzymanie prądu zwarciovýego na zaciskach generatora o wartości $3 \cdot I_n$ przez 10 s (dłuższe utrzymywanie takiego stanu grozi zniszczeniem izolacji uzwojeń). Dzięki czemu do obliczeń skuteczności samoczynnego wyłączenia można przyjmować wartość reaktancji zwarciovýego generatora X_{k1G} (na jego zaciskach) wyliczoną ze wzoru:

$$X_{k1G} = 0,33 \cdot X_{nG} = 0,33 \cdot \frac{U_{nG}^2}{S_{nG}} \quad (19)$$

gdzie:

U_{nG} – napięcie znamionowe generatora zespołu prądowórczego, w [kV],

S_{nG} – moc znamionowa generatora zespołu prądowórczego, w [MVA].

Wynika to z następującego rozumowania:

$$X_{nG} = \frac{U_{nG}^2}{S_{nG}} = \frac{U_{nG}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{nG} \cdot U_{nG}} = \frac{U_{nG}}{\sqrt{3} \cdot I_{nG}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_0}{\sqrt{3} \cdot I_{nG}} = \frac{U_0}{I_{nG}}$$

zatem, jeżeli podczas zwarcia na zaciskach generatora:

$$I_k = 3 \cdot I_{nG} \Rightarrow X_{k1G} = \frac{U_0}{3 \cdot I_{nG}} = \frac{1}{3} \cdot X_{nG} \approx 0,33 \cdot X_{nG}$$

Częstym błędem popełnianym podczas wykonywania obliczeń zwarciových jest przyjmowanie impedancji zwarciovýego generatora na podstawie impedancji transformatora o mocy równej mocy generatora zespołu prądowórczego. Dla porównania tych wartości w tabeli 2. zostały przedstawione impedancje wybranych transformatorów oraz generatorów.

Porównując dane przedstawione w tabeli 2. widać, jak duże rozbieżności występują w wartościach impedancji zwarciových obydwu źródeł ($Z_{k1G}/Z_{kT} \approx 7,33$). W przypadku, gdy zespół prądowórczy jest oddalony o kilkanaście metrów od zasilanej rozdzielni, wartość impedancji obwodu zwarciovýego w dalszym ciągu rośnie i powoduje dalsze zmniejszanie się prądów zwarciových. Znaczna wartość reaktancji obwodu zwarciovýego zasilanego przez generator zespołu prądowórczego może być powodem nieskutecznej ochrony przeciwporażeniowej w instalacji, w której zastosowano samoczynne wyłączenie. Obwód zwarciový dla potrzeb ochrony przeciwporażeniowej przedstawia rysunek 9.

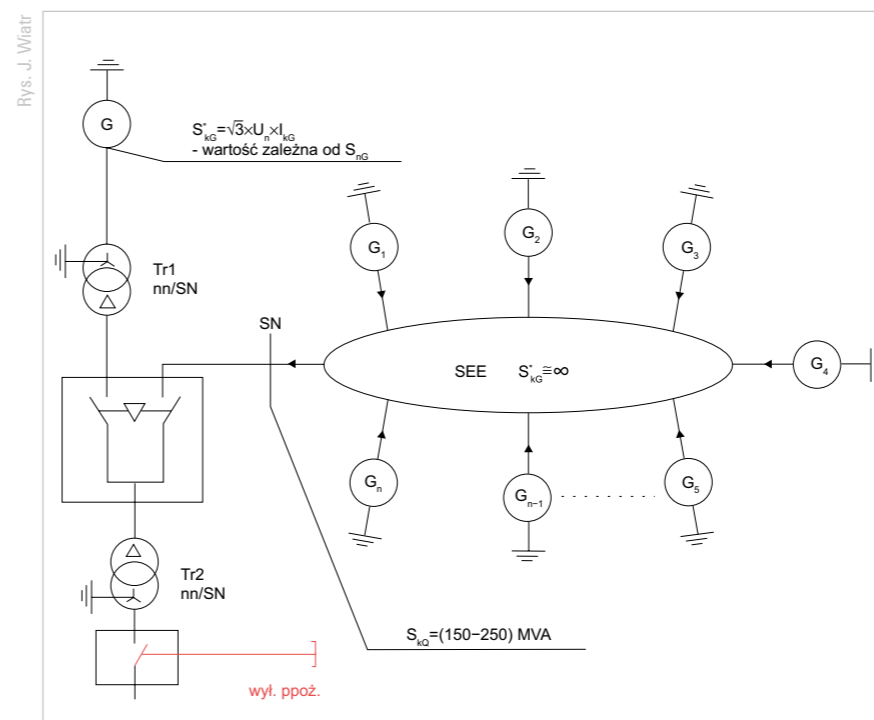
odmienność warunków zasilania z zespołu prądowórczego w odniesieniu do Systemu Elektroenergetycznego

System Elektroenergetyczny (SEE) jest zasilany przez kilkadziesiąt generatorów przyłączonych za pośrednictwem transformatorów blokowych do sieci elektroenergetycznych WN pracujących w systemie zamkniętym. Moc zwarciovýa SEE w uproszczeniu jest określana jako nieskończona. Wartość jej w różnych punktach sieci przyłączonych do SEE posiada wartości skończone, ale wartości ich są dość duże. Przeciętnie wartość mocy zwarciovýego odniesiona do GPZ kształtuje się na poziomie (150–250) MVA. Zespół prądowórczy po przejściu zasilania stanowi jedyne źródło zasilania odbiorców objętych systemem zasilania awaryjnego. Dysponowana przez jego generator moc zwarciovýa zależy od mocy generatora i posiada wartość skończoną. Dla wybranych generatorów niskiego napięcia, moc zwarciovýa została przedstawiona w tabeli 3.

Wartość mocy zwarciovýego rośnie wraz z mocą zespołu prądowórczego, ale maleje wraz z odległością miejsca powstania zwarcia od zacisków generatora.

Dla powszechnie stosowanych zespołów prądowórczych moc zwarciovýa na zaciskach generatora nie przekracza 5,0 MVA.

Ponieważ z chwilą wejścia generatora w stan przejściowy podczas zwarcia moc zwarciovýa znacząco maleje wskutek wzrastającej impedancji źródła, podczas gdy przy zasilaniu z SEE wartość mocy zwarciovýego pozostaje praktycznie niezmienna przez czas trwania zawarcia.



Parametry zwarciovýe transformatora oraz przewodów zasilających ulegają nieznacznej zmianie głównie wskutek termicznego działania prądu.

Graficznie porównanie obydwu źródeł przedstawia rysunek 10.

literatura do artykułu na elektroinfo.pl

agregaty prądotwórcze KRUZER Ultra Generation

Kruzer

Podstawowym zadaniem agregatów prądotwórczych jest wytwarzanie energii elektrycznej w sytuacji, kiedy jest awaria lub brak zasilania z sieci zewnętrznej. Jednak wybór agregatu nie jest prosty. Ważne są przede wszystkim parametry, które muszą zostać odpowiednio dobrane do wymagań stawianych przez użytkownika. Dlatego firma Kruzer oferuje agregaty prądotwórcze, które nie tylko spełniają oczekiwania klientów, ale są także ekologiczne, mają zwiększoną żywotność silnika oraz pełną moc tylko wtedy gdy potrzeba.

Firma Kruzer przez wiele lat konsekwentnie budowała pozycję lidera rynku, stale wprowadzając do oferty nowe i udoskonalone produkty. Głównym produktem firmy są agregaty prądotwórcze, które dzięki systemowi Professional ULTRA Line są nie tylko ekologiczne, ale także urządzenie pracuje ciszej, oszczędza paliwo i cały czas pozostaje w gotowości.

jak wybrać dobry agregator prądotwórczy?

Zdecydowanie najlepszym rozwiązaniem jest określenie prądu rozruchowego urządzenia, które ma być docelowo zasilane z agregatu – informacje można znaleźć w dokumentacji technicznej urządzenia. Najlepsza i niezawodna metoda polega na wykonaniu pomiaru elektrycznego z użyciem miernika cęgowego. Pomiar ten wykonuje się przy załączonych wszystkich odbiornikach, najlepiej w momencie rozruchu. Osoba wykonująca pomiar musi posiadać odpowiednie uprawnienia elektryczne. Dlatego firma KRUZER oferuje pomoc przedstawiciela, który ma takie uprawnienia i w trakcie wizyty na obiekcie pomoże fachowo dobrać agregat.

W przypadku kiedy z jakiejś przyczyny nie można dobrać agregatu to należy wykorzystać poniższe schematy. Jednak należy pamiętać, że te schematy nie zawsze muszą się sprawdzać, bowiem na rynku istnieje tak wiele różnych urządzeń elektrycznych, że niemożliwe jest je w jakikolwiek sposób zunifikować pod kątem zapotrzebowania na energię elektryczną.

- Odbiorniki rezystancyjne (czajniki, żarówki, grzejniki) – moc agregatu przynajmniej 120% mocy urządzenia

- Odbiorniki elektroniczne (komputery, telewizory, RTV) – moc agregatu przynajmniej 120% mocy urządzenia
- Elektronarzędzia (wiertarki, szlifierki, przecinarki, odkurzacze) – moc agregatu przynajmniej 120% mocy urządzenia
- Spawarki – moc agregatu przynajmniej 150%
- UPS-y – moc agregatu przynajmniej 170% urządzenia
- Silniki elektryczne połączone w gwiazdę (betoniarki, mieszalniki, pompy, hydrofony) – moc agregatu przynajmniej 300% mocy urządzenia.
- Silniki elektryczne połączone w trójkąt (bardzo ciężki rozruch, np. starsze rocznikowo betoniarki, mieszalniki, pompy, hydrofony) – moc agregatu przynajmniej 900% mocy urządzenia



Fot. Agregat prądotwórczy Kruzer Ultra Generators

agregaty prądotwórcze KRUZER

W swojej ofercie KRUZER ma agregaty prądotwórcze: **jednofazowe lub trójfazowe z ręcznym albo elektrycznym rozruchem.**

Generatory Kruzer to system Professional ULTRA Line, który charakteryzuje się wydajnymi generatorami oraz silnikami najnowszej generacji na podzespołach jednego z najlepszych producentów. System Professional ULTRA Line jest ekologiczną alternatywą dla konwencjonalnego wytwarzania prądu, ponieważ rozpoznaje w trakcie pracy agregatu, czy moc jest pobierana, czy nie. Jeśli moc nie jest pobierana, wówczas zmniejsza się prędkość obrotowa. Dzieje się to automatycznie, dzięki temu agregat prądotwórczy pracuje zdecydowanie ciszej i oszczędza paliwo, pozostając jednak w gotowości. Dopiero gdy jest wymagane dostarczenie mocy np. przy zastosowaniu narzędzia elektrycznego, system oddaje do dyspozycji natychmiast pełną moc. Dodatkowo prądnica tam, gdzie umiejscowione są podatne na ścieranie szczotki węglowe, w systemie Ultra Line zostały dodatkowo wzmocnione. Co ważne, uzwojenie i okablowanie prądnicy wykonane jest w 100% z miedzi.

Silniki Kruzer to nowa linia urządzeń wyposażona w wysokiej jakości górnosaworowe silniki spalinowe produkowane w oparciu o myśl techniczną jednego z wiodących japońskich producentów. W połączeniu z nowoczesnymi generatorami synchronicznymi i regu-

lacją AVR oraz bogatym wyposażeniem seryjnym stanowi ona idealne mobilne źródło prądu, wszędzie tam, gdzie brakuje zasilania energetycznego. Dodatkowa zaleta to regulacja częstotliwości.

urządzenia Kruzer Ultra Generators to przede wszystkim:

- obniżone koszty eksploatacji,
- redukcja emisji spalin,
- wyraźna redukcja emisji hałasu,
- aż o 15% mniejsze zużycie paliwa,
- zwiększona żywotność silnika,
- pełna moc tylko wówczas, gdy jest potrzebna.

Więcej informacji o firmie oraz produktach znajduje się na stronie internetowej: www.kruzer.pl.

reklama

KRUZER
ultra generators

Kruzer
ul. Tatrakowa 11
51-516 Wrocław
531-026-666
biuro@kruzer.pl
www.kruzer.pl



ZAMÓW PRENUMERATĘ!

Tylko do końca roku prenumerata elektro.info w niezmienionej cenie:

105 zł

ROCZNA

75 zł

ROCZNA
EDUKACYJNA

185 zł

DWULETNIA

Ceny prenumeraty na 2020 r.

130 zł

ROCZNA

80 zł

ROCZNA
EDUKACYJNA

235 zł

DWULETNIA

ZAMÓWIENIA:

Anna Sergel | asergel@medium.media.pl | tel. 662 169 335

źródła rozproszone jako element zapewnienia niezawodności zasilania w obiektach użyteczności publicznej

dr inż. Radosław Szczerbowski, dr inż. Robert Wróblewski – Politechnika Poznańska

Budynki użyteczności publicznej to przede wszystkim budynki utrzymywane z budżetów jednostek samorządowych, a więc głównie dotyczy to obiektów typu: szkoły, przedszkola, szpitale i przychodnie, budynki administracyjne, obiekty kulturalne i sportowe itp. Niektóre z tych budynków zaliczają się do obiektów o zwiększonej pewności zasilania i często należą do pierwszej kategorii odbiorców energii elektrycznej. Szpitale wśród tych budynków są szczególnie ważne ze względu na cel, jaki pełnią – stworzone są, aby ratować ludzkie życie i zdrowie, i nawet chwilowa utrata zasilania może powodować ogromne straty i niemożliwe do cofnięcia konsekwencje.

Zasilanie budynków użyteczności publicznej odbywa się głównie poprzez sieć elektroenergetyczną, a pewność zasilania uzyskuje się stosując dwie niezależne od siebie linie zasilające – z dwóch różnych GPZ-ów lub dwóch różnych sekcji tego samego GPZ-u. Odpowiednie współdziałanie zasilania z linii uzyskuje się poprzez zastosowanie systemów sterowania automatycznego, w tym układy automatyki SZR – samoczynnego załączenia rezerwy. Dodatkowym źródłem energii w budynkach o zwiększonej pewności zasilania są zespoły prądotwórcze, które stosuje się w przypadku całkowitego zaniku napięcia spowodowanego poważniejszą awarią w dostawie energii. Szczególnym elementem bezpieczeństwa energetycznego w budynkach użyteczności publicznej mogą być również UPS-y zapewniające bezprzerwowe zasilanie.

Jednym z parametrów służących do oceny jakości dostarczanej energii elektrycznej jest niezawodność zasilania. Jest to podstawowy parametr, który odnosi się do przerw w zasilaniu, czyli do sytuacji, kiedy odbiorca jest pozbawiony dostawy energii. Zróżnicowane wymagania dotyczące niezawodności zasilania są powodem wprowadzenia określonych klasyfikacji odbiorców w tym zakresie, przy czym odrębne klasyfikacje istnieją dla odbiorców: przemysłowych oraz komunalnych, czyli od-

streszczenie

W artykule przedstawiono wymagania dotyczące pewności zasilania wybranych budynków użyteczności publicznej. Omówiono także możliwości wykorzystania źródeł generacji rozproszonej, które mogą zwiększyć niezawodność zasilania w energię elektryczną.

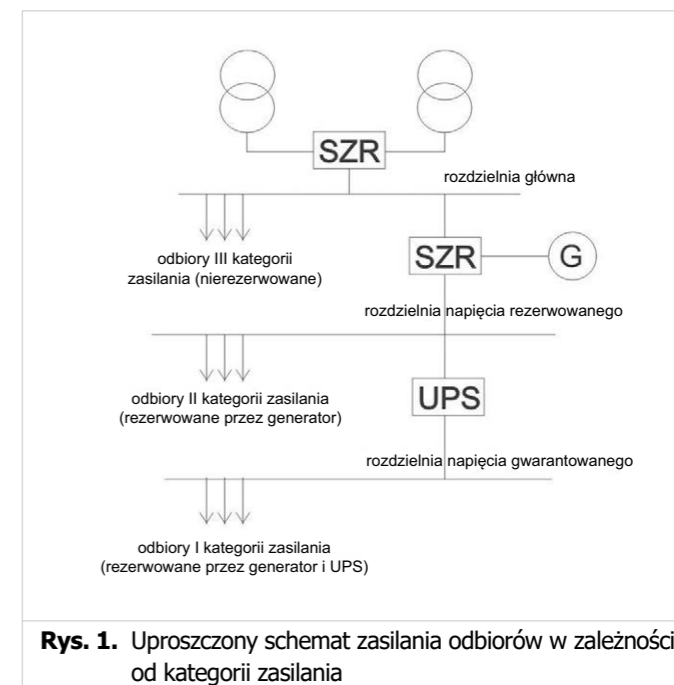
biorców zasilanych z publicznych sieci rozdzielczych, zwykle na napięciu nie wyższym od 1 kV. Odbiorniki przemysłowe dzieli się na trzy kategorie, w zależności od skutków, jakie może powodować przerwa w pracy tych urządzeń, są to:

- kategoria I – o najwyższej pewności zasilania,
- kategoria II – o zwiększonej pewności zasilania,
- kategoria III – o zwykłej pewności zasilania.

W tabeli 1. zamieszczono podział kategorii odbiorców energii elektrycznej w zależności od stopnia niezawodności zasilania, a na rysunku 1. przedstawiono uproszczony schemat zasilania odbiorów w zależności od kategorii zasilania.

Układy zasilania awaryjnego powinny cechować określone właściwości, które mogą być mniej lub bardziej ważne, w zależności od zastosowania. Idealny system powinien spełniać wszystkie poniższe wymagania:

- zakres mocy – system zasilania awaryjnego musi być w stanie dostarczyć wymaganej ilości energii szczególnie do odbiorników krytycznych. Ważne jest również, aby był tak dobrany, żeby nie następowało jego przeciążanie,
- wydajność systemu – musi być wystarczająco duża, tak aby można było zapewnić odpowiednią ilość energii przez długi czas,



Rys. 1. Uproszczony schemat zasilania odbiorów w zależności od kategorii zasilania

Kategoria	Dopuszczalny czas przerwy w zasilaniu	Źródło zasilania	Przykładowi odbiorcy
I podstawowa	Dopuszczalne stosunkowo długie przerwy w zasilaniu, rzędu kilku minut	Pojedyncza linia promieniowa z sieci elektroenergetycznej; brak wymogu zasilania rezerwowego	Domy jednorodzinne na terenach wiejskich i w rzadkiej zabudowie miejskiej, nieduże bloki mieszkalne
II średnia	Przerwy w zasilaniu nie powinny przekraczać kilkadziesiąt sekund	Pojedyncza linia plus agregat prądotwórczy	Wysokie budynki mieszkalne
III wysoka	Przerwy w zasilaniu nie powinny przekraczać 1 sekundy	Dwie niezależne linie zasilające z systemu elektroenergetycznego i system zasilania rezerwowego z pełną automatyką sterowania zasilania rezerwowego	Duże hotele, szpitale, stacje radiowe i telewizyjne, dworce kolejowe i porty lotnicze
IV najwyższa	Zasilanie bezprzewodowe. Niedopuszczalna jest przerwa w zasilaniu wybranych urządzeń	Zasilanie bezprzerwowe ze źródła rezerwowego przeznaczone do pracy długotrwałej plus agregat prądotwórczy	Sale operacyjne szpitali, systemy komputerowe banków, giełdy

Tab. 1. Kategorie odbiorców energii elektrycznej w zależności od stopnia niezawodności zasilania

- możliwość natychmiastowego przejęcia pełnego obciążenia w przypadku zaniku zasilania z sieci elektroenergetycznej,
- niezawodność,
- trwałość,
- akceptowalny koszt inwestycyjny oraz stosunkowo niskie koszty eksploatacji. Chociaż w przypadku zapasowych jednostek, które pracują czasem tylko kilka godzin w roku, zarówno jeden, jak i drugi koszt może być bardzo wysoki,
- elastyczność i skalowalność – czyli możliwość rozbudowy o nowe jednostki z zapewnieniem ich wzajemnej współpracy.

źródła zasilania rezerwowego

Źródłem zasilania rezerwowego w budynkach o zwiększonej pewności zasilania są zespoły prądotwórcze składające się z silnika spalinowego i prądnicy o rozruchu automatycznym, którego czas pełnego przejęcia obciążenia jest mniejszy niż 15s. Moc zespołu powinna zapewnić pokrycie zapotrzebowania umożliwiającego normalną pracę budynku w warunkach awaryjnych, co stanowi np. dla budynków szpitalnych około 35% mocy szczytowej. Zadziałanie automatyki samorozruchu zespołu prądotwórczego powinno nastąpić przy zaniku napięcia lub jego obniżeniu o 10% w czasie ponad 3s. Zbiorniki paliwa powinny mieć pojemność zapewniającą nieprzerwaną pracę zespołu pod pełnym obciążeniem przez minimum 24h. Agregaty prądotwórcze są stosowane jako rezerwowe źródło zasilania wszędzie tam, gdzie wymagany czas podtrzymania przekracza 40min. Zespoły prądotwórcze, czyli prądnice, napędzane są najczęściej silnikiem spalinowym wysokoprężnym, rzadziej turbiną gazową, powinny być gotowe przejąć obciążenie na czas od kilku godzin nawet do kilku dni. Układy te wyposażone są zwykle w autonomiczny system automatycznej regulacji prędkości obrotowej i synchronizacji z zewnętrzną siecią zasilającą lub z innymi jednostkami prądotwórczymi. Produkowane są w bardzo szerokim zakresie swych mocy znamionowych, od kilkunastu kW do kilku MW.

Źródłem zasilania gwarantowanego mogą być baterie akumulatorów lub UPS-ów. W przypadku baterii akumulatorów czas przerwy nie może przekroczyć 0,5s przy natychmiastowym działaniu załączenia, a stosując odpowiednio dobrany UPS można zapewnić działanie bezprzerwowe o zasilaniu ciągłym. Do głównych zalet zasilaczy UPS należy zaliczyć takie cechy jak: izolowanie zakłóceń pochodzących z sieci energetycznej, utrzymywanie stałej wartości napięcia oraz w razie potrzeby izolowanie podłączonych do niego urządzeń od sieci energetycznej. Wyróżnia się następujące podstawowe rodzaje zasilaczy UPS:

- pracujące w trybie VFD, czyli Voltage, Frequency Dependent (układy o biernej gotowości),
- pracujące w trybie VI, czyli Output Voltage Independent (układy liniowo interaktywne),

- pracujące w trybie VFI, czyli Voltage, Frequency Independent (układy o podwójnej konwersji).

Układy o biernej gotowości są najprostszymi zasilaczami, w których podczas normalnych warunków zasilania bateria akumulatorów jest stale doładowywana, natomiast w przypadku konieczności zasilania rezerwowego odbiory są przełączane na zasilanie z baterii poprzez falownik. Typowy czas zasilania gwarantowanego przewidziany jest na ok. 3 godziny, przy czym czas poprzedniego ładowania baterii akumulatorów jest dwukrotnie dłuższy, czyli ok. 6 godzin. Układy liniowo interaktywne są zasilane z sieci podczas normalnej pracy w ten sposób, że część pobieranej energii zużywana na stałe doładowywanie baterii akumulatorów, która z kolei dostarcza energię do odbiornika, wspomagając w ten sposób ciągły podstawowy układ zasilania. W przypadku przerwy w zasilaniu podstawowym odbiory zasilane są w sposób ciągły z baterii akumulatorów poprzez przekształtnik, pracujący jako falownik. Układy UPS o podwójnej konwersji to najbardziej rozbudowane układy zasilania bezprzerwowego. W czasie normalnej pracy energia jest przetwarzana dwukrotnie: najpierw z prądu przemiennego na prąd stały, a następnie z prądu stałego na prąd przemienny. Zaletą tych układów jest płynne i zupełnie nieodczuwalne dla odbiornika przejście z zasilania podstawowego na rezerwowe.

źródła rozproszone zwiększające pewność zasilania

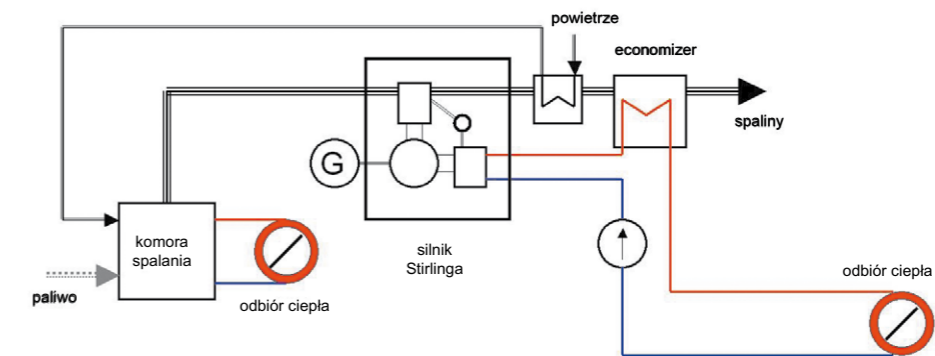
Początek XX wieku to moment, w którym rozpoczął się wzrost zainteresowania małymi, autonomicznymi źródłami energii, czyli generacją rozproszoną. Wcześniej źródła te służyły najczęściej jako zasilanie awaryjne na wypadek przerw w zasilaniu oraz do zasilania w energię niewielkich, często autonomicznych odbiorców, niemających dostępu do tej sieci. Przemiany, jakie miały miejsce na przełomie wieków, sprawiły, że zaczynają się pojawiać źródła generacji rozproszonej połączone z siecią elektroenergetyczną. Rozwój generacji rozproszonej (małej i średniej mocy), zwłaszcza w dziedzinie odnawialnych źródeł energii, które stanowią istotny składnik generacji rozproszonej, spowodowany został w wyniku oddziaływania szeregu czynników. Najważniejsze z nich to:

- pojawienie się nowych technologii wytwarzania energii, o wysokiej sprawności, stosunkowo niskich nakładach inwestycyjnych i niskich kosztach eksploatacji,
- możliwość budowy źródeł w pobliżu odbiorców końcowych, z wykorzystaniem lokalnych zasobów energii,
- systemy wsparcia generacji rozproszonej, zwłaszcza opartej na źródłach OZE,
- poprawa bezpieczeństwa energetycznego poprzez zwiększenie pewności zasilania oraz dążenie do zmniejszenia strat sieciowych.

Tłokowe silniki spalinowe są dotychczas najczęściej spotykaną technologią generacji rozproszonej. Nadal stosowane są jako podstawowe źródło zasilania awaryjnego w budynkach o zwiększonej pewności zasilania, ale coraz częściej wykorzystywane są także jako źródło podstawowe. Współczesne silniki tłokowe napędzane mogą być gazem ziemnym, gazem LPG, biogazem czy olejem napędowym. Małe układy generacyjne z silnikami spalinowymi o zapłonie iskrowymi i wysokoprężnymi mają moc od 5 kW energii elektrycznej i dostarczają ciepło o temperaturze 70–90°C. Ich sprawność całkowita waha się od 80 do ponad 90%. Sprawność elektryczna nie przekracza 40%. Obecnie budowane są silniki spalinowe o mocach dochodzących do 10 MW. Jednostki te charakteryzuje stosunkowo niski koszt inwestycyjny, wysoka sprawność (rzędu 35–45%), możliwość szybkiego rozruchu oraz możliwość pracy w układzie kogeneracyjnym.

Mikroturbiny gazowe o mocy od kilku do kilkuset kilowatów, dzięki zaawansowanym systemom sterowania pracują bezobsługowo, a automatyczny rozruch odbywa się z synchronizacją do sieci dystrybucji energii elektrycznej. Mikroturbiny mogą być zasilane gazem ziemnym, płynnym, biogazem lub olejem napędowym. Zbudowane są zwykle jako zespół jednostopniowej sprężarki promieniowej i jednostopniowej turbiny promieniowej z rekuperatorem stanowiącym wymiennik regeneracyjny. Osiągają sprawność wytwarzania energii elektrycznej na poziomie 20–35%, a ciepła w zakresie 40–60%, całkowita sprawność w układzie kogeneracyjnym wynosi ponad 80%. Mikroturbiny znajdują obecnie zastosowanie w różnych obiektach komunalnych oraz przemysłowych, w których wymagana jest wysoka niezawodność zasilania w energię elektryczną. Turbiny gazowe charakteryzują się znacznie dłuższym czasem eksploatacji niż silniki spalinowe i nie wymagają częstych usług podtrzymujących eksploatację.

Systemy kogeneracyjne, zwane również systemami CHP (*Combined Heat and Power*), o mocy od kilku kilowatów do kilku megawatów, stosowane są także jako jednostki zasilające w budynkach użyteczności publicznej. Urządzenia kogeneracyjne stosuje się tam, gdzie ma miejsce stałe zapotrzebowanie na ciepło i energię elektryczną, np. w szkołach, szpitalach, sanatoriach, hotelach i małych osiedlach i zakładach przemysłowych. Występowanie przez określony czas w roku odpowiedniego, w miarę stałego, zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną ma zasadnicze znaczenie dla opłacalności takich inwestycji. Małe układy skojarzone oparte na silnikach, zasilane są głównie gazem ziemnym, biogazem, a rzadziej olejem opałowym. Energia elektryczna generowana w skojarzeniu może być w całości zużyta w obiekcie, jak również w całości lub części sprzedana do sieci lub innym odbiorcom. Coraz częściej wskazuje się też na duże możliwości i korzyści wykorzystania układów trigeneracyjnych o małych mocach. Układy kogeneracyjne z silnikami spalinowymi mają moc od 5 kW do 6 MW energii elektrycznej i dostarczają ciepło



Rys. 2. Schemat technologiczny elektrociepłowni na paliwo z biomasy z wykorzystaniem silnika Stirlinga

o temp. 70÷120°C. Ich sprawność całkowita waha się od 80 do ponad 90%. Tego typu jednostki, odpowiednio dobrane do zapotrzebowania na energię elektryczną i ciepło są w stanie w 100% pokryć zapotrzebowanie dla budynku. Co sprawia, że mogą stanowić gwarancję pewności zasilania w energię elektryczną oraz ciepło.

Ciekawym i coraz częściej stosowanym rozwiązaniem jest wykorzystanie w układach kogeneracyjnych silników Stirlinga (rys. 2.). Pierwsze konstrukcje kogeneracyjne wykorzystujące silnik Stirlinga okazały się drogie w realizacji ze względu na cenę materiałów, z których były budowane. Dodatkową wadą była wysoka awaryjność urządzeń. Coraz większy postęp technologiczny oraz szeroki zakres prac nad układami silników Stirlinga przyczyniły się do powstania nowych, tańszych i bardziej niezawodnych rozwiązań. Od kilku lat na rynku zaczynają pojawiać się coraz bardziej zaawansowane konstrukcje wykorzystujące silniki Stirlinga do jednoczesnej produkcji energii elektrycznej i ciepła. Mogą one stanowić rezerwowe źródło zasilania wydzielonych obwodów elektrycznych w budynkach użyteczności publicznej, w których ciepło produkowane jest w sposób ciągły w konwencjonalnych kotłach opalanych np. biomasą. W chwili obecnej możliwe do zastosowania są silniki Stirlinga o mocach dochodzących do 80 kW, które charakteryzują się sprawnością wytwarzania energii elektrycznej dochodzącą do 25%.

Ogniwa paliwowe są to urządzenia elektrochemiczne, które wytwarzają energię elektryczną i ciepło bezpośrednio z zachodzącej w nich reakcji chemicznej, w wyniku stałe dostarczanego do nich z zewnątrz paliwa. Ich największą zaletą jest bardzo niska emisja zanieczyszczeń do atmosfery. Technologia ogniw paliwowych jest intensywnie rozwijana w krajach UE, Japonii oraz USA. Większość ogniw paliwowych do produkcji energii elektrycznej i ciepła wykorzystuje jako paliwo wodór (ogniwa wodorowe), który może być produkowany w systemach reformingu z metanu. Ogniwa paliwowe są uznawane za jedną z najbardziej obiecujących i perspektywicznych technologii wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Ogniwa paliwowe używane są zarówno w małych, domowych jed-

Typ ogniwa	Temperatura pracy, w [°C]	Sprawność wytwarzania energii elektrycznej, w [%]	Zastosowanie	Paliwo
PEM (Proton Exchange Membrane)	75	35–60	Elektrownie małej mocy	Wodór
PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell)	210	35–50	Elektrownie małej i średniej mocy	Wodór
MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell)	650	40–50	Duże elektrownie i elektrociepłownie	Wodór, metanol, metan, biogaz, gaz LPG i inne
SOFC (Solid Oxide Fuel Cell)	650–1000	45–60	Duże elektrownie i elektrociepłownie	Wodór, metanol, metan, biogaz, gaz LPG i inne

Tab. 2. Zestawienie cech wybranych ogniw paliwowych

nostkach produkujących energię elektryczną i ciepło (systemy CHP) lub pomocniczych źródłach prądu o mocach kilkudziesięciu kilowatów, jak i w dużych elektrowniach o mocy kilku megawatów. Ogniwa paliwowe mogą być eksploatowane w szerokim zakresie zmienności obciążeń elektrycznych, przy zachowaniu wysokiej sprawności przetwarzania energii pierwotnej na użyteczną. Stacjonarne systemy ogniw paliwowych doskonale nadają się do zastosowania jako źródła zasilania awaryjnego w budynkach użyteczności publicznej, czy też do zastosowań wymagających dużej niezawodności. Urządzenia takie są stosowane w miejscach, gdzie ważna jest ciągła i pewna dostawa energii elektrycznej i ciepła, np. w szpitalach, budynkach biurowych i w przemyśle.

Do niekonwencjonalnych źródeł energii w układach zasilania awaryjnego można zaliczyć także: koła zamachowe, superkondensatory, nadprzewodnikowe magnetyczne zasobniki energii (SMES). Źródła te w większości znajdują się w początkowej fazie rozwoju i nie są stosowane komercyjnie. Podejmowane są także próby wykorzystania energii wiatru oraz promieniowania słonecznego do zasilania budynków użyteczności publicznej. Jednakże ze względu na stochastyczny charakter pracy tych źródeł trudno je uznać za źródła pełniące funkcje zwiększające pewność zasilania. Natomiast z powodzeniem mogą być one stosowane jako jednostki, które uzupełniają źródła podstawowe, obniżają zapotrzebowanie na moc dostarczoną z systemu. Zarówno elektrownie wiatrowe, jak i fotowoltaiczne mogą także współpracować z lokalnymi magazynami energii i wtedy takie hybrydowe układy wytwórcze mogą spełniać funkcję zwiększania niezawodności zasilania budynków.

przykłady nowoczesnych rozwiązań

Coraz popularniejsze staje się także instalowanie własnych systemów zasilania, takich jak odnawialne źródła energii, np. instalacja paneli fotowoltaicznych lub układy kogeneracyjne CHP. Poniżej podano przykłady budynków użyteczności publicznej, które zasilane są ze źródeł rozproszonych.

Budynki, w których wykorzystano ogniwo paliwowe:

- w szpitalu Rhön-Klinikum w Bad Neustadt w 2000 r. zainstalowane zostało jedno z najdłuższej pracujących ogniw paliwowych. Urządzenie HotModule ma moc elektryczną 250 kW i pozwala na wytworzenie 180 kW ciepła,
- w szpitalu St. Agnes Hospital w Bocholt (Niemcy) zainstalowano ogniwo paliwowe PureCell(R) Model 200 (o mocy 200 kW). Ogniwo paliwowe wytwarza energię elektryczną oraz ciepło, a także zapewnia produkcję chłodu do urządzeń klimatyzacyjnych. Dostępność ogniwa paliwowego wynosi ok. 97%,
- w szpitalu St. Helena Hospital w Napa Valley (Kalifornia) zainstalowano w 2009 roku ogniwo paliwowe PureCell(R) Model 400 (o mocy 400 kW),
- w szpitalu Hartford Hospital w Connecticut zainstalowane zostało ogniwo paliwowe o mocy 1,4 MW,
- szpital Sutter Health's w Santa Rosa (USA) wyposażony został w ogniwo paliwowe o mocy 375 kW co zapewnia ponad 70% zapotrzebowania na energię elektryczną.
- Wykorzystanie jednostek kogeneracyjnych:
 - w Stanach Zjednoczonych w kilku szpitalach zainstalowano jednostki kogeneracyjne, które służą do produkcji energii elektrycznej na potrzeby własne, a także produkują ciepło na potrzeby szpitala. Szpital Johns Hopkins ma jednostkę CHP o mocy elektrycznej 15 MW, Szpital Mayo Clinic o mocy elektrycznej 5.2 MW, a szpital Presbyterian w Nowym Jorku układ kogeneracyjny o mocy 7.5 MW. W szpitalu Christian Health Care Center w Wyckoff (stan New Jersey) pracuje mikroturbina kogeneracyjna o mocy elektrycznej 260 kW,
 - Uniwersytet w Pinceton zasilany jest 15 MW turbiną gazową, która poza produkcją energii elektrycznej wykorzystywana jest także do produkcji ciepła i chłodu. Kampus uniwersytecki posiada również 6 MW generatory awaryjne, które są wykorzystywane do zasilania instalacji krytycznych. Podczas huraganu Sandy uniwersytet był w stanie kontynuować pracę normalnie dzięki własnym źródłom zasilania,
 - Uniwersytet w Luizjanie posiada turbiny gazowe o łącznej mocy 23,7 MW, które zapewniają zapotrzebowanie na ponad 60% energii elektrycznej. Obie turbiny współpracują z kotłami odzysknicowymi, co zapewnia również pokrycie zapotrzebowania na ciepło,
 - z kolei w New Jersey koło Nowego Jorku tamtejszy college wykorzystuje jako źródło energii elektrycznej i ciepła turbinę o mocy 5,2 MW. Turbina zapewnia około 90% zapotrzebowania na energię elektryczną. Podczas huraganu Sandy turbina przeszła w „tryb wyspowy” i pomimo zerwania połączenia kampusu z systemem elektroenergetycznym, wszystkie budynki mogły funkcjonować mimo zakłóceń sieciowych,

- College w Salem w stanie Nowy Jork zasilany jest z trzech mikroturbin o łącznej mocy 300 kW. Mikroturbiny zapewniają około 80% energii elektrycznej i 100% potrzeb grzewczych i chłodniczych.
- Wykorzystanie paneli fotowoltaicznych:
- Szpital St. Peter's University Hospital w New Brunswick (New Jersey – USA) zainstalo- wał panele fotowoltaiczne o mocy przekraczającej 21 MW. Projekt został zrealizowany w 2011 roku,
- w Haiti, w miejscowości Mirebalais (ok. 60 km od stolicy Port-au-Prince) lokalny szpital został wyposażony w 1800 paneli fotowoltaicznych o mocy 280 W każdy. Łączna moc to ponad 500 kW. Energia dodatkowo magazynowana jest w akumulatorach aby zapewnić ciągłość dostaw energii elektrycznej,
- Szpital Queensland Health (USA) ma zainstalowane panele fotowoltaiczne o mocy 266 kW, co pozwala na wyprodukowanie ok. 385 kWh energii elektrycznej rocznie.
- Przykłady polskich rozwiązań:
- w Wojewódzkim Specjalistycznym Szpitalu im dr. Wł. Biegańskiego w Łodzi, w ramach programu oszczędnościowego energii elektrycznej zainstalowano ogniwa fotowoltaicz- ne o łącznej mocy 219 kW. Inwestycja oficjalnie otwarta została w październiku 2012 r., dzięki czemu szpital znacznie obniżył swój pobór energii od zewnętrznych dostawców, a równocześnie zyskał dodatkowe rezerwowe źródło zasilania oraz stał się obiektem spełniającym wszelkie normy środowiskowe w zakresie ochrony atmosfery. Każdy pa- wilon szpitala ma własną instalację fotowoltaiczną, z której energia jest wykorzysty- wana na potrzeby własne oddziałów, ale także istnieje możliwość przesyłania energii między pawilonami w zależności od zapotrzebowania. System jest również wyposażony w akumulatory, które gromadzą część energii i pozwalają na jej użytkowanie w godzi- nach nocnych. Dodatkowo szpital został objęty programem dotyczącym zainstalowania jednostki trigeneracyjnej, która ma zapewnić niezależność zasilania w energię elek- tryczną oraz ciepło, a także ma produkować chłód na potrzeby klimatyzacji.
- Wojewódzki Szpital Specjalistyczny w Legnicy od 2014 roku posiada własną instalację kogeneracyjną do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Jednostka kogeneracyjna jest zasilana gazem ziemnym i ma moc 100 kW energii elektrycznej oraz 200 kW energii cieplnej, dzięki czemu wytwarza energię cieplną na potrzeby ciepłej wody użytkowej, ale również zasila w części budynku szpitala w energię elektryczną,
- Wojewódzki Szpital Specjalistyczny w Radomiu dzięki wsparciu z funduszy euro- pejskich zrealizował projekt zasilania szpitala za pomocą źródeł odnawialnych. Po pierwsze, powstał system kogeneracyjny o mocy elektrycznej 1166 kW i cieplnej 1150 kW, wytwarzający ciepło i energię z gazu. Dodatkowo na dachu jednego z bu-

dynków zainstalowano ogniwa fotowoltaiczne, a także postawiono wiatrak, z które- go energia wykorzystywana jest do zewnętrznego oświetlania szpitala.

podsumowanie

Zagadnienie zasilania budynków użyteczności publicznej, szczególnie tych o specjalnych wymaganiach technicznych, to niezwykle ważny temat. Generacja rozproszona znajduje co- raz szersze zastosowania, które w wielu przypadkach mogą poprawić pewność zasilania. Przy zasilaniu szczególnie ważnych obiektów ważne są następujące podstawowe zagadnienia:

- gwarancja dostaw energii – konieczność zapewnienia bezpiecznej ilości energii o od- powiedniej jakości,
- stała dostępność energii zasilającej gwarantująca optymalną pracę zasilanych syste- mów,
- niezawodna eksploatacja instalacji, czyli stawianie na jakość elementów systemów za- silających oraz instalacji,
- efektywność energetyczna, tzn. odpowiednie zarządzanie instalacjami w celu uzyska- nia minimalizacji zużycia energii.
- Rozwiązania technologiczne z wykorzystaniem źródeł generacji mogą zapewnić cią- głość zasilania przy równoczesnym spełnieniu wymogów bezpieczeństwa. Rozwój no- wych technologii gwarantuje coraz lepsze współdziałanie wszelkich elementów syste- mu zasilania ze sobą, a także zwiększa ochronę i bezpieczeństwo przy równoczesnym wzroście efektywności energetycznej i ekonomicznej.
- Aby zapewnić pewność zasilania podczas awarii systemu elektroenergetycznego, system źródła rezerwowego, jakim mogą być źródła generacji rozproszonej, musi posiadać następujące cechy:
- możliwość „black startu”, co często wiąże się z koniecznością uruchamiania z zasilania bateryjnego lub innego dodatkowego systemu zasilania w energię elektryczną, które pozwolą go uruchomić niezależnie od sieci,
- generatory muszą mieć zdolność do pracy niezależnie od sieci elektroenergetycznej,
- generatory mikroturbin lub generatory prądu stałego (ogniwa paliwowe) muszą mieć instalacje falownikowe, które mogą pracować niezależnie sieci elektroenergetycznej,
- wielkość systemów źródeł generacji rozproszonej musi być dopasowana do krytycz- nych obciążeń w obiekcie, dotyczy to również zaopatrzenia w ciepło dla układów CHP,
- urządzenia sterujące systemu źródła rezerwowego muszą być w stanie prawidłowo odłączyć się od sieci elektroenergetycznej i przełączyć się na dostarczanie energii elek- trycznej do krytycznych instalacji obiektu.

tryby pracy w zasilaczach UPS, cz. II

Jacek Katarzyński – RIELLO DELTA POWER

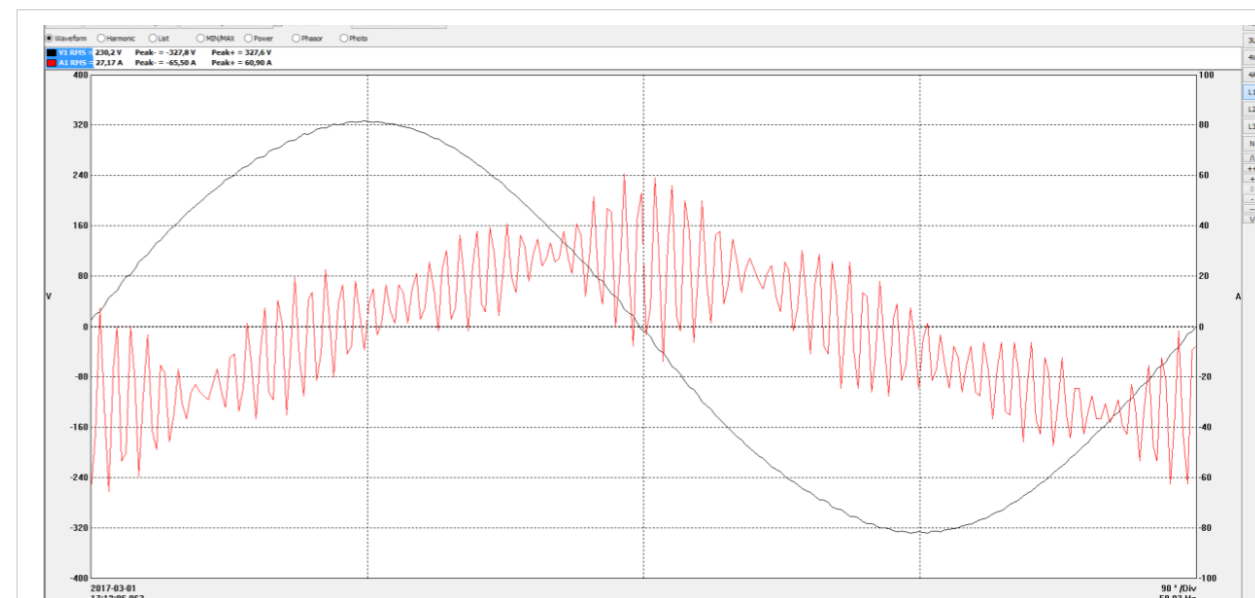
Obecnie produkowane zasilacze UPS mogą pracować w kilku różnych trybach pracy w zależności od potrzeb i wymagań obiektu. Każdy tryb pracy ma swoje wady i zalety, a w niniejszym artykule zostaną one przedstawione na podstawie wykonanych pomiarów i obliczeń.

Większość zasilaczy posiada gamę od 2 do 6 trybów pracy, które mogą być ustawiane przez serwis lub Użytkownika. Należy jednak pamiętać, że nie każde ustawienie trybu pracy jest właściwe dla danego charakteru obciążenia i powinno być ono wybierane z pełną świadomością zagrożeń i ewentualnych korzyści. Tryby pracy ustawiane z poziomu oprogramowania serwisowego, ale również w dużej części zasilaczy z panela obsługi są następujące:

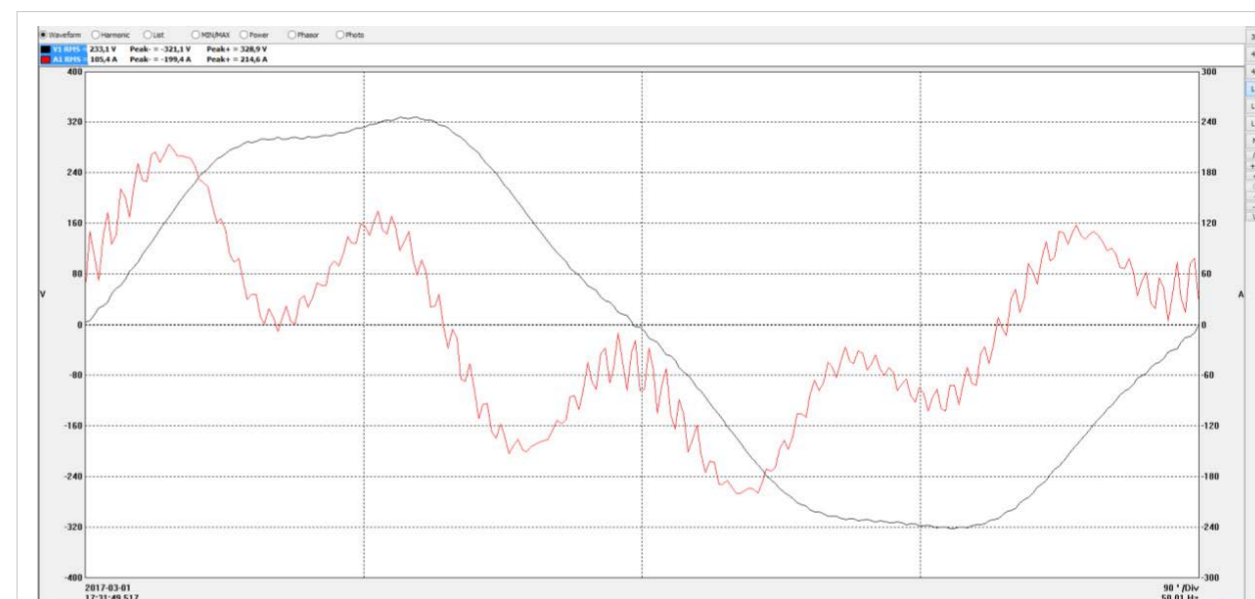
- Tryb „true on-line”, inaczej podwójna konwersja lub podwójne przetwarzanie,
- Tryb ekonomiczny lub ECO,
- Tryb mieszany lub SMART, lub inteligentny on-line,
- Tryb ekonomiczny z korekcją THDi,
- Tryb oświetlenia awaryjnego lub STAND-BY OFF,
- Tryb przetwornicy częstotliwości.

Najbardziej popularne to dwa pierwsze tryby, które różnią się znacząco, a co za tym idzie mają swoje plusy i minusy. Tryb podwójnej konwersji charakteryzuje się pełnym niezależeniem parametrów napięcia wyjściowego UPS od parametrów sieci. Wartość skuteczna napięcia oraz częstotliwość na wyjściu UPS są niezależne od napięcia sieci, ponieważ napięcie generowane jest przez falownik (VFI – *Voltage and Frequency Independent*). Odbiorniki szczególnie wrażliwe na zakłócenia sieci oraz krótkie zaniki napięcia powinny być zasilane z UPS ustawionym w takim trybie pracy. Najważniejszą zaletą tego trybu jest blokowanie zakłóceń ze strony sieci, w tym destrukcyjnych przepięć, które zatrzymują się na prostowniku UPS. Wadą tego trybu pracy może być „przedstawianie” się częstotliwości kluczowania falownika na odbiory szczególnie wrażliwe na wyższe harmoniczne napięcia zasilającego, np. odbiorniki do nasłuchu i nadawania sygnałów, specjalistyczne odbiorniki medyczne, sprzęt muzyczny, układy rozruchowe lamp wyposażone w elementy LC, itp. Zjawiska niekorzystne, które mogą wówczas występować to:

- rezonans układu zasilania odbiornika
- niepoprawna praca odbiornika w tym migotanie lamp, sprzężenia dźwięku, zniekształcony obraz, inne zakłócenia pracy odbiornika chronionego.



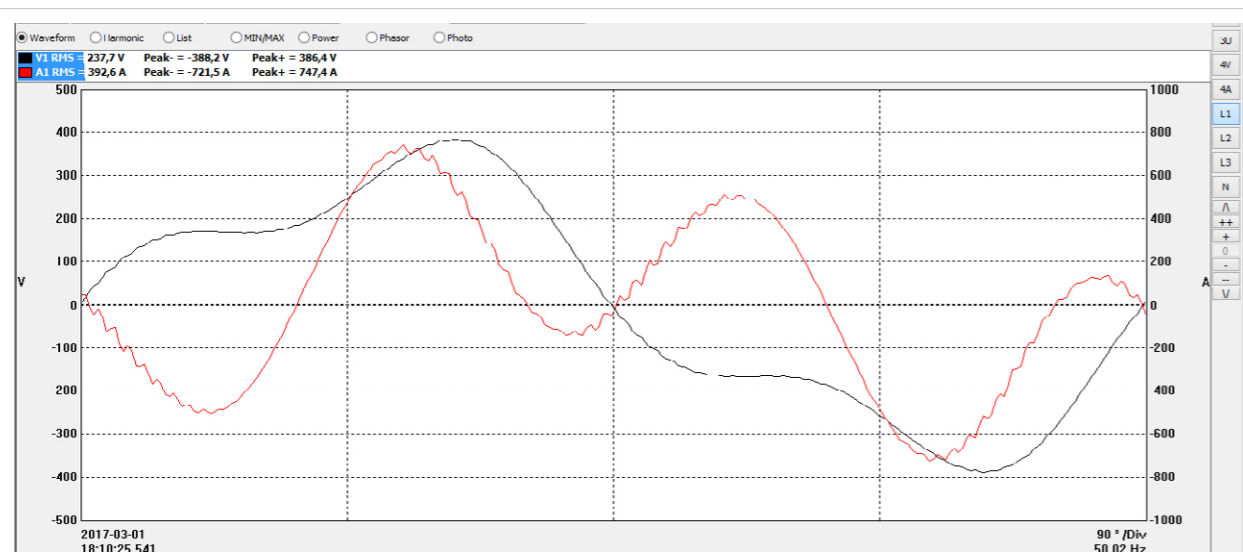
Rys. 1a Zasilanie układu rozruchowego lamp bezpośrednio z sieci



Rys. 1b Zasilanie układu rozruchowego lamp z falownika, faza początkowa rozruchu

W przypadku zaistnienia takich problemów nie ma łatwych rozwiązań i dopiero dogłębna analiza przebiegów prądów i napięcia z UPS pozwala na wyciągnięcie wniosków i zastosowanie skutecznego antidotum. Przykładem może być przypadek jednostkowy rezonansu prądów w układzie rozruchowym lampy wyładowczej wyposażonej w układ LC w układzie zapłonowym lampy. Poniżej przedstawiono przebiegi prądu i napięcia na wyjściu fazy L1 UPS w czasie zasilania lamp wyładowczych:

- bezpośrednio z sieci (poprzez bypass elektroniczny UPS),
- z falownika, faza początkowa rozruchu,
- z falownika, faza końcowa rozruchu.

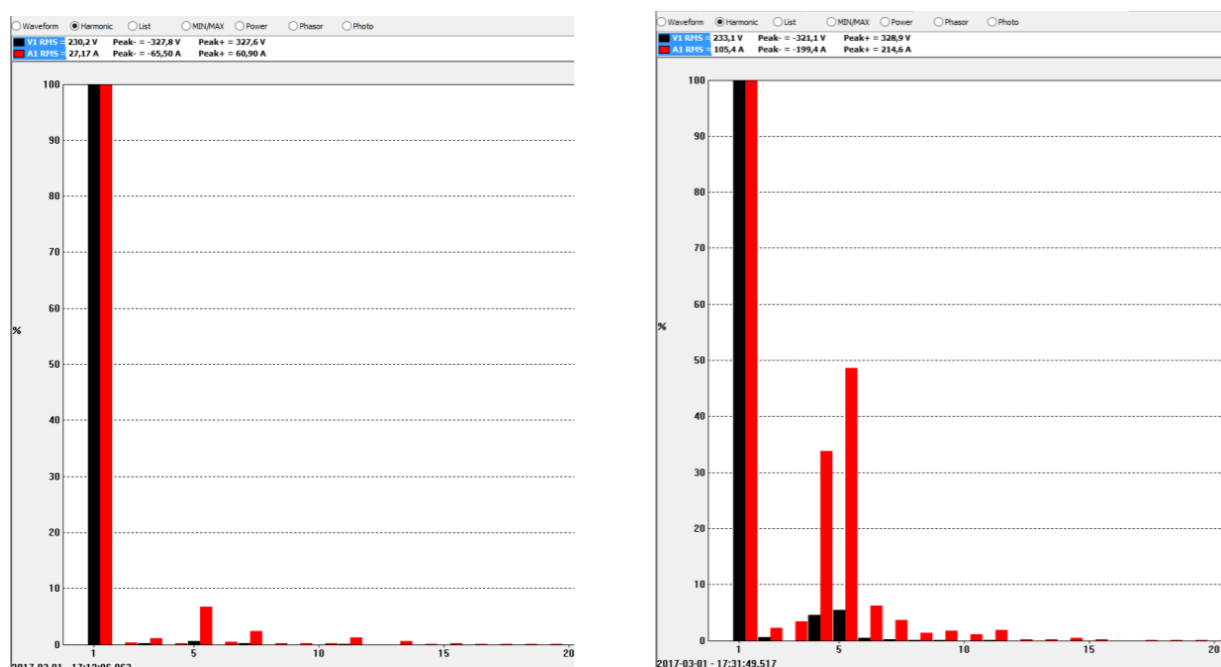


Rys. 1c Zasilanie układu rozruchowego lamp z falownika, faza końcowa rozruchu

Powyższe oscylogramy pokazują problem po stronie falownika UPS z zachowaniem odpowiedniego kształtu sinusoidy. Generuje to dodatkowe odkształcenie prądu, wzrost wartości skutecznej prądu i zmianę częstotliwości prądu z 50 Hz na 150 Hz (prąd przechodzi przez oś X 6 razy w ciągu okresu/20 ms). Zjawiska te nakładają się, a w stanie ustalonym występuje niekorzystne zjawisko przeciążeń po stronie UPS oraz grzania się układu rozruchowego lamp i ich migotania.

Poniżej przedstawiono wartości THDi oraz THDu w fazie L1 dla przypadku zasilania:

- bezpośrednio z sieci (poprzez bypass elektroniczny UPS),



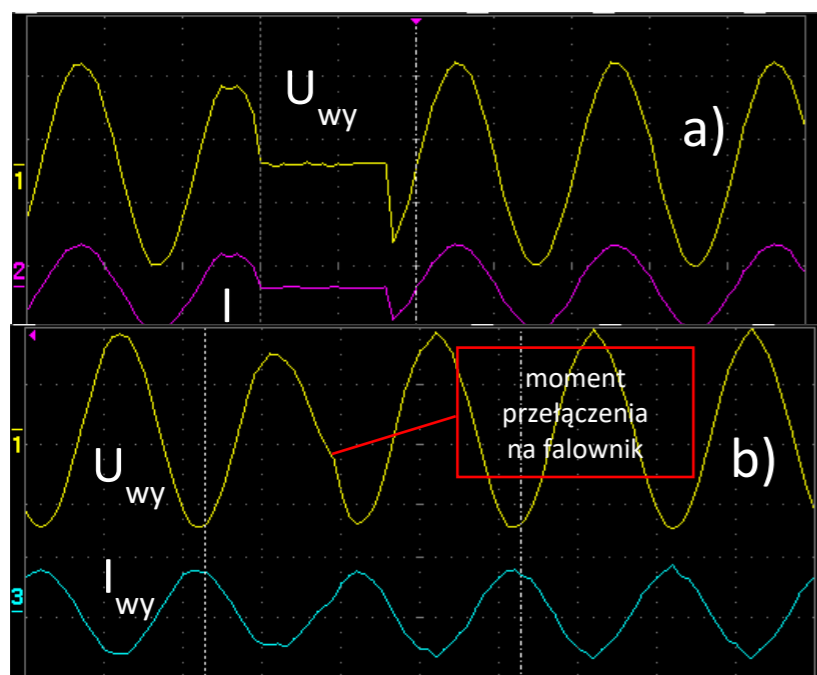
Rys. 2. Zawartość harmoniczných THDi (czerwony), THDu (czarny) w fazie L1 dla przypadku: a) zasilania z bezpośrednio z sieci, b) z falownika UPS

- z falownika.

Po analizie oscylogramów i rozpoznaniu zjawisk występujących w tym konkretnym przypadku rozwiązaniem tego problemu okazało się odpowiednie ustawienie parametrów korekcji napięcia falownika. Spowolnienie procesów regulacyjnych napięcia falownika spowodowało zoptymalizowanie kształtu sinusoidy oczywiście kosztem dynamicznej reakcji falownika na zaburzenie (skokowe załączenie obciążenia), ale w tym przypadku nie miało to żadnego wpływu na pracę odbiorów.

W przypadku zasilania odbiorników mniej wrażliwych na zakłócenia sieci zasadnym wydaje się stosowanie trybu ekonomicznego (ECO), polegającego na pracy zasilacza w bypasse elektronicznym i wyczekiwaniu na zanik napięcia sieci, po którym następuje przełączenie na pracę z falownika. Korzyści są bardzo wymierne, ponieważ różnica w sprawności zasilacza w trybie podwójnej konwersji (od 90 do 96%) i w trybie ekonomicznym (przeciętnie 98-99%) to kilka do kilkunastu procent. Należy pamiętać, że deklarowana sprawność podawana przez producenta, np. 95% w podwójnej konwersji jest na ogół niższa w rzeczywistości ze względu na nieliniowy charakter obciążenia i przesunięcie fazowe napięcia i prądu inne niż to, przy którym testowano zasilacz dla uzyskania parametrów znamionowych. A zatem jeszcze większa jest różnica w sprawności między tymi trybami, ponieważ w trybie ECO nieliniowość odbioru nie wpływa na sprawność tak jak ma to miejsce w trybie podwójnej konwersji. Przekłada się to na wymierne korzyści w oszczędności energii elektrycznej (np. dla zasilacza 60 kVA obciążonego w 70% zysk z nieutraconej energii elektrycznej może przekroczyć nawet 12 000 zł w skali roku, wliczając w to dodatkowe koszty klimatyzacji, które Użytkownik musiałby ponieść, aby odprowadzić większe straty energii w postaci ciepła dla trybu podwójnej konwersji. Poważnym mankamentem, z powodu którego Użytkownik na ogół nie decyduje się na tryb ekonomiczny, jest czas przełączania na falownik w przypadku zaniku napięcia sieci. Różni producenci różnie realizują sposób przełączania na pracę z falownika w trybie ekonomicznym, co przekłada się na różne czasy przełączania, a zatem może to znacząco wpływać na jakość pracy odbiorników chronionych. Poniżej na oscylogramie 1 przedstawiono dwa różne zasilacze pracujące w trybie ekonomicznym i przełączające się na tryb pracy z falownika po zaniku w sieci.

Na wyjściu falownika elementem łączącym napięcie z odbiorami może być tyrystor lub stycznik. W przypadku tyrystorów osiąga się szybkie czasy przełączania, ale tyrystory pogarszają sprawność w trybie podwójnej konwersji pracy stąd większość producentów stosuje styczniki jako element o relatywnie wysokiej sprawności w stosunku do tyrystorów, ale nie generujących dodatkowych start ciepła. W torze bypasse elektronicznego w zdecydowanej większości stosuje się tyrystory, choć w tańszych rozwiązaniach i mniejszych mocach stosuje

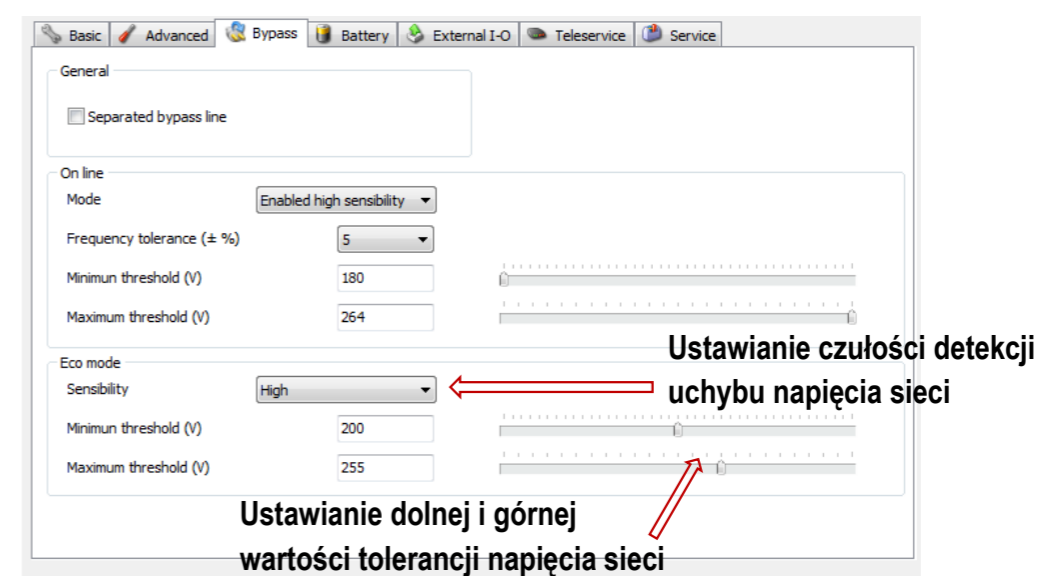


Rys.3. Oscylogramy prezentujące przełączenie w trybie ekonomicznym na pracę z falownika po zaniku napięcia sieci a z przerwą ok. 15 ms b) z przerwą < 1ms (UPS Riello, seria MST, GreenForce)

Pomiary zostały wykonane na dwóch różnych zasilaczach o mocy 60 kVA obciążonych na poziomie ok. 60% odbiornikami liniowymi o charakterze rezystancyjnym. Czas przełączania może być dłuższy dla sytuacji zasilania odbiorników nieliniowych z przesunięciem fazowym prądu względem napięcia zasilającego. Szybki tryb ekonomiczny może wiązać się z dopłatą u niektórych producentów. Jest to związane z zastosowaniem tyrystorów w miejsce stycznika na wyjściu falownika. W przypadku szybkiego trybu ekonomicznego możliwe jest korzystanie z tego trybu również w pracy równoległej zasilacza. Zasadność stosowania trybu ECO jest czysto ekonomiczna. Jednak zdarzają się sytuacje, w których powodem stosowania trybu ECO są pogarszające jakość pracy odbiorów zakłócenia z falownika, na które Użytkownik godzi się w warunkach zaniku napięcia sieci, a więc bardzo rzadko.

Tryb mieszany, nazywany inaczej SMART lub inteligentny tryb ekonomiczny polega na pracy w trybie bypassu elektronicznego lub w podwójnej konwersji w zależności od jakości napięcia sieci. Przy częstych zakłóceniach i zanikach w sieci UPS decyduje się w trybie SMART na pracę w podwójnej konwersji. Kiedy sieć jest stabilna zasilacz bada „poziom ufności” sieci i po odpowiednim czasie, kiedy nie ma w niej zakłóceń poza tolerancją, przechodzi na zasilanie z bypassu elektronicznego (tryb ECO). Ustawienie tolerancji napięcia sieci wykonuje się najczęściej na poziomie oprogramowania serwisowego, co prezentuje **rysunek 4**.

się przełącznika. **Rysunek 3.** przedstawia dwa różne zasilacze, które posiadają styczniki na wyjściu falowników. Szybkie przełączanie (oscylogram b) udało się uzyskać dzięki zamkniętemu stycznikowi w trybie pracy ekonomicznej. Zanik napięcia sieci powoduje jedynie start falownika, a brak zwłoki wynikającej z zamykania stycznika (co widać na oscylogramie a) skutkuje praktycznie niezauważalnym przełączeniem napięcia z sieci na falownik.



Rys. 4. Ustawienia tolerancji napięcia sieci oprogramowaniem serwisowym

Tryb ekonomiczny z korekcją THDi jest trybem pracy, w którym energia zasilająca odbiory płynie przez bypass elektroniczny, a falownik pracuje równoległe z siecią jako filtr aktywny wyższych harmonicznych.

Falownik w tym trybie pełni również funkcję zasilacza dla ładowarek baterii akumulatorów, dzięki czemu prostownik może być całkowicie odstawiony. Zanik napięcia w sieci łączy się z przestawieniem trybu pracy falownika z filtra harmonicznych na generator napięcia sinusoidalnego. Sprawność układu jest na poziomie zbliżonym do trybu podwójnej konwersji (ok. 95%) i nie zależy tak bardzo od charakteru obciążenia jak to ma miejsce dla trybu podwójnego przetwarzania. Dodatkową zaletą tego rozwiązania jest zmniejszenie zakłóceń pochodzących od odbiorników nieliniowych (THDi) do wartości poniżej 10%. Wadą jest typowy problem występujący w trybie ekonomicznym, tj. możliwość przeniesienia zaburzeń napięcia sieci na odbiory chronione.

Tryb oświetlenia awaryjnego lub STANDBY – OFF polega na braku obecności napięcia na wyjściu zasilacza UPS w normalnym trybie pracy, kiedy obecna jest sieć. Po zaniku napięcia sieci pojawia się napięcie na wyjściu zasilacza, a po powrocie napięcia sieci jeszcze przez pewien ustawialny czas napięcie na wyjściu utrzymuje się, po czym zanika wyłączając zasilanie dla odbiorów, mających być w stanie spoczynku dla stanu zasilania obiektu z sieci energetycznej.

Ostatni tryb, tzn. przetwornica częstotliwości stosuje się w Polsce niezwykle rzadko. Kiedy Użytkownik posiada odbiory na częstotliwość 60 Hz (specjalistyczne urządzenia zbudowane tylko do pracy z siecią o częstotliwości 60 Hz) wówczas jest zmuszony do zakupu

zasilacza UPS pracującego jako przetwornica częstotliwości 50/60 Hz. Wadą tego trybu w naszych warunkach energetycznych jest brak możliwości korzystania z bypassu elektronicznego i ręcznego. W tym przypadku zasilacz blokuje możliwość przełączenia na bypass elektroniczny, a bypass ręczny zasilacza ma zdemontowaną rączkę, aby przez przypadek nie zostało załączone napięcie o częstotliwości 50 Hz. Awaria lub przeciążenie falownika w tym trybie oznacza wyłączenie zasilania odbiorów chronionych.

wnioski:

- Stosując odpowiedni tryb pracy zasilacza UPS Użytkownik powinien mieć pełną świadomość, na jakie zagrożenie się decyduje i jakie korzyści może osiągnąć. Firma Riello Delta Power ze swoim wieloletnim doświadczeniem proponuje rozwiązania optymalne dla Użytkownika, mając na uwadze zarówno koszty eksploatacji, jak i jakość energii zasilającej UPS pod kątem wymagań odbiorów chronionych. Jeżeli Użytkownik decyduje się na pracę w trybie ekonomicznym powinno wykonać się kilka prób i pomiarów w celu określenia czasu przełączania. Pozwoli to na określenie poprawności działania systemu zasilania gwarantowanego i określi ryzyko ewentualnych zakłóceń mogących pojawić się podczas przełączania na pracę z falownika.
- Tryb pracy true on-line, mimo gwarancji uniezależnienia parametrów napięcia wyjściowego UPS (z falownika) od napięcia sieci energetycznej, nie zapewnia w przypadkach szczególnych poprawnego działania odbiorów.
- Tryb ekonomiczny, czyli zasilanie odbiorów bezpośrednio z sieci poprzez bypass elektroniczny nie chroni odbiorów chronionych przed zaburzeniami pochodzącymi z sieci (głównie przepięcia).



Riello Delta Power Sp. z o.o.
Krasnowolska 82R
02-849 Warszawa
Tel.: +48 22 3791700
e-mail: biuro.warszawa@deltapower.pl
www.riello-deltapower.pl



J. Wiatr
A. Boczkowski
M. Orzechowski

Ochrona przeciwporażeniowa oraz dobór przewodów i ich zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia

NOWE WYDANIE!
Uaktualnione i poszerzone!



Księgarnia Techniczna



elektrotechnika
instalacje
budownictwo

Zamówienia:

eib@ksiegarniatechniczna.com.pl

www.ksiegarniatechniczna.com.pl

możliwości zwiększenia niezawodności przy zastosowaniu zasilacza UPS

mgr inż. Karol Kuczyński

Zaniki i zapady napięcia oraz inne zaburzenia, które występują w sieciach elektroenergetycznych, powodują w zakładach przemysłowych lub innych przedsiębiorstwach straty w wyniku zatrzymania linii produkcyjnych bądź zakłóceń w pracy układów elektronicznych. W przypadku częstego występowania trwających kilka-kilkadziesiąt sekund zakłóceń zasilania urządzenia o mocy rzędu kilkudziesięciu-kilkuset kVA wymagają zastosowania specjalizowanych układów zasilania gwarantowanego, np. zasilaczy UPS, tandemów zasilaczy UPS i zespół prądotwórczy lub dynamicznych układów zasilania wyposażonych w kinematyczny zasobnik energii [1, 7]. Rosnące zapotrzebowanie rynku w zakresie bezprzerwowych zasilaczy UPS dużych mocy pracujących w systemach o zwiększonej niezawodności powoduje, że producenci mają w ofercie urządzenia w zakresie mocy od 10 do 900 kVA [1, 8].



Fot. 1. Przykład zabezpieczeń obwodów wejściowych i wyjściowych zasilacza UPS o mocy 20 kVA

skutki awarii

Warto przytoczyć przykład Szczecina, gdzie 8 kwietnia 2008 r. doszło do awarii, w wyniku której w mieście nie było zasilania przez ponad 20 godzin. Awarię systemu elektroenergetycznego w rejonie aglomeracji szczecińskiej spowodowały ekstremalne opady, w szczególnych warunkach powodujące osadzanie się mokrego śniegu na przewodach linii i innych elementach infrastruktury elektroenergetycznej. Nastąpił totalny paraliż komunikacyjny, nie pracowały żadne instytucje, szkoły, sklepy, banki oraz stacje benzynowe. Niestety, nie można wykluczyć, że podobne przypadki nie wydarzą się w innych polskich miastach. Tym bardziej że takie zdarzenia miały już miejsce, choć w mniejszej skali.

W sierpniu bieżącego roku gwałtowne nawałnice i inne gwałtowne zjawiska atmosferyczne doprowadziły w kilku województwach do zerwania linii wysokiego, średniego i niskiego napięcia oraz uszkodzenia stacji transformatorowych. Według informacji z WCZK, stan na dzień 12.08 godz. 11:00, na terenie Polski bez dostaw prądu było około 177,9 tys. odbiorców.

W kulminacyjnym momencie nawałnic bez dostaw energii elektrycznej było około 480 tys. odbiorców.

Przerwy w dostawach energii prowadzą do konkretnych i wymiernych strat. Mogą również powodować uszkodzenia poszczególnych urządzeń w przypadku choćby chwilowego zatrzymania linii produkcyjnej. Nawet milion złotych strat może spowodować godzinny postój linii produkcyjnej zakładów produkcyjnych. Ale przecież w firmach nie pracują jedynie linie produkcyjne, ale też wszelkiego rodzaju elektroniczny sprzęt biurowy, systemy monitoringu czy centrale abonenckie.

niezawodność zasilania

Wszystkie urządzenia charakteryzują się współczynnikiem pewności pracy na poziomie zbliżonym do jedności. Istnieje wiele różnych miar niezawodności pracy urządzeń. Jednym z nich jest współczynnik MTBF (*Mean Time Between Failures*), który definiowany jest jako średni okres między awariami, czyli wartość oczekiwana czasu między uszkodzeniami elementów powodujących utratę zdolności do realizacji funkcji, do których został zbudowany.

Jest on wyrażany w jednostkach czasu, np. godzinach [1, 3]. Natomiast średni czas naprawy urządzenia rozumiany jako wartość oczekiwana czasu między wystąpieniem awarii a chwilą ponownej zdolności do realizacji funkcji określa współczynnik MTTR (*Mean Time To Repair*). Najczęściej jest wyrażany w jednostkach czasu, np. godzinach.

Zasilacze UPS charakteryzują się najczęściej bardzo wysokim współczynnikiem MTBF. Jednak aby określić współczynnik MTBF w jednostkach względnych dla konkretnej instalacji zasilacza UPS, konieczna jest nie tylko bezwzględna wartość określona przez producenta, ale również czas naprawy w rzeczywistych warunkach. Czas naprawy zależy bowiem od: czasu reakcji serwisu na awarię, czasu dojazdu do urządzenia, dostępności części zamiennych, czasu naprawy oraz czasu na wykonanie potrzebnych testów [1, 3].

Wartość MTBF dla urządzeń produkowanych przez różnych producentów jest różna. Można przyjąć, że dla pojedynczego urządzenia UPS dobrej marki wartość MTBF wynosi 99,99970%. Jednak zmienia się wartość współczynnika MTBF dla grupy UPS-ów pracujących równolegle z redundancją, w zależności od liczby jednostek w grupie. Wydawać by się mogło, że im większa liczba jednostek w zestawie, tym wartość MTBF większa. W tym przypadku awaria jednej jednostki UPS nie powoduje przerwy w zasilaniu odbiorców. Tak jednak nie jest, ponieważ przy większej liczbie jednostek UPS rozbudowany jest układ sterowania tymi jednostkami, który jest wspólny dla całego układu. Ponadto przy większej liczbie jednostek w układzie wzrasta prawdopodobieństwo awarii kolejnej jednostki w czasie, gdy jedna już uległa awarii i jest niesprawna. Nadmierne zwiększanie liczby jednostek w układzie może spowodować, że wypadkowa wartość MTBF dla układu będzie mniejsza niż wartość MTBF dla pojedynczej jednostki [1, 3].

Należy tu jednak zaznaczyć, że współczynniki MTBF podawane przez producentów UPS-ów dotyczą jedynie urządzeń UPS, bez uwzględnienia pozostałych elementów układu zasilania, takich jak: układy rozdzielnic przed i za UPS-ami, aparatury stosowanej w rozdzielnicach, automatyki rozdzielnic, połączeń kablowych itp. Na niezawodność zasilania odbiorników duży wpływ ma również struktura i aparatura zastosowana w układzie dystrybucji energii oraz w obwodach odbiorczych zasilania odbiorników. Z tego powodu dokładna analiza niezawodności całego układu jest często bardzo złożona i trudna do przeprowadzenia.

współpraca zespołu prądowórczego z UPS-em

Moc zespołu prądowórczego należy dobierać do mocy zapotrzebowanej przez zasilane odbiorniki. Jej wartość należy oszacować drogą analityczną lub przeprowadzić pomiary tygodniowych obciążeń, na podstawie których można ustalić wartości szczytowych obciążeń danej sieci [2]. W przypadku zasilacza awaryjnego moc pobierana z sieci energetycznej jest większa od jego mocy znamionowej dostępnej na zaciskach wyjściowych. Przy zastosowaniu zespołu prądowórczego jego moc powinna być wyższa co najmniej o sprawność zasilacza UPS oraz o moc potrzebną na ładowanie baterii akumulatorów. W przypadku zasilaczy True On-Line sprawność waha się w granicach od 80 do 97%, w zależności od wielkości urządzenia, a moc potrzebna na ładowanie baterii akumulatorów może dochodzić do kilkunastu procent mocy zasilacza. W takim przypadku moc zespołu powinna być co najmniej równa mocy pobieranej przez UPS i powiększona o współczynnik przewymiarowania zespołu. Jest to konsekwencją zniekształceń THD, wprowadzanych do sieci przez zasilacz oraz zależy od charakteru obciążeń odbiorników [2, 3].

Uwzględnienie prądów rozruchowych oraz odkształconych przy doborze mocy zasilacza UPS jest niezbędne do jego poprawnego funkcjonowania. UPS o zbyt małej mocy przeznaczony do zasilania odbiorników nieliniowych lub silników elektrycznych przy wzroście obciążenia automatycznie przejdzie na by-pass zewnętrzny, co będzie skutkowało pozbawieniem układu zasilania funkcji napięcia gwarantowanego. Przy doborze zasilacza UPS należy również zwrócić uwagę na znamionowy współczynnik szczytu, który określa, ile może zostać przekroczona chwilowa wartość szczytowa prądu w stosunku do rzeczywistej wartości skutecznej tego prądu. W produkowanych obecnie zasilaczach UPS współczynnik szczytu wynosi na ogół 3:1. Jeżeli wartość współczynnika szczytu w przebiegu prądu pobieranego z UPS-a przekroczy wartość znamionowego współczynnika szczytu, to mogą wystąpić zakłócenia w pracy zasilacza, łącznie z jego wyłączeniem [1, 3].

magazynowanie energii

W ostatnich latach pojawiło się szereg nowych rozwiązań, pozwalających na gromadzenie energii w układach zasilania rezerwowego. Urządzenia te mogą przykładowo zastąpić

baterię akumulatorów w układach UPS. Są one wynikiem prowadzonych wciąż na świecie badań, mających na celu poszukiwanie nowych rozwiązań w tym zakresie. Zasadniczym celem tych poszukiwań jest opracowanie możliwie prostych metod eliminacji krótkich przerw w zasilaniu bądź krótkotrwałych zapadów napięcia [4]. Wyniki badań wskazują na to, że około 97% wszystkich przerw w zasilaniu i zapadów napięcia w sieciach rozdzielczych średniego napięcia to przerwy trwające nie dłużej niż 3 sekundy. Ich przyczyną są najczęściej wyładowania atmosferyczne i związane z tym działanie układów samoczynnego ponownego załączenia, czy też inne czynności łączeniowe w sieci. Przerwy w zasilaniu dłuższe niż 3 sekundy, to jedynie 3% zakłóceń w sieci, a ich czas trwania jest zdecydowanie dłuższy, rzędu dziesiątek sekund, minut, a nawet godzin. Sytuacja taka uzasadnia potrzebę poszukiwań takich urządzeń, które nie muszą magazynować bardzo dużych ilości energii, lecz które byłyby w stanie w krótkim czasie pokryć zapotrzebowanie na znaczne wartości mocy w chwili zapadów napięcia bądź krótkotrwałych przerw w zasilaniu. Ich drugie zadanie to ciągłe wspomaganie podstawowego źródła zasilania i łagodzenie wszelkich innych zakłóceń napięcia zasilającego. Ze względu na tę cechę, urządzenia te nazywane są też dynamicznymi zasobnikami energii. Są to: koła zamachowe (*flywheels*), superkondensatory, nadprzewodnikowe magnetyczne zasobniki energii (*superconducting magnetic energy storage, SMES*).

Koła zamachowe to konstrukcje zupełnie inne od tradycyjnego zastosowania kół zamachowych w zespołach prądowórczych. Różnica polega na tym, że w zespole prądowórczym koło zamachowe gromadzi jedynie energię potrzebną do szybkiego rozruchu silnika napędowego, natomiast energia ta nie jest przeznaczona do zamiany na energię elektryczną w celu zasilania odbiorów. Szacuje się, że jedynie ok. 5% energii koła zamachowego jest oddawanej w postaci energii elektrycznej. W kołach zamachowych używanych jako dynamiczne zasobniki energii, energia zgromadzona jako energia kinetyczna koła jest zamieniana na energię elektryczną i przeznaczona do zasilania odbiorników w chwilach zaniku napięcia. Koło zamachowe jest sprzęgnięte z generatorem, który w czasie prawidłowej pracy sieci zasilającej pracuje jako silnik, stale napędzając koło z określoną prędkością obrotową. W chwilach zaniku napięcia energia elektryczna wytwarzana w generatorze jest przekształcana na energię o odpowiednich parametrach napięcia i częstotliwości, i służy do zasilania układu. Szacuje się, że w ten sposób około 50% energii mechanicznej koła zamachowego może być wykorzystane do zamiany na energię elektryczną. Rozróżnia się dwie zasadnicze konstrukcje kół zamachowych [4]: szybkoobrotowe i wolnoobrotowe.

Koła szybkoobrotowe są wykonane ze szkła bądź z włókna szklanego lub węglowego. Materiały te są materiałami niemagnetycznymi i mają ciężar właściwy ok. 5-krotnie większy od stali. Prędkości eksploatacyjne kół szybkoobrotowych zawierają się w zakresie od 10000 do 100000 obrotów na minutę. Wirnik generatora jest magnesem stałym, ze względu

na trudność wykonania uzwojeń, które wytrzymałyby działanie sił odśrodkowych przy tak dużej prędkości obrotowej. Aby ograniczyć siły tarcia zarówno generator, jak i wirnik koła obracają się w próżni i są umieszczone w zamkniętym pojemniku. Współcześnie budowane koła szybkoobrotowe posiadają moce do 750 kW z możliwością zgromadzenia energii nawet 8 MWs.

Koła wolnoobrotowe pracują przy prędkościach rzędu 7000 obr./min. Ze względu na mniejszą prędkość niż koła szybkoobrotowe, muszą one posiadać znacznie większą masę, aby uzyskać podobne wartości magazynowanej energii. Wirniki wykonywane są w tym przypadku ze stali i przy prędkościach obrotowych rzędu 7000 obr./min. nie jest już konieczne umieszczanie całego układu w próżni. Stosuje się jednak obniżone ciśnienie otaczającego powietrza lub gaz o gęstości mniejszej niż powietrze w celu zmniejszenia sił tarcia. Generatory kół wolnoobrotowych mają wirnik uzwojony, co daje możliwość regulacji ich wzbudzenia. Jest to istotną zaletą kół wolnoobrotowych w stosunku do kół szybkoobrotowych. Moce obecnie produkowanych kół zamachowych wolnoobrotowych są rzędu 10 MW i są zdolne dostarczać energię przez czas od 1 do 30 sekund [4].

Koła zamachowe wolnoobrotowe są stosowane w kombinowanych układach zasilania rezerwowego, gdzie współpracują najczęściej z agregatami prądotwórczymi. Koło jest w sposób ciągły zasilane poprzez silnik/generator napędzany energią pobieraną z sieci elektroenergetycznej, przekształcaną na odpowiednią częstotliwość i napięcie. Koło zamachowe pokrywa zapotrzebowanie na energię w chwilach krótkotrwałych zaników napięcia (do 3 sekund) oraz zasila generator w czasie rozruchu jego turbiny (1–30) sekund. Dłuższe przerwy w zasilaniu pokrywane są przez agregat prądotwórczy.

Superkondensatory (*supercapacitors*) to kondensatory o specjalnej konstrukcji umożliwiającej uzyskanie dużych pojemności rzędu kilku tysięcy faradów. Duża pojemność jest uzyskana przez zastosowanie odpowiednich materiałów na okładki kondensatorów, takich jak aktywny węgiel bądź włókna pokrywane aktywnym węglem lub dwutlenkiem rutenu (RuO_2).

Zaletą takich elektrod jest dużo większa aktywna powierzchnia okładziny w porównaniu z tradycyjnymi materiałami. Technologia wytwarzania superkondensatorów znajduje się obecnie jeszcze w fazie badań, choć istnieją już produkowane przemysłowo urządzenia wykorzystujące te elementy. Ich zastosowanie w rezerwowym zasilaniu polegać będzie głównie na pokrywaniu zapotrzebowania na energię podczas bardzo krótkich zaników napięcia zasilania. Przewiduje się też współpracę superkondensatorów z układami UPS, w celu eliminacji ich krótkotrwałych, głębokich przeciążeń. W ten sposób uzyskuje się znaczne wydłużenie okresu eksploatacji baterii UPS. Czas ładowania zwykłego akumulatora trwa kilka godzin, natomiast w przypadku superkondensatora proces ten trwa maksymalnie kilka minut. Zaletą superkondensatora jest żywotność szacowana na kilkanaście lat oraz możliwość

pracy w szerokim zakresie temperatur od -40 do 65°C [4]. W przypadku dużych zakładów warto zastanowić się nad tandemem zasilacz UPS–zespół prądotwórczy lub dynamicznym układem zasilania wyposażonym w kinematyczny zasobnik energii.

Nadprzewodnikowe magnetyczne zasobniki energii (*superconducting magnetic energy storage, SMES*) to układy gromadzące energię pola magnetycznego wytwarzanego przez duże cewki przewodzące prąd stały. Cewki te, schłodzone do bardzo niskiej temperatury, znajdują się w stanie nadprzewodnictwa i przepływ prądu odbywa się praktycznie bez strat. Zgromadzenie energii polega na ciągłym przepływie prądu stałego o dużych wartościach, bez strat. W chwili zapotrzebowania na energię, prąd cewki może być przekształcony na prąd przemienny i dostarczony do układu [4]. Obecnie buduje się już układy chłodzone ciekłym helem, natomiast w fazie badań znajdują się układy nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego, czyli chłodzone ciekłym azotem.

podsumowanie

Aby zapobiegać awariom niezbędne jest zastosowanie zasilaczy UPS, które zapewnią ciągłość zasilania bez względu na stan sieci elektroenergetycznej. Każda firma powinna zastanowić się nad zakupem zasilaczy napięcia gwarantowanego. Inwestycja taka przeważnie jest mniej kosztowna niż naprawa bądź wymiana sprzętu, który ucierpiał w wyniku niespodziewanego zaniku zasilania, a także strat produkcyjnych.

Natomiast firmy o specyficznych wymaganiach mogą rozważyć inwestycję w zasilacze UPS wyposażone w superkondensator.

literatura

1. T. Sutkowski, Rezerwowe i bezprzerwowe zasilanie w energię elektryczną, COSiW SEP, Warszawa 2007.
2. J. Wiatr, M. Miegoń, Zasilanie budynków użyteczności publicznej oraz budynków mieszkalnych w energię elektryczną, „Niezbędnik elektryka” nr 4, Warszawa 2012.
3. K. Kuczyński, Rynek zasilaczy UPS w Polsce a niezawodność zasilania – zagadnienia wybrane, „elektro.info” 4/2013.
4. H. Markiewicz, A. Klajn Metody i sposoby zapewniające pożądaną niezawodność zasilania energią elektryczną, 25 listopada 2003 roku, TO SEP, ZE Tarnów.
5. Materiały firmy Ever.
6. Materiały firmy Eaton.
7. Materiały firmy Comex.
8. Materiały firmy APC.

zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych (część 1.)

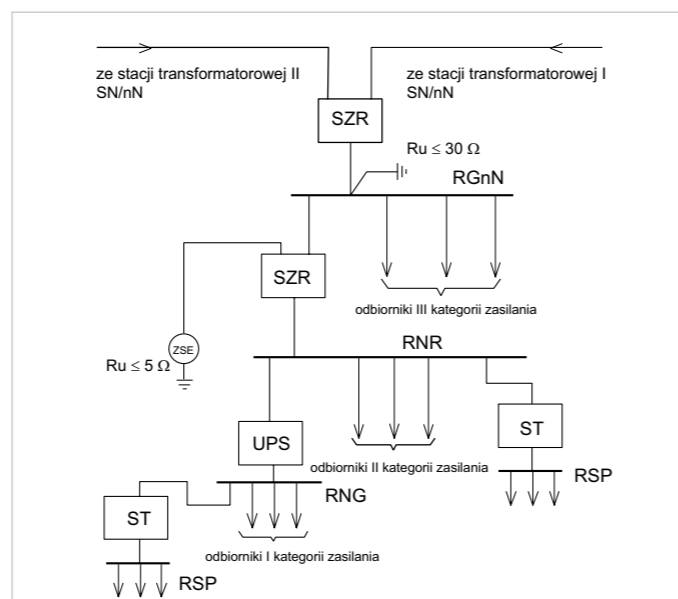
mgr inż. Julian Wiatr

Przy projektowaniu układów zasilania budynków służby zdrowia pojawia się szereg wątpliwości wynikających z oczekiwanego poziomu niezawodności dostaw energii elektrycznej. Brak wytycznych w tym zakresie często prowadzi do błędnego rozumienia tego problemu przez inwestora oraz projektanta.

Wymagania dotyczące zasilania budynków zostały sprecyzowane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2015 roku, poz. 1422) [2]. Zgodnie z § 181 pkt 1 Rozporządzenia [2]:

„Budynek, w którym zanik napięcia w elektroenergetycznej sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, poważne zagrożenie środowiska, a także znaczne straty materialne, należy zasilac co najmniej z dwóch niezależnych, samoczynnie załączających się źródeł energii elektrycznej oraz wyposażyc w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (zapasowe lub ewakuacyjne). W budynku wysokościowym jednym ze źródeł zasilania powinien być zespół prądotwórczy”.

Są to bardzo ogólne wytyczne, które nie precyzują wymagań w zakresie niezawodności zasilania oraz metodyki projektowania układów zasilania. W odniesieniu do innych



Rys. 1. Schemat blokowo-ideowy zasilania budynku, gdzie: **kategoria III** – długotrwała przerwa w zasilaniu nie powoduje wystąpienia negatywnych skutków w postaci zagrożenia życia lub dużych strat materialnych, **kategoria II** – dopuszcza się krótką przerwę niezbędną na uruchomienie zespołu prądotwórczego, **kategoria I** – nie dopuszcza się żadnej przerwy w zasilaniu, **ST** – siłownia telekomunikacyjna ac/dc, **RNR** – rozdzielnica napięcia rezerwowanego, **RNG** – rozdzielnica napięcia gwarantowanego [13]

obiektów budowlanych obowiązujące przepisy techniczno-prawne jedynie wspominają o wymaganiach dotyczących zasilania w energię elektryczną oraz pomijają wymagania dotyczące układów zasilania i wymaganego poziomu niezawodności dostaw energii elektrycznej. Wyjątkiem w tym zakresie jest Rozporządzenie Ministra Łączności z 21 kwietnia 1995 roku w sprawie zasilania energią elektryczną obiektów budowlanych łączności (DzU nr 50/1995, poz. 271) [3]. Z uwagi na to, że jest to jedyny dokument formalnoprawny precyzyjnie określający wymagania dotyczące zasilania obiektów budowlanych łączności, można na jego podstawie opracować koncepcję układu zasilania dowolnego budynku przedstawioną na **rysunku 1**.

W prezentowanym układzie zasilania znajdują się wszystkie źródła zasilania, a ich stosowanie w określonym układzie zasilania może być przyjmowane w zależności od potrzeb i wymaganego poziomu niezawodności. Natomiast podział na poziomy rezerwowania oraz przypisane im źródła zasilania wynikają z przyjętego w gospodarce elektroenergetycznej podziału na kategorie zasilanych odbiorników. Widoczny na **rysunku 1**. pojedynczy zespół prądotwórczy oraz pojedynczy zasilacz UPS w zależności od potrzeb może być projektowany w układzie redundantnym lub w układzie pracy równoległej.

metodyka zasilania obiektów szpitalnych

Istotne znaczenie dla bezpieczeństwa pacjentów ma zapewnienie ciągłości zasilania, chociażby z tego powodu, że niektóre zabiegi nie są obojętne dla zdrowia, a część z nich pociąga za sobą nawet zagrożenie dla życia.

W związku z tym w obiekcie szpitalnym na etapie opracowywania koncepcji zasilania należy dokonać podziału odbiorników na kategorie zasilania. Warunkiem zapewnienia wysokiej niezawodności jest doprowadzenie zasilania do budynku szpitala z dwóch różnych stacji transformatorowych 15/0,42 kV zasilanych przynajmniej z dwóch różnych sekcji SN jednego GPZ-tu. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie właściwego rezerwowania zasilanych odbiorników przy zasilaniu z SEE (systemu elektroenergetycznego).

Przy głównym złączu budynku szpitala powinien być zainstalowany SZR, z którego energia elektryczna powinna być doprowadzona do rozdzielni głównej szpitala (RGnN), gdzie należy wydzielić obwody odbiorników zaliczonych do III kategorii zasilania oraz obwód zasilający kolejny SZR, przeznaczony do współpracy z zespołem prądotwórczym (ZP), stanowiącym awaryjne źródło zasilania.

Z drugiego SZR zasilanie należy doprowadzić do rozdzielni RNA – odbiorników II kategorii zasilania. Do odbiorników tej kategorii należy zaliczyć ogólne sale chorych, apteki, korytarze, windy, oświetlenie ogólne itp. Dla odbiorników zaliczonych do II kategorii dopuszcza się czas przerwy w zasilaniu do 60 sekund (tj. czas niezbędny dla dokonania

samorozuchu ZP). W rozdzielni RNA należy wydzielić obwód zasilający zasilacz UPS, przeznaczony do zasilania odbiorników I kategorii zasilania, dla których niedopuszczalna jest jakakolwiek przerwa w zasilaniu. Układ współpracy ZP z UPS nazywa się tandemem ZP – UPS. Dokonanie takiego podziału jest konieczne ze względu na warunki lokalowe, jakimi dysponuje szpital, oraz wysokie koszty zakupu, eksploatacji ZP i zasilaczy UPS. Zakwalifikowanie sal operacyjnych, OIOM oraz laboratoriów do I kategorii zasilania jest uzasadnione tym, że pacjent podłączony do aparatury nie może być pozbawiany czynności podtrzymujących życie, a brak oświetlenia (nawet przez kilka sekund) podczas operacji odbywającej się w nocy może być tragiczny w skutkach dla pacjenta. Dlatego zasilanie tych pomieszczeń w sposób bezprzerwowy jest uzasadnione i możliwe do realizacji tylko z wykorzystaniem zasilacza UPS o mocy dostosowanej do zasilanych przez niego urządzeń.

pomieszczenia użytkowane medycznie

Pod pojęciem „pomieszczenie użytkowane medycznie” należy rozumieć nie tylko pomieszczenia szpitalne, ale również pomieszczenia pozaszpitalne, gdzie mogą być wykonywane zabiegi medyczne. Zwiększone zagrożenie dotyczy tylko pacjentów (również zwierząt w weterynarii), natomiast personel nie wymaga ochrony o wyższym stopniu bezpieczeństwa niż w innych obiektach budownictwa powszechnego.

Pomieszczenie „szpitalne” w interesującym nas zakresie dotyczy tylko pomieszczeń, gdzie pacjent może przebywać i poddawany jest badaniom lub zabiegom. Będą to więc sale chorych, gabinety badań, zabiegowe, sale operacyjne, porodowe, fizykoterapii, gabinety rentgenowskie itp.

Nie są nimi pomieszczenia niedostępne dla pacjentów oraz takie, w których pacjent nie jest poddawany żadnym zabiegom medycznym (pomieszczenia administracyjne, kuchnie, pralnie, laboratoria, kioski, korytarze w oddziałach, sale pobytu dziennego, dyżurki lekarskie, a także nastawnie pracowni rentgenowskich, przygotowanie lekarzy w bloku operacyjnym itd.).

Zgodnie z publikacją [16] należy przyjąć następujący podział pomieszczeń medycznych:

a) grupa 0: należą do niej pomieszczenia medyczne, w których nie przewiduje się stosowania części aplikacyjnych aparatury elektromedycznej, a zanik zasilania nie powoduje zagrożenia życia. Są to pomieszczenia, w których pacjenci nie stykają się z urządzeniami elektromedycznymi. Urządzenia występujące w tej strefie mają własne wbudowane źródło zasilania w postaci ogniwa. Będą to gabinety ordynatorów, sale opatrunkowe,

masażu, gimnastyki, hydroterapii, inhalacji, czy też ogólnych badań otolaryngologicznych, okulistycznych, gabinety stomatologiczne itp.;

b) grupa 1: należą do niej pomieszczenia medyczne, w których przewiduje się stosowanie części aplikacyjnych aparatury elektromedycznej zewnętrznie lub wewnętrznie do różnych części ciała, poza zastosowaniami dotyczącymi pomieszczeń grupy 2, a zanik zasilania również nie powoduje zagrożenia życia. W pomieszczeniach tych mogą być stosowane aparaty medyczne mające bezpośredni kontakt z ciałem pacjenta, również wprowadzane pod skórę lub do naturalnych lub sztucznie wykonanych otworów ciała człowieka, pod warunkiem, że żadna z części nie może znajdować się w bezpośredniej bliskości serca. Będą to sale hydro- i fizykoterapii, radiologii (z wyłączeniem badań naczyniowych) dializy zewnątrzustrojowej, sale porodowe, chirurgii ambulatoryjnej, stomatologii (fotel pacjenta), wszelkiego rodzaju endoskopii itd.;

c) grupa 2: należą do niej pomieszczenia najwyższego ryzyka, a więc pomieszczeń, gdzie przewiduje się stosowanie części aplikacyjnych aparatury elektromedycznej przy zabiegach na sercu, w salach operacyjnych, intensywnej opieki medycznej i innych zabiegach, przy których zanik zasilania może być przyczyną zagrożenia życia. Grupa ta obejmuje pomieszczenia, gdzie są lub mogą być stosowane aparaty elektromedyczne, których elementy mogą stykać się z sercem lub znajdować się w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Będą to sale operacyjne i związane z nimi sale przygotowania pacjenta, sale intensywnej opieki medycznej (OIOM) i pooperacyjnej, rentgenowskich badań naczyniowych oraz częściowo endoskopii i sal porodowych z możliwością zastosowania aparatów elektromedycznych.

Podane przykłady są przypadkami oczywistymi, zaklasyfikowanie pomieszczeń do odpowiedniej grupy powinno jednak odbywać się przy współudziale lekarza tam pracującego.

koncepcja ochrony przeciwporażeniowej

Pomieszczenia grupy 0 i 1 muszą spełniać wszystkie warunki normy przedmiotowej PN-HD 60364-4-41 [7], Prawa budowlanego, rozporządzeń wykonawczych oraz cech osobniczych człowieka chorego i jego podatności na działanie prądu elektrycznego.

Wszystkie pomieszczenia muszą mieć podłogi o rezystancji $R_i \geq 50 \text{ k}\Omega$, a urządzenia w nich zainstalowane powinny posiadać ochronę przy uszkodzeniu. Instalacja odbiorcza musi być wykonana w układzie zasilania TN-S, mieć połączenia wyrównawcze i być chroniona przed przeciążeniami i zwarciami, a także mieć ochronę przeciwprzepięciową.

Natomiast w pomieszczeniach grupy 2 instalacja odbiorcza oprócz skutecznej ochrony przeciwporażeniowej powinna gwarantować ciągłość zasilania. W pomieszczeniach tych niedopuszczalne są jakiegokolwiek przerwy w zasilaniu wynikłe z przeciążeń lub zwarcć.

Spośród pięciu dostępnych układów zasilania (TN: TN-S, TN-C-S, TN-C, TT oraz IT) tylko system IT może podołać tym wymaganiom. Układ ten buduje się z wykorzystaniem jednofazowych transformatorów separacyjnych ze stałą kontrolą stanu izolacji, np. ES710 produkcji firmy Bender. Każde pomieszczenie lub grupa pomieszczeń funkcjonalnie związanych ze sobą (np. sala operacyjna i pomieszczenia przygotowania pacjenta) powinny być zasilane z osobnego transformatora o mocy (3,15–10)kVA. W przypadku większych mocy zapotrzebowanych należy wykonać klika sieci elektromedycznych zasilanych z osobnych transformatorów o mocach dobranych do potrzeb zasilanych odbiorników (zgodnie z normą PN-HD 60364-7-710:2012 [17] transformatory elektromedyczne nie mogą być łączone równolegle). Przykładowe rozwiązania układów zasilania zostały zamieszczone w publikacji [16].

układ zasilania IT

W odróżnieniu od układów TN, w których jeden przewód ma potencjał ziemi, a pozostałe są pod napięciem 230V, układ IT charakteryzuje się odizolowanym punktem neutralnym.

W związku z tym różnica potencjałów pomiędzy przewodami a ziemią nie jest określona, a bezpośrednie doziemienie jednego z nich powoduje tylko wyrównanie potencjału z potencjałem ziemi, co sprowadza się do krótkotrwałego, niegroźnego w skutkach (przy niezbyt dużych pojemnościach sieci) przepływu przez człowieka prądu wyrównawczego.

System ten jednak jest tak długo bezpieczny, jak długo nie nastąpi pierwsze doziemienie, gdyż wówczas upodabnia się on swoją konfiguracją do układu TT.

Do szczególnie korzystnych cech układu IT należy zaliczyć:

- duże bezpieczeństwo eksploatacji,
- wysoki stopień bezpieczeństwa pożarowego,
- występowanie minimalnego prądu dotykowego i doziemieniowego,
- możliwość łatwego wykrycia doziemienia,
- możliwość bezprzerwowego zasilania po wystąpieniu doziemienia jednobiegowego,
- małe wymagania oporności uziemień ochronnych.

Cechy te spowodowały, że układ IT ma szczególne predyspozycje do stosowania w obiektach o wysokim zagrożeniu porażeniowym i pożarowym.

GWARANCJA ZASILANIA CAT®



Projektujesz układ zasilania rezerwowego?

Chcesz zapewnić bezpieczeństwo energetyczne obiektu?

Zespoły prądotwórcze diesla CAT® 13,5-4000 kVA są tym, czego szukasz. Niezawodne, wytrzymałe i z doskonałym wsparciem technicznym, obejmującym doradztwo biura projektowego Enerii oraz profesjonalne narzędzie CAT® SpecSizer do doboru mocy agregatu.

Dzięki naszym rozwiązaniom możesz być pewien, że niezależnie od sytuacji dane biuro, serwerownia czy fabryka będą miały zagwarantowane bezpieczeństwo energetyczne, a Ty i wszyscy użytkownicy obiektu spokojną pracę i sen.

Agregaty CAT® - gwarantują spokój wszystkich użytkowników ... oraz Twój.

Zachęcamy do lektury artykułu „Spec Sizer – narzędzie CAT® do doboru agregatów”

Potrzebujesz więcej informacji?

Zadzwoń: +48 22 201 36 56 lub napisz do nas: agregaty@eneria.pl

Eneria CAT

Jak zostało wspomniane na początku, układ IT jest bezpieczny do chwili powstania pierwszego zwarcia. Podczas zwarc podwójnych na obudowach chronionych odbiorników pojawia się pełne napięcie znamionowe.

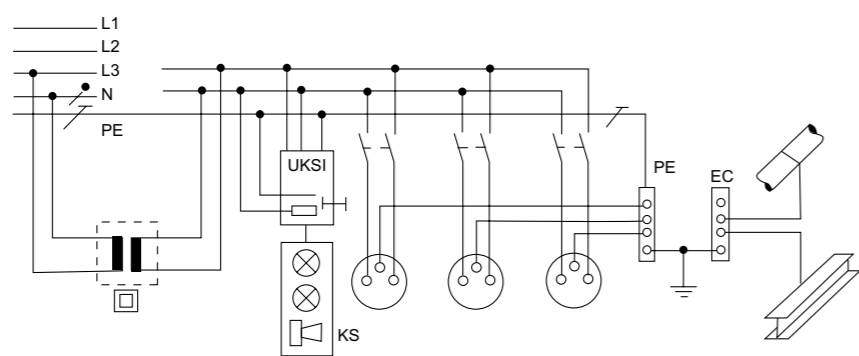
Miejszem szczególnego zagrożenia są sale operacyjne i inne pomieszczenia szpitalne, w których wykonuje się zabiegi za pomocą aparatów elektromedycznych z pominięciem wierzchniej warstwy naskórka, a często bezpośrednio na sercu. Dlatego też w warunkach szpitalnych może dojść do mikroporażenia, przy którym cały prąd rażeniowy przepływa przez mięsień sercowy. O ile więc w warunkach pozaszpitalnych granicą zagrożenia jest prąd 10 mA, to w salach operacyjnych ta granica przesuwana się do wartości 10 μ A.

Należy pamiętać, że zwiększona podatność pacjentów na działanie prądu elektrycznego wynika między innymi z następujących czynników:

- brak możliwości reagowania na odczucie przepływu prądu (choroba, brak przytomności, działanie anestetyków, ograniczenie swobody ruchu),
- zmniejszenie rezystancji naskórka (pocenie się, stres),
- konieczność stałego podłączenia do aparatury podtrzymującej podstawowe funkcje życiowe.

Wszystko to prowadzi do konieczności zastosowania układu elektrycznego gwarantującego wysoki stopień bezpieczeństwa (szczególnie w pomieszczeniach drugiej grupy). Gniazda wtyczkowe i odbiorniki znajdujące się w zasięgu ręki muszą więc być zasilane przez transformatory separacyjne z kontrolą stanu izolacji (medyczne transformatory ochronne).

Poszczególne obwody powinny mieć zabezpieczenie przed prądami zwarciovymi, a przypadkowe przeciążenia powinny być natychmiast sygnalizowane. Odporność na



Rys. 2. Schemat instalacji dla pomieszczeń grupy 2, gdzie: **UKSI** – układ kontroli stanu izolacji (reagujący na zmniejszenie się poziomu izolacji poniżej 50 k Ω), z przyciskiem kontrolnym, **KS** – kasetka ze wskaźnikiem świetlnym i akustycznym (lampka zielona – stan prawidłowy, lampka pomarańczowa i brzęczyk – stan awaryjny), **PE** – przewód ochronny – szyna połączeń ochronnych urządzeń elektrycznych, **EC** – szyna połączeń wyrównawczych obcych mas metalowych [13]

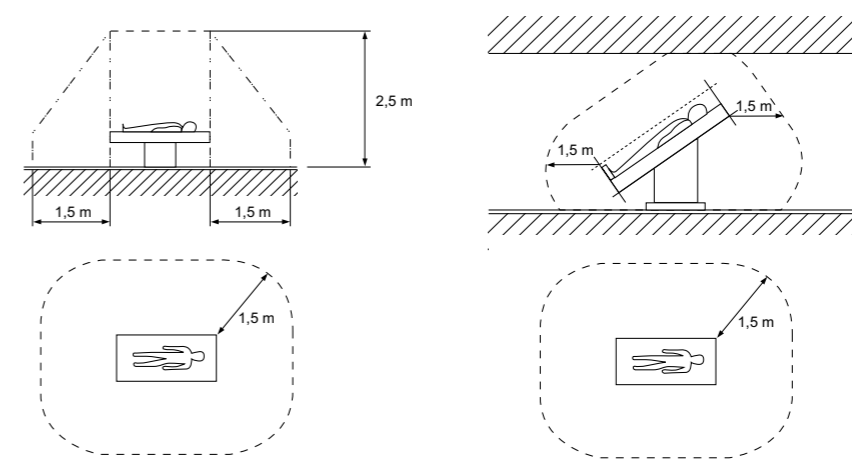
krótkotrwałe przeciążenie uzyskuje się przez stosowanie transformatorów separacyjnych o uzwojeniach z przewodami o zwiększonym przekroju.

Z uwagi na to, że całość obiektu szpitalnego zasilana jest w systemie sieci TN-S, koniecznym jest przejście na sieć IT, w celu realizacji zasilania bloku operacyjnego oraz OIOM-u. Schemat takiego układu przedstawia **rysunek 2**. W przypadku obwodów IT eksploatowanych w obiektach służby zdrowia, nie wolno w żadnym przypadku dodatkowo lub zamiennie stosować wyłączników różnicowoprądowych, gdyż nie chronią one przed wpływem mogącym spowodować mikroporażenie, a nawet mogą doprowadzić do wyłączenia napięcia w trakcie zabiegu, co nigdy nie powinno nastąpić.

Wyłączniki różnicowoprądowe muszą być natomiast stosowane jako zabezpieczenia przewoźnych aparatów rentgenowskich i mogą być stosowane do zabezpieczania odbiorników o mocy ponad 5 kVA zainstalowanych na stałe, obwodów gniazdek, które nie mogą mieć zastosowania medycznego, instalacji oświetleniowej (zawsze w układzie TN-S).

Należy podkreślić, że mimo stosowania transformatorów separacyjnych, system ten nie ma nic wspólnego z ochroną przez separację, dla której nie wolno stosować żadnych uziemień.

Należy przy tym pamiętać o zabezpieczeniu pacjenta przed pojawieniem się przypadkowej różnicy potencjałów na dowolnych dostępnych częściach przewodzących. W tym celu wszystkie metalowe obudowy urządzeń elektrycznych i kołki ochronne gniazd odbiorczych powinny być połączone z szyną wyrównawczą PE, a stałe masy metalowe nienależące do urządzeń elektrycznych (grzejniki c.o., metalowe futryny drzwi, wbudowane szafy, konstrukcje budowlane, ekrany itp.) – z szyną EC. Obydwie szyny PE i EC powinny być ze sobą połączone w sposób łatwy do rozłączenia i uziemione.



Rys. 3. Bezpośrednie otoczenie pacjenta [17]

Przypadkowa różnica potencjałów na różnych częściach przewodzących nie powinna przekraczać 10 mV i 1 mV dla pomieszczeń grupy 2. Wprowadź te zalecenia dotyczące grupy 2 pomieszczeń eksploatowanych medycznie dotyczą tylko bezpośredniego otoczenia pacjenta (**rys. 3.**), to jednak ze względu na długości przewodów łączeniowych i przypadkowych połączeń mas metalowych, rozciągają się na całe pomieszczenie.

dobór mocy zasilacza UPS

Podstawą doboru mocy zasilacza UPS jest zapotrzebowanie zasilanych przez niego odbiorników na moc czynną i bierną. Moc czynną zapotrzebowaną należy wyznaczyć ze wzoru (1), natomiast moc bierną zapotrzebowaną należy obliczyć ze wzoru (2).

Za podstawę doboru mocy zespołu prądotwórczego należy przyjąć wartość mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej przez odbiorniki, które mają zostać objęte systemem zasilania awaryjnego. Moc czynną zapotrzebowaną należy wyznaczyć z następującego wzoru:

$$P_z = \sum_{i=1}^n k_z \cdot P_i \quad (1)$$

gdzie:

k_z – współczynnik zapotrzebowania, w [-],

P_z – moc czynna zapotrzebowana, w [kW],

P_i – moc czynna i-tego odbiornika objętego systemem zasilania awaryjnego, w [kW].

Kolejnym krokiem jest obliczenie mocy biernej zapotrzebowanej, którą należy wyznaczyć w następujący sposób:

$$\begin{aligned} Q_z &= \sum_{i=1}^n k_z \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \cdot P_i = \\ &= \sum_{i=1}^n k_z \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_i} - 1} \cdot P_i \end{aligned} \quad (2)$$

gdzie:

Q_z – moc bierna zapotrzebowana, w [kvar],

$\cos \varphi$ – współczynnik mocy i-tego odbiornika objętego systemem zasilania gwarantowanego, w [-].

Kolejnym krokiem jest obliczenie minimalnej mocy pozornej na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej ze wzoru (3):

$$S_{\text{nUPS}} \geq \sqrt{P_z^2 + Q_z^2} \quad (3)$$

W przypadku gdy systemem zasilania gwarantowanego zostaną objęte silniki, zasilacz UPS musi zapewnić pokrycie zwiększonego zapotrzebowania mocy wynikającego z rozruchu zasilanych silników. W przypadku zasilania odbiorników nieliniowych wyznaczenie mocy czynnej zapotrzebowanej należy obliczyć ze wzoru:

$$P_z = \sum_{i=1}^n k_z \cdot \frac{P_i}{W_i} \quad (4)$$

gdzie:

W_i – współczynnik zniekształceń i-tego odbiornika, zależny od współczynnika zawartości harmonicznych, w [-].

Uwzględnienie prądów rozruchowych oraz odkształconych przy doborze mocy zasilacza UPS jest niezbędne dla jego poprawnego funkcjonowania. UPS o zbyt małej mocy przeznaczony do zasilania odbiorników nieliniowych lub silników elektrycznych przy wzroście obciążenia automatycznie przejdzie na bypass zewnętrzny, co skutkowało będzie pozbawieniem układu zasilania funkcji napięcia gwarantowanego.

Przy doborze zasilacza UPS należy również zwrócić uwagę na znamionowy współczynnik szczytu, który określa, ile może zostać przekroczona chwilowa wartość szczytowa prądu w stosunku do rzeczywistej wartości skutecznej tego prądu. W produkowanych obecnie zasilaczach UPS współczynnik szczytu wynosi na ogół 3. Jeżeli wartość współczynnika szczytu w przebiegu prądu pobieranego z UPS-a przekroczy wartość znamionowego współczynnika szczytu, to mogą wystąpić zakłócenia w pracy zasilacza łącznie z jego wyłączeniem.

Uwaga! Moc zasilacza UPS podawana w kartach katalogowych dotyczy wyjścia. Moc wejściowa zasilacza nie jest równa mocy wyjściowej. Zasilacz pobiera z sieci moc większą niż oddaje zasilanym odbiornikom. Podczas projektowania układów zasilania UPS należy uwzględnić ten problem. Dobierając moc zasilacza UPS na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej P_z należy przyjmować 25% rezerwy w celu skompensowania chwilowego wzrostu mocy lub ewentualnych błędów jej oszacowania.

Ponieważ zasilacz UPS musi pokryć zapotrzebowanie mocy czynnej P_z oraz mocy biernej Q_z , w przypadku gdy UPS konwertuje energię przy współczynniku mocy $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{\text{nUPS}}$ zmniejsza się zdolność wykorzystania mocy czynnej UPS ze względu na możliwości przełączeniowe układu półprzewodnikowego falownika. Falownik zasilacza UPS zasilający odbiorniki ma ograniczenia wydajności mocy czynnej związanej z kształtowaniem przebiegu napięcia przy poborze prądu odbiorników zarówno o charakterze pojemnościowym, jak i indukcyjnym, czyli $\cos \varphi_{\text{nUPS}}$, zatem w przypadku wytwarzania energii elektrycznej przy

współczynnika $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nUPS}$ skutkuje zmniejszeniem jego wykorzystania. Względne obciążenie zasilacza UPS mocą czynną można określić współczynnikiem wykorzystania, który należy obliczyć ze wzoru:

$$p = \frac{\cos \varphi_z}{\cos \varphi_{nUPS}} \quad (5)$$

Wymagana minimalna moc czynna zasilacza UPS musi spełniać następującą nierówność:

$$P_{UPSmin} \geq \frac{P_z}{p} \quad (6)$$

Obliczony ze wzoru (5) współczynnik wykorzystania „p”, należy podstawić do wzoru (6). W przypadku gdy $p \geq 1$, do wzoru (6) należy wstawić wartość 1. Wartość współczynnika mocy $\cos \varphi_{nUPS}$ należy przyjąć zgodnie z DTR zasilacza UPS. W przypadku braku informacji w tym zakresie można przyjmować $\cos \varphi_{nUPS} = 0,8$ dla zasilaczy UPS o konstrukcji transformatorowej lub $\cos \varphi_{nUPS} = 0,9$ dla zasilaczy beztransformatorowych z falownikiem IGBT oraz $\cos \varphi_{nUPS} = 1$ dla falowników wielostopniowych. Moc pozorna zasilacza UPS musi spełniać następującą nierówność:

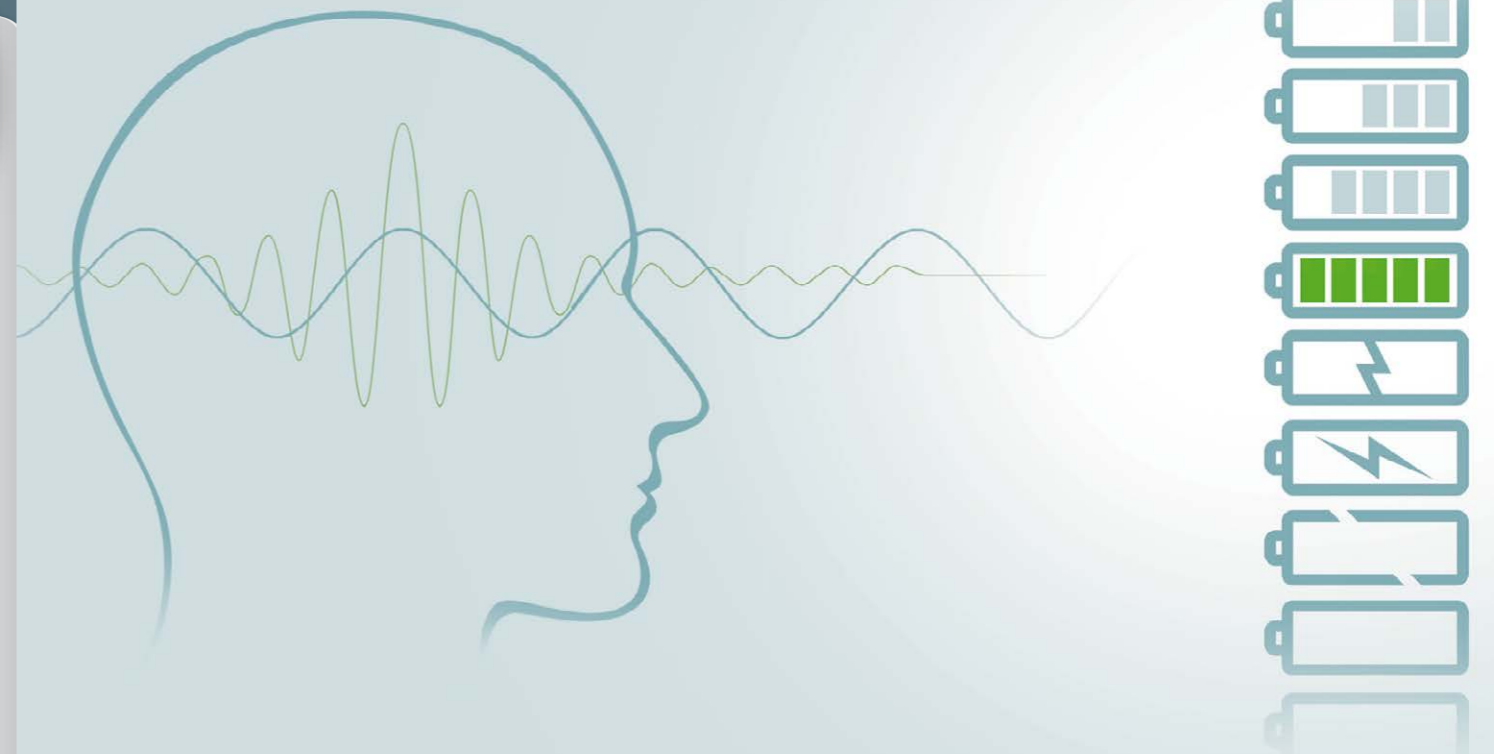
$$S_{nUPS} \geq \frac{P_{UPSmin}}{\cos \varphi_{nUPS}} \quad (7)$$

gdzie:

P_{UPSmin} – minimalna mocy czynna, jaką musi pokryć generator zespołu prądotwórczego, w [kW],

$\cos \varphi_{nUPS}$ – znamionowy współczynnik mocy zasilacza UPS, w [-] (wartość $\cos \varphi_{nUPS}$ należy przyjmować na podstawie DTR producenta UPS; w przypadku braku danych można przyjmować wartość 0,9.

Mała wartość współczynnika mocy $\cos \varphi_z$ powoduje przeciążenie falownika, a w konsekwencji może doprowadzić do jego wyłączenia lub przełączenia zasilacza UPS na wewnętrzny tor obejściowy. Jeżeli zasilacz UPS oddaje większą moc bierną niż znamionowa, ze względu na konieczność utrzymania napięcia znamionowego i nieprzeciążanie falownika należy zmniejszyć moc czynną obciążenia. Zatem przetwarzanie energii elektrycznej przez zasilacz UPS przy współczynniku $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nUPS}$ mocy skutkuje koniecznością zwiększenia jego mocy do wartości umożliwiającej pełne pokrycie mocy czynnej zapotrzebowanej P_z oraz mocy biernej zapotrzebowanej Q_z . Wprowadzenie układów kompensacji mocy biernej (szczególnie indukcyjnej) jest niewskazane ze względu na charakter pracy źródła zasilającego i w konsekwencji może doprowadzić do przedwczesnego zniszczenia kondensatorów. W przypadku gdy zasilacz służy do zasilania urządzeń z dużym



Zasilacz UPS na szynę nośną

QUINT4-UPS/1AC/1AC/1KVA to zasilacz UPS do napięć 230V AC do montażu na szynę nośną. Dzięki topologii On-Line (VFI-SS-111) zapewni bezprzerwowe zasilanie podłączonych odbiorników i dostarczy czystą sinusoidę zarówno podczas pracy przy zasilaniu sieciowym jak i akumulatorowym. Gwarantuje optymalne wykorzystanie czasu podtrzymania i prewencyjny monitoring działania włącznie z określeniem prognozowanej żywotności zasobników energii. Może być połączony równolegle w celu redundancji lub zwiększenie mocy.

Aby uzyskać więcej informacji, zadzwoń pod numer **71 39 80 410** lub wejdź na stronę phoenixcontact.pl



prądem rozruchowym, za podstawę doboru mocy należy przyjmować prądy rozruchowe tych urządzeń, które nie mogą przekraczać wartości prądu znamionowego zasilacza UPS z uwzględnieniem jego chwilowego przeciążenia określonego w DTR producenta. Nieco problemu w tym zakresie może nastęrczyć transformator elektromedyczny, którego prądy rozruchowe zgodnie katalogiem producenta mogą wynosić: $I_r = 12 \cdot I_n$, gdzie: I_n – prąd znamionowy transformatora.

W takim przypadku przyjęcie mocy zapotrzebowanej wyznaczonej z wykorzystaniem spodziewanej wartości prądu rozruchowego transformatora dla potrzeb doboru zasilacza UPS nie znajduje technicznego uzasadnienia. Przyjęcie tak dużych wartości prądów dla potrzeb doboru mocy zasilacza UPS skutkowałoby znaczącym przewymiarowaniem zasilacza, które jest nieuzasadnione technicznie i ekonomicznie. Zasadnym jest dobór zasilacza UPS do zasilania transformatora elektromedycznego dla wartości mocy znamionowej przy pracy w stanie ustalonym, ze względu na rozruch transformatora przez tor bypassu zasilacza UPS.

Jest to jednoznaczne z wyeliminowaniem akumulatorów z toru zasilania na czas rozruchu transformatora, który trwa bardzo krótko i jest realizowany w warunkach niezagrażających życiu pacjentów. Należy jednak mieć świadomość, że w takim przypadku również występują pewne ograniczenia wynikające z wartości dopuszczalnego prądu obciążenia toru bypassu oraz czasu trwania rozruchu. Dopuszczalne wartości prądów możliwe do pobrania przy pracy z baterii wybranych zasilaczy UPS przedstawiono w **tabeli 1**.

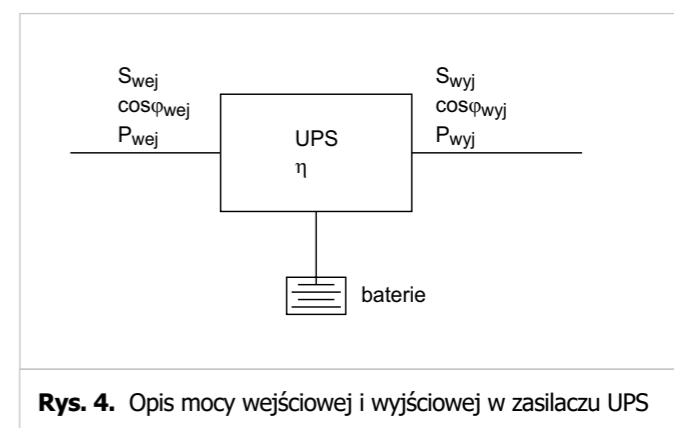
W przypadku gdy zasilacz UPS zasila odbiorniki nieliniowe, powstają zniekształcenia prądu pobieranego ze źródła. Zniekształcenia te powodują pojawianie się w sieci zasilającej oraz instalacji odbiorczej harmonicznym, interharmonicznym i subharmonicznym, które na ogół nie są w fazie z napięciem.

Zjawisko wyższych harmonicznym powoduje, że oprócz mocy czynnej i biernej pojawia się moc deformacji, co oznacza, że moc pozorna nie może być określona jako iloczyn prądu i napięcia podstawowej harmonicznym. Wartość mocy deformacji zależy od stopnia odkształcenia przebiegów napięcia i prądów, czyli od zawartości wyższych harmonicznym, a w układach wielofazowych również od stopnia asymetrii.

Model UPS	Masterys IP+					Masterys GP				Delphys GP
	15 kVA	20 kVA	30 kVA	40 kVA	60 kVA	20 kVA	40 kVA	80 kVA	120 kVA	160 kVA
Sn	15 kVA	20 kVA	30 kVA	40 kVA	60 kVA	20 kVA	40 kVA	80 kVA	120 kVA	160 kVA
Pn	14 kW	18 kW	27 kW	32 kW	48 kW	20 kW	40 kW	80 kW	120 kW	160 kW
We/Wy	3/1	3/1	3/1	3/1	3/1	3/3	3/3	3/3	3/3	3/3
0 ms – 40 ms	165 A	216 A	352 A	350 A	520 A	74 A	156 A	313 A	470 A	800 A
40 ms – 100 ms	140 A	183 A	293 A	350 A	520 A	62 A	126 A	250 A	420 A	800 A

Tab. 1. Zdolność zwarciova przykładowych zasilaczy UPS podczas pracy z baterii

W przypadku obciążeń asymetrycznym współczynnik mocy $\cos\phi$ nie jest jednakowy dla poszczególnym faz. W każdej fazie jego wartość może być różna i uzależniona od wartości mocy czynnej i biernej obciążającej fazę.



Rys. 4. Opis mocy wejściowej i wyjściowej w zasilaczu UPS

Oszacowanie wartości mocy deformacji powodowanej niesymetrycznym obciążeniem jest dość trudne, jednak współczesne zasilacze UPS beztransformatorowe z falownikiem wykonanym w technologii IGBT są odporne na niesymetrię obciążenia wyjściowego. Zależność mocy wejściowej oraz mocy wyjściowej przedstawia **rysunek 4**.

Osobnym problemem jest wymagany czas podtrzymania zasilania przy pracy bateryjnej. W tym przypadku jedynym wyznacznikiem są wymagania stawiane przez użytkownika. W praktyce przy zasilaniu zasilacza UPS przez zespół prądotwórczy można przyjmować czas podtrzymania na 15–20 minut, gdyż zespół prądotwórczy przejmie zasilanie w czasie do 30s po zaniku napięcia w sieci elektroenergetycznej (jeśli zespół prądotwórczy zasila urządzenia przeciwpożarowe oprócz ogólnego podtrzymania zasilania całego obiektu, wymagany czas przejścia zasilania zgodnie z normą PN-EN 12101-10:2017 [20] wynosi 15s). Z uwagi na to, że obiekty szpitalne wymagają zasilania awaryjnego realizowanego przez zespół prądotwórczy, można pominąć wymóg dotyczący czasu podtrzymania w przypadku braku zespołu prądotwórczego. W praktyce czas ten wynosi 180 minut:

$$P_{we} = \frac{P_{wy}}{\eta \cdot W} + \frac{0,25 \cdot P_{wy}}{W}$$

gdzie:

w – współczynnik wykorzystania określony wzorem (5), w [-],

P_z – moc czynna zapotrzebowana przez odbiorniki objęte systemem zasilania gwarantowanego, w [kW],

P_{Gmin} – wymagana minimalna moc czynna zasilacza UPS, w [kW],

$w \approx \left(\frac{100}{100 + THD_{i\%}} \right)^2$ – współczynnik odkształceń zasilacza UPS, w [-], w którym:

$THD_{i\%}$ – współczynnik odkształcenia prądu, w [-].

Dobór zabezpieczeń zasilacza UPS na jego wejściu jest uzależniony od wartości mocy zapotrzebowanej przez przyłączone do jego wyjścia odbiorniki. Przy zasilaniu odbiorników przez tor przekształtnika moc zapotrzebowana jest większa niż moc pobierana przy

zasilaniu przez tor bypassu zewnętrznego. Skutkuje to tym, że zabezpiecza się osobno tor przekształtnika oraz tor bypassu statycznego i tor bypassu zewnętrznego.

Tor przekształtnika oraz bypassu statycznego zabezpiecza się bezpiecznikami topikowymi lub wyłącznikami nadprądowymi instalacyjnymi o jednakowym prądzie znamionowym. Decydującym czynnikiem o doborze prądu znamionowego zabezpieczenia jest moc zapotrzebowana na wejściu zasilacza UPS przy pełnym obciążeniu. Natomiast prąd znamionowy zabezpieczeń toru bypassu zewnętrznego jest uzależniony od mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki.

Przykład 1

Należy dobrać zabezpieczenia dla zasilacza trójfazowego UPS MASTERY S BC 15 kVA, przeznaczonego do zasilania odbiorników o mocy zapotrzebowanej $P_z = 12 \text{ kW}$ przy współczynniku mocy $\cos \varphi = 0,9$. Współczynnik zniekształceń zasilacza UPS wynosi: $W = 0,9$, a sprawność $\eta = 0,95$.

$$P_{\text{wej UPS}} = \frac{P_z}{W \cdot \eta} + \frac{0,25 \cdot P_z}{W} = \frac{12000}{0,9 \cdot 0,95} + \frac{0,25 \cdot 12000}{0,9} = 21600 \text{ W}$$

$$I_{B \text{ UPS}} = \frac{P_{\text{wej UPS}}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{21600}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 34,7 \text{ A}$$

Należy przyjąć zabezpieczenie DO2gG35.

$$I_{\text{bypas zewn}} = \frac{P_z}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{12000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,9} = 19,3 \text{ A}$$

Należy przyjąć bezpiecznik Do2gG20.

Przykład 2

Należy dobrać zasilacz UPS do zasilania urządzeń elektrycznych poprzez transformator elektromedyczny ES710/8000 o następujących parametrach $U_{n1}/U_{n2} = 230 \text{ V}/230 \text{ V}$; $S_n = 8000 \text{ VA}$; prąd rozruchu $I_r = 12 \cdot I_n$.

$$I_B = \frac{S_n}{U_n} = \frac{8000}{230} = 34,8 \text{ A}$$

$$I_r = 12 \cdot I_B = 12 \cdot 34,8 = 417,6 \text{ A}$$

Czas trwania stanu nieustalonego transformatora jest krótki, przez co dobór mocy zasilacza UPS do mocy zapotrzebowanej przez rozruch transformatora jest bezcelowym działaniem.

Zgodnie z katalogiem transformatorów elektromedycznych, transformator ES710/8000 wymaga zabezpieczenia bezpiecznikiem typu gG przy prądzie znamionowym $I_n = 63 \text{ A}$. Oznacza to, że współczynnik $k = I_n/I_B = 63/34,7 \in (1,8-2)$. Zatem należy przyjąć obciążenie prądowe zasilacza UPS o wartości 63 A.

Przy takim założeniu wymagana moc wyjściowa zasilacza UPS powinna wynosić 10 kVA. Przy zabezpieczeniu transformatora bezpiecznikiem Do2gG63 w torze bypassu dobranym ze względu na rozruch transformatora, odporność zwarciowa zasilacza wynosi 4 kA. Prąd wyłączenia zabezpieczenia w czasie nie dłuższym od 0,4 s zgodnie z charakterystyką prądowo-czasową bezpiecznika wynosi $I_a = 655,2 \text{ A}$. Podczas zwarcia w transformatorze zasilacz UPS musi przejść na bypass, gdyż zgodnie z jego kartą katalogową praca z baterii dopuszcza jedynie pobór prądu o wartości 113 A. Prąd ten nie gwarantuje zadziałania zabezpieczeń w czasie nieprzekraczającym 5 s, gdyż zgodnie z charakterystyką prądowo-czasową bezpiecznika Do2gG63 prąd gwarantujący zadziałanie zabezpieczenia w czasie nie dłuższym od 5 s, wynosi $I_a = 333,9 \text{ A}$.

Po rozruchu transformatora prąd obciążenia spada i wynosi po stronie pierwotnej 36 A. Zatem moc zasilacza UPS przy pracy bateryjnej musi gwarantować wydatek prądowy wynoszący więcej niż 36 A. Moc wyjściowa zasilacza w takim przypadku musi wynosić nie mniej niż:

$$P_{\text{UPS wyj}} = I_{nT} \cdot U_{nf} = 36 \cdot 230 = 8280 \text{ VA} \Rightarrow 10000 \text{ VA}$$

Zabezpieczenie toru przekształtnika, przy założeniu współczynnika mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki przyłączone do transformatora elektromedycznego $\cos \varphi = 0,9$, czyli $P_z = 10000 \cdot 0,9 = 9000 \text{ W}$:

$$P_{\text{wej UPS}} = \frac{P_z}{W \cdot \eta} + \frac{0,25 \cdot P_z}{W} = \frac{9000}{0,9 \cdot 0,95} + \frac{0,25 \cdot 9000}{0,9} = 13026,4 \text{ W}$$

$$I_{B \text{ UPS}} = \frac{P_{\text{wej UPS}}}{U_{nf} \cdot \cos \varphi} = \frac{13026,4}{230 \cdot 0,9} = 62,93 \text{ A}$$

Do zabezpieczenia toru bypassu wewnętrznego należy przyjąć zabezpieczenie Do2gD63. Natomiast ochronę przeciwporażeniową w obwodach elektromedycznych należy projektować zgodnie z zasadami opisanymi w treści artykułu.

Uwaga! Zgodnie z normą IEC 60364-7-710:2012 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-710: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pomieszczenia medyczne*. Wymagany czas pracy zasilacza UPS wynosi:

- bez współpracy z zespołem prądowórczym – 3 godziny,
- przy współpracy z zespołem prądowórczym – 1 godzinę.

Norma ta dostępna jest w wersji angielskiej i nie została powołana w rozporządzeniu [1], przez co jej stosowanie jest dobrowolne na zasadach wiedzy technicznej.

ochrona przed porażeniem w obwodach zasilanych przez UPS

W newralgicznych pomieszczeniach elektromedycznych, takich jak blok operacyjny lub OIOM, ze względu na wymaganą wysoką niezawodność zasilania zabronione jest stosowanie wyłączników różnicowoprądowych. Zdolność zwarciovą wraz z dopuszczalnymi czasami trwania zwarcia dla wybranych zasilaczy UPS przedstawia **tabela 1**.

Analiza danych zawartych w **tabeli 1**. prowadzi do wniosku, że zasilacz UPS nie jest w stanie zagwarantować przepływu prądu o wartości umożliwiającej zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w czasie nie dłuższym od określonego w normie PN-HD 60364-4-41 [7].

Dla przykładu, zasilacz o mocy 60kVA gwarantuje prąd zwarciovą z baterii o wartości 520A przez czas nie dłuższy od 100ms, podczas gdy prąd zwarciovą gwarantujący nieprzekroczenie dopuszczalnego czasu trwania zwarcia, w jakim nastąpić powinno samoczynne wyłączenie, nie powinien przekraczać wartości 2400A. Stan ten nie gwarantuje zapewnienia skutecznej ochrony przed porażeniem realizowanej przez samoczynne wyłączenie. Ograniczenie prądu zwarciovą w zasilaczu UPS do wartości z przedziału $(2,5-3) \cdot I_n$ jest spowodowane koniecznością ochrony elementów aktywnych przekształtnika. W takim przypadku pomocne może być sterowanie wartością spodziewanego napięcia dotykowego U_{ST} , tak by jego wartość nie przekraczała wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L . Postępowanie takie jest zgodne z normą [7], a sposób realizacji tego zalecenia (przy uproszczonym założeniu: $Z_{PE} \approx R_{PE}$) wyjaśnia **rysunek 5**. Dokładna analiza **rysunku 5**. oraz zamieszczonych przy nim wzorów, prowadzi do oceny dwóch przypadków:

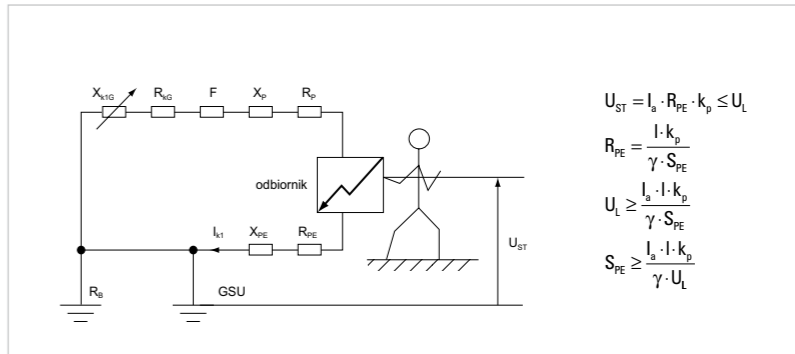
a) jeżeli $I_k < I_a$ – czy spodziewane napięcie dotykowe U_{ST} jakie powstanie na częściach przewodzących dostępnych chronionego urządzenia, w warunkach zakłóconych nie

przekroczy napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale U_L ?

b) jeżeli $I_k \geq I_a$ – czy nastąpi samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym od określonego w normie PN-HD 60364-4-41:2009 [7]?

Przyjęcie takiego sposobu rozwiązania ochrony przeciwporażeniowej gwarantuje jej zachowanie przy dowolnej wartości spodziewanego prądu zwarciovą I_k .

Uwaga! W przypadku zastosowania zasilacza UPS typu 3/3, gdzie każda faza na jego wyjściu tworzy osobny obwód jednofazowy, zwarcie w jednej z faz za UPS-em skutkowało będzie przełączeniem układu zasilania na bypass. W przypadku długotrwałego utrzymywania się takiego stanu, co będzie miało miejsce w przypadku $I_k < I_a$, tracimy bezpieczeństwo zasilania w fazach nieobjętych zwarcie. W celu wyeliminowania fazy objętej zwarcie i umożliwienia szybkiego powrotu do pracy przekształtnikowej zasilacza UPS, każda faza musi zostać dodatkowo zabezpieczona z wykorzystaniem układu automatyki umożliwiającej przerwanie zasilania w fazie objętej zwarcie w czasie jak najkrótszym od jego powstania, lecz nie dłuższym od 5 sekund. Układ automatyki zabezpieczeniowej należy wówczas projektować przed transformatorem elektromedycznym.



Rys. 5. Metodyka wyznaczania przekroju przewodu ochronnego S_{PE} łączącego chronione urządzenie z GSU, dla spełnienia warunku $U_{ST} \leq U_L$, gdzie: U_{ST} – spodziewana wartość napięcia dotykowego, **GSU** – główna szyna uziemiająca, S_{PE} – minimalny przekrój przewodu ochronnego, gwarantujący spełnienie warunku $U_{ST} \leq U_L$, k_p – współczynnik korekcyjny uwzględniający wpływ temperatury pożaru, którego sposób wyznaczenia określa norma [13], l – długość przewodu łączącego odbiornik z GSU, I_a – prąd wyłączający zabezpieczenie w czasie wymaganym przez normę, R_{PE} – rezystancja przewodu ochronnego, γ – konduktywność przewodu ochronnego łączącego chroniony odbiornik z GSU) [13]

zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych (część 2.)

akumulatory – magazyn energii zasilacza UPS

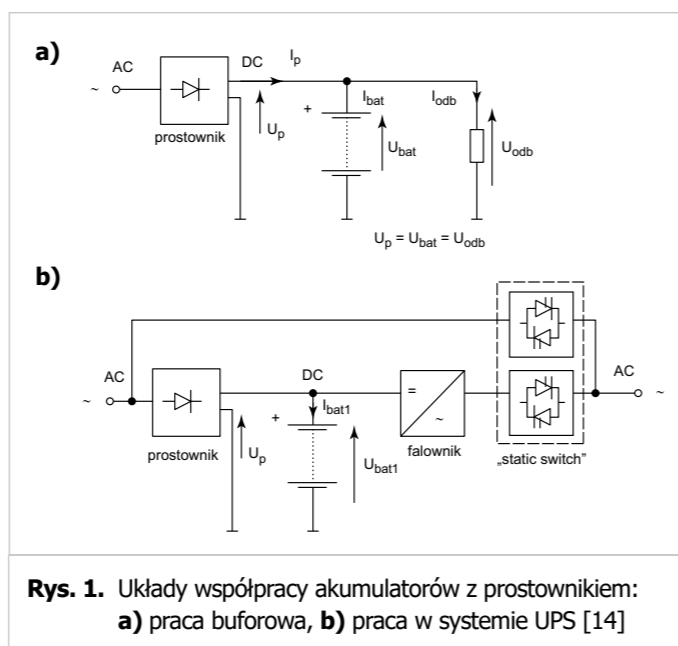
mgr inż. Julian Wiatr

Akumulatory stosowane w zasilaczach UPS stanowią magazyn energii i w zależności od typu zasilacza przeznaczone są do pracy cyklicznej (zasilacze typu VFD) lub do pracy buforowej (zasilacze typu VFI). W przypadku pracy cyklicznej akumulator najpierw jest ładowany, a następnie odłączany od prostownika i przyłączany do zasilanych odbiorników. W przypadku pracy buforowej zasilanie odbiornika realizowane jest z przekształtnika, który jednocześnie ładuje baterie akumulatorów.

W tych warunkach akumulator pozostaje w gotowości do przejęcia obciążenia na wypadek zaniku napięcia w obwodzie zasilającym prostownik, pozostając w stanie pełnego naładowania. Uproszczone układy współpracy baterii akumulatorów z prostownikiem przedstawia **rysunek 1**.

W zasilaczach UPS stosowane są akumulatory klasyczne o gęstości elektrolitu 1,24 kg/l lub akumulatory wykonane w technologii VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*), czyli akumulatory regulowane z zaworem jednokierunkowym umożliwiającym usuwanie nadmiaru wodoru, o gęstości elektrolitu (1,25–1,3) kg/l. Akumulatory VRLA produkowane są w dwóch technologiach:

- AGM, w której elektrolit jest umieszczony w separatorze między płytowym wykonanym z włókna szklanego o dużej porowatości, które eliminuje niebezpieczeństwo wycieku elektrolitu oraz zabezpiecza przez możliwością powstania zwarcia pomiędzy płytami dodatnią i ujemną,



Rys. 1. Układy współpracy akumulatorów z prostownikiem: **a)** praca buforowa, **b)** praca w systemie UPS [14]

Doświadczenia produkcyjne	VRLA – SLA	VRLA-AGM
Dostępność rynkowa	Duża	Duża
Bezpieczeństwo pracy w podwyższonych temperaturach	Wysokie	Niskie
Pojemność cieplna	Duża	Miała
Ilość elektrolitu	Większa	Mniejsza
Poziom rekombinacji gazów	Do 97%	Do 99 %
Korozyja płyt i wyprowadzeń	Niższa	Wyższa
Rezystancja wewnętrzna	Wyższa	Niższa
Rozwarstwienie elektrolitu	Nie	Tak
Głębokie rozładowanie	Tak	Dyskusyjne
Odporność na przeładowanie	Tak	Nie
Wymagania w zakresie wentylacji	Tak	Tak

Tab. 1. Zestawienie porównawcze wybranych cech akumulatorów VRLA odmiany AGM oraz SLA [10]

- SLA, w której elektrolit jest zestalony w postaci żelu, stanowiącego tiksotropową odmianę dwutlenku krzemu (SiO_2).

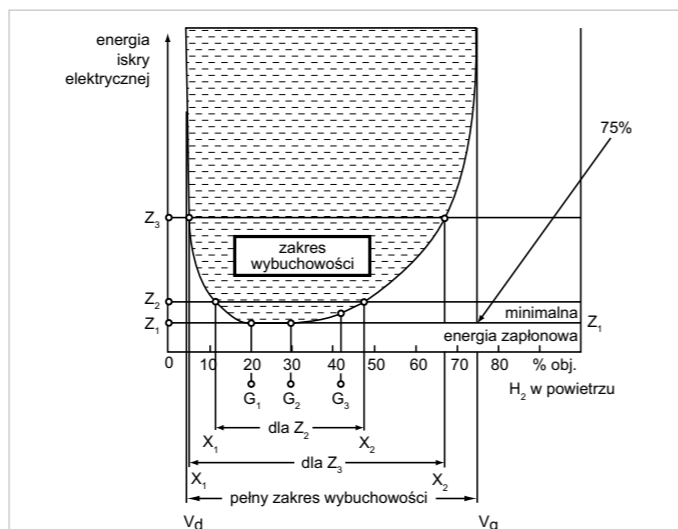
Porównanie wybranych cech akumulatorów VRLA odmiany AGM oraz żelowej (SLA) przedstawia **tabela 1**.

W akumulatorach klasycznych wodor oraz tlen stanowiące produkt elektrochemicznego rozkładu wody są usuwane na zewnątrz przez otwory technologiczne wykonane w korkach.

Natomiast w akumulatorach VRLA, które często błędnie nazywane są „szczelnymi” lub „hermetycznymi”, skutki reakcji elektrolitycznego rozkładu wody występują znacznie mniej intensywnie ze względu na wtórne reakcje powstających gazów prowadzące do znacznej ich redukcji przez ponowne powstanie wody i powrót do elektrolitu. Zagospodarowanie powstających gazów jest jednak niecałkowite i ich nadmiar jest usuwany na zewnątrz akumulatorów przez jednokierunkowe zawory. Wraz z upływem czasu eksploatacji wskutek zjawiska starzenia lub błędnego jej prowadzenia mogą pojawić się ilości gazów znacznie przekraczające ilości powstające w normalnych warunkach. Świadczy to o tym, że akumulatory te podobnie jak akumulatory klasyczne, stwarzają zagrożenie wskutek wprowadzania wodoru (H_2) do pomieszczenia baterijnego, który w mieszaninie z powietrzem przy stężeniu w zakresie (4–75)% staje się wybuchowy. Zakres wybuchowości wodoru został przedstawiony na **rysunku 2**.

Przy stężeniu stechiometrycznym, wynoszącym około 29 % wodoru (H_2) w powietrzu, do wybuchu wystarczy energia o wartości 0,019 mJ. W praktyce stosuje się wentylację mechaniczną, choć po spełnieniu określonych warunków dopuszcza się wentylację grawitacyjną. Sterowanie wentylacją mechaniczną przedziału baterijnego należy realizować z wykorzystaniem układów detekcji stężenia wodoru. Układy automatyki powinny mieć ustawione dwa progi wykrywania stężenia wodoru:

- 10% DGW, przekroczenie którego zostanie zasygnalizowane oraz zostanie uruchomiona wentylacja powodująca zwiększenie szybkości wymian powietrza o 100% w stosunku do warunków normalnych,
- 30% DGW, przekroczenie którego spowoduje oprócz dalszego działania sygnalizacji akustyczno-dźwiękowej oraz wentylacji, wyłączenie ładowania baterii akumulatorów do chwili ustania zagrożenia.



Rys. 2. Zależność energii zapłonowej od składu mieszanin wodoru z powietrzem, gdzie: Z_1 – minimalna energia zapłonu $E_{\min} = 0,019$ mJ, V_d – dolna granica wybuchowości (DGW), V_g – górna granica wybuchowości (GGW) [13]

Podstawowe wymagania w zakresie wentylacji przedziału bateryjnego wynikają bezpośrednio z normy PN-EN 62040-1:2009 *Systemy bezprzerwowego zasilania (UPS). Część 1: Wymagania ogólne i wymagania dotyczące bezpieczeństwa UPS. Aneks M (normatywny). Wentylacja przedziałów bateryjnych* [10]. Przybliżoną wartość przepływu zapotrzebowanego powietrza w ciągu godziny w $[m^3/h]$ można obliczyć ze wzoru (8) [10]:

$$Q_p = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_g \cdot C_B \quad (8)$$

gdzie:

v – wymagane rozcieńczenie wodoru $(100-4)/4 = 24$,

q – wytworzony wodór: $0,45 \cdot 10^{-3}$, w $[m^3/Ah]$,

s – współczynnik bezpieczeństwa,

I_g – prąd gazowania o wartości:

– 1 mA – dla baterii „zamkniętych” (z zaworem VRLA) przy zmiennym napięciu,

– 5 mA – dla baterii otwartych przy zmiennym napięciu,

– 8 mA – dla baterii „zamkniętych” (z zaworem VRLA) przy stałym napięciu ładowania,

– 20 mA – dla baterii otwartych przy stałym napięciu ładowania,

n – liczba ogniw baterii, w [-],

C_B – pojemność baterii, w [Ah].

Q_p – ilość wymaganego powietrza, w $[m^3/h]$.

Przyjmując współczynnik bezpieczeństwa $s = 5$, wzór na obliczenie Q_p może być uproszczony:

- dla akumulatorów klasycznych:

$$Q_p = 0,054 \cdot n \cdot I_g \cdot C_B \quad (9)$$

- dla akumulatorów VRLA:

$$Q_{VRLA} = 0,25 \cdot Q_p \quad (10)$$

Jeżeli w pomieszczeniu z akumulatorami wolna przestrzeń V spełnia następujący warunek:

$$V = V_p - V_u \begin{cases} \geq 2,5 \cdot Q_p \\ \geq 2,5 \cdot Q_{VRLA} \end{cases} \quad (11)$$

gdzie:

V_p – objętość pomieszczenia z akumulatorami, w $[m^3]$,

V_u – objętość, jaką zajmują akumulatory ze stojakami oraz inne wyposażenie pomieszczenia, w $[m^3]$,

to wystarczające jest zastosowanie wentylacji grawitacyjnej, z umieszczonymi po przeciwnych stronach pomieszczenia otworami: dolotowym i wylotowym. Każdy z tych otworów musi mieć powierzchnię nie mniejszą od określonej wzorem (12) [6]:

$$A_p = 28 \cdot Q_p \quad (12)$$

gdzie:

A_p – suma przekrojów otworów zewnętrznych i wewnętrznych, w $[cm^2]$.

W takim przypadku otwory wentylacyjne należy umieścić na przeciwległych ścianach. Jeżeli jest to niemożliwe i otwory wentylacyjne muszą zostać wykonane na tych samych ścianach, to odległość pomiędzy nimi nie może być mniejsza niż 2 m. Ten sam wymóg dotyczy instalowania wentylatorów wyciągowych, których odległość nie może być mniejsza niż 2 m. Podane wymagania mają charakter orientacyjny. Opracowanie projektu wentylacji pomieszczenia bateryjnego jest zagadnieniem wymagającym specjalistycznej wiedzy i powinno być opracowane przez uprawnionego projektanta branży sanitarnej. Rola projektanta elektryka ogranicza się do zaprojektowania układu sterowania i zasilania wentylatorów. Wentylacja pomieszczenia bateryjnego, spełniająca przedstawione wymagania, zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU nr 109/2010, poz. 719) (zgodnie z rozporządzeniem [5] za pomieszczenie zagrożone wybuchem przyjmuje się pomieszczenie, w którym spodziewany przyrost ciśnienia uzyskuje wartość $\Delta P \geq 5$ kPa) [5].

W pomieszczeniach bateryjnych ważna jest również klimatyzacja z uwagi na znaczne ilości ciepła wydzielanego przez ładowane lub rozładowywane akumulatory. Wzrost lub zmniejszenie temperatury pomieszczenia od wartości 20°C skutkuje odpowiednio zwiększeniem lub zmniejszeniem pojemności baterii. Dla celów praktycznych ilość ciepła wydzielanego podczas rozładowywania akumulatorów można oszacować ze wzoru (13) [10]:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot n \quad (13)$$

gdzie:

I – przewidywany maksymalny prąd rozładowania, w [A],

n – liczba gałęzi równoległych pracujących w czasie rozładowania, w [-],

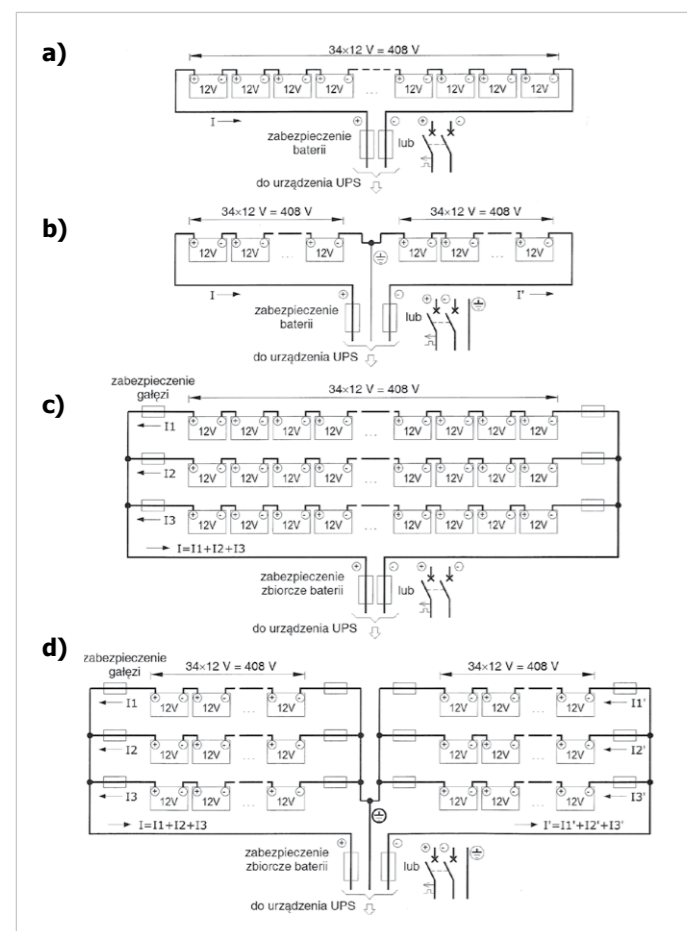
Q – ilość ciepła wydzielanego w czasie t, w [J],

R – rezystancja jednej gałęzi szeregowej akumulatorów (rezystancję dla pojedynczego ogniwa podają producenci baterii w swoich katalogach), w [Ω],

t – przewidywany czas rozładowania, w [s].

Akumulatory stosowane w zasilaczach UPS mają napięcie znamionowe 12V (rzadziej stosuje się akumulatory o napięciu 6V). Są one zbudowane z pojedynczych cel o napięciu znamionowym 2V. W razie potrzeby akumulatory te łączy się równolegle w celu zwiększenia ich pojemności lub szeregowo w celu zwiększenia napięcia. Przykładowe warianty układu baterii akumulatorów przedstawia **rysunek 3**.

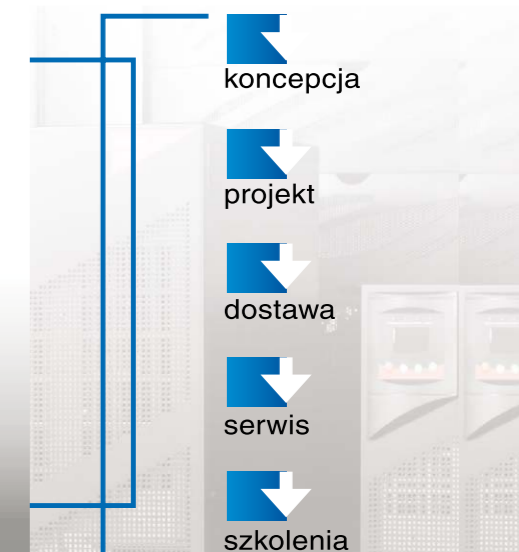
Baterie akumulatorów powinny być budowane z ogniw tego samego typu, pochodzących z tej samej serii produkcyjnej ze względu na rezystancję wewnętrzną, która decyduje o równomierności rozptyłu prądów w poszczególnych gałęziach. Zaleca się instalowanie zabezpieczenia zwarceniowego w każdym biegunie każdej gałęzi, możliwie blisko akumulatorów. Ponadto należy instalować zabezpieczenia centralne



Rys. 3. Przykładowe warianty łączenia baterii akumulatorów oraz ich zabezpieczeń: **a)** jedna gałąź szeregowo; **b)** jedna gałąź dwuczściowa z punktem środkowym, **c)** trzy gałęzie równoległe, **d)** trzy gałęzie równoległe 2-częściowe z punktem środkowym [15]

ZAPEWNIAMY GWARANTOWANE ZASILANIE:

- systemom teleinformatycznym
- systemom automatyki
- obiektom i instalacjom



Zasilacze UPS **COVER**® 1 – 4800 kVA

Agregaty prądotwórcze LHE 28 – 2000 kVA

Punkty serwisowe dla UPS **COVER**®



ul. Galaktyczna 37
80-299 Gdańsk
tel. 58 556 13 13
e-mail: info@comex.com.pl
www.comex.com.pl

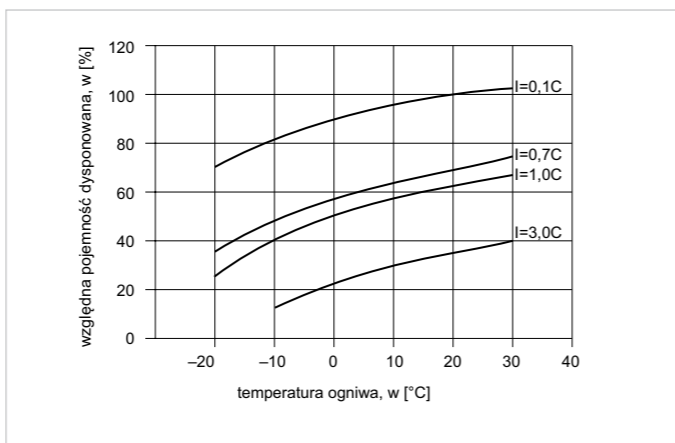


SERWIS TECHNICZNY
przez 24 godziny na dobę,
7 dni w tygodniu,
365 dni w roku

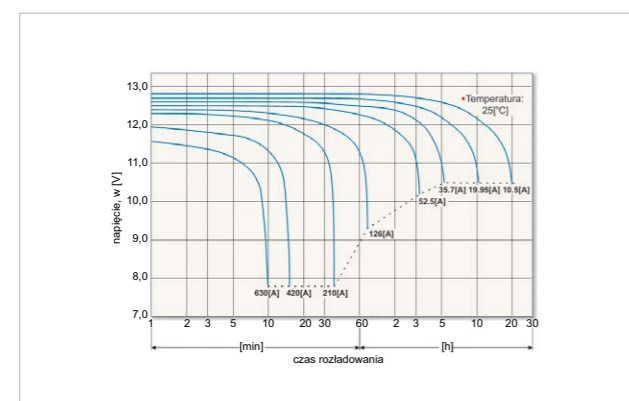
w każdym biegunie, zgodnie z zasadami przedstawionymi na **rysunku 3**. Dobór zabezpieczeń należy wykonać na podstawie spodziewanego prądu obciążenia znamionowego oraz spodziewanych prądów zwarciovych. Ponieważ rezystancja wewnętrzna akumulatorów stosowanych w zasilaczach UPS jest uzależniona od typu akumulatora i wynosi (0,5–3)mΩ/100Ah, zwarcie skutkowało będzie przepływem prądów o dużej wartości, co należy uwzględnić przy doborze zabezpieczeń oraz doborze przewodowania. Szczegółowe wymagania w zakresie metodyki pomiarów oraz obliczania rezystancji wewnętrznej akumulatorów można znaleźć w normie PN-EN 60896-21:2007 *Akumulatory ołowiowe. Część 21: Typy z zaworami. Metody badań* [16].

Zgodnie z zaleceniami EURO-BAT (zrzeszenie europejskich producentów akumulatorów) dotyczącymi akumulatorów VRLA, liczba równolegle połączonych gałęzi akumulatorów, ze względu na prądy gałęziowe, nie może przekraczać czterech gałęzi. Pojemność akumulatora podawana jest w Ah lub przez prąd rozładowania w czasie 20 godzin w temperaturze 20°C, do osiągnięcia napięcia końcowego pojedynczej celi $U_k = 1,7V$ (oznaczenie C20). Oznacza to, że akumulator o pojemności np. $Q = 100Ah$ będzie rozładowywany prądem o wartości $I = \frac{Q}{20} = \frac{100}{20} = 5A$ przez 20 godzin.

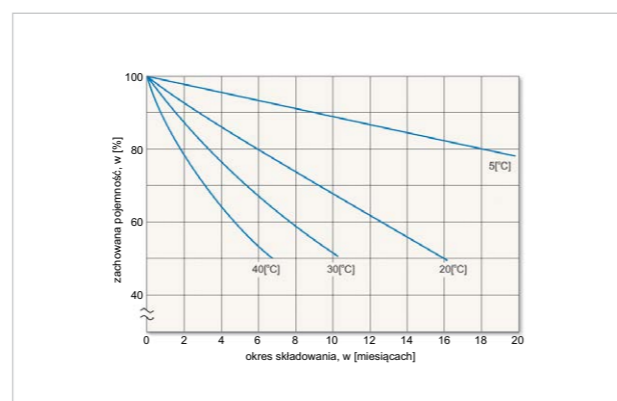
Dla ułatwienia posługiwania się tymi wartościami wprowadzono jednostkę krotności pojemności znamionowej C, która wyraża prąd jednogodzinnego rozładowania określony



Rys. 4. Wpływ temperatury i prądu rozładowania na pojemność akumulatora [15]



Rys. 5. Przykładowe krzywe rozładowania akumulatora w temperaturze 25°C przy różnych wartościach prądów rozładowania [18]



Rys. 6. Przykładowe charakterystyki samorozładowania akumulatorów SLA w funkcji czasu, dla różnych temperatur składowania [18]

jako 1C. Oznacza to, że akumulator o pojemności np. $Q = 100Ah$ rozładowywany będzie przez jedną godzinę prądem o wartości 100A (jest to wartość teoretyczna; zgodnie z charakterystyką rozładowania przedstawioną na **rysunku 5.**, w temperaturze 20°C do osiągnięcia napięcia odcięcia czas ten wynosi 30 minut. Wynika to bezpośrednio z **rysunku 4.**, gdzie w temperaturze 20°C przy prądzie rozładowania 1C, sprawny akumulator dysponuje około 60% pojemności znamionowej), ale prąd rozładowania oznaczony jako 0,1C oznacza wartość prądu 10A i czas rozładowania akumulatora wynoszący 10 godzin.

Cechą charakterystyczną akumulatorów jest to, że im prąd rozładowania większy, tym pojemność dysponowana mniejsza, podobnie im temperatura niższa, tym pojemność dysponowana mniejsza. Wpływ temperatury i prądu rozładowania na pojemność akumulatora przedstawia **rysunek 4**.

Analizując **rysunek 4.** (część 1. artykułu w „elektro.info” 6/2018) należy zauważyć, że dla prądu rozładowania wynoszącego 0,1C czas rozładowania 10-godzinnego w temperaturze $-10^{\circ}C$ zostanie skrócony do około 80%. Czyli dysponowana pojemność akumulatora wyniesie 80% jego znamionowej pojemności. Natomiast przy prądzie rozładowania wynoszącym 1C w temperaturze 20°C pojemność akumulatora wyniesie około 60% jego pojemności znamionowej, przez co czas rozładowania do uzyskania napięcia odcięcia U_k , wyniesie około 36 minut (rysunek 5., część 1. artykułu w „elektro.info” 6/2018). Przy doborze akumulatora należy pamiętać, że przy pracy w temperaturze niższej od określonej przez producenta pojemność akumulatora będzie niższa od pojemności znamionowej, co spowoduje skrócenie czasu pracy przy zasilaniu urządzeń.

Jeżeli wymagana jest praca akumulatora w niskich temperaturach, należy dobrać akumulator o większej pojemności znamionowej. Podczas eksploatacji akumulatorów bardzo istotne znaczenie ma niedopuszczenie do rozładowania poniżej napięcia końcowego U_k , zwanego powszechnie „napięciem odcięcia”, tj. wartości, przy której po rozładowaniu akumulator zachowuje znamionową pojemność oraz znamionową żywotność.

Napięcie to zależy od wartości prądu rozładowania i nie jest wartością stałą w odniesieniu do pojedynczego akumulatora. Przykładowe krzywe rozładowania akumulatora o pojemności 210Ah w temperaturze 25°C przy różnych wartościach prądu rozładowania przedstawia **rysunek 5.** (część 1. artykułu w „elektro.info” 6/2018).

Jeżeli akumulator zostanie rozładowany do napięcia o wartości poniżej krzywej odcięcia, to jego pojemność zmniejszy się oraz zmniejszy się jego żywotność. Napięcie odcięcia dla określonych prądów rozładowania podają producenci akumulatorów. Rozładowanie akumulatora poniżej wartości napięcia odcięcia grozi jego trwałym uszkodzeniem. Każdy akumulator, którego pojemność spadła do wartości 80% jego pojemności znamionowej, należy wycofać z eksploatacji. Akumulatory SLA naładowane do pojemności znamionowej,

przechowywane w temperaturze 20°C tracą średnio 3% pojemności w ciągu miesiąca [3]. Przechowywanie akumulatorów w stanie nienaładowanym może prowadzić do zmiany polaryzacji, co skutkowało będzie tym, że staną się one izolatorami. Czas przechowywania naładowanych akumulatorów jest uzależniony od temperatury i wynosi:

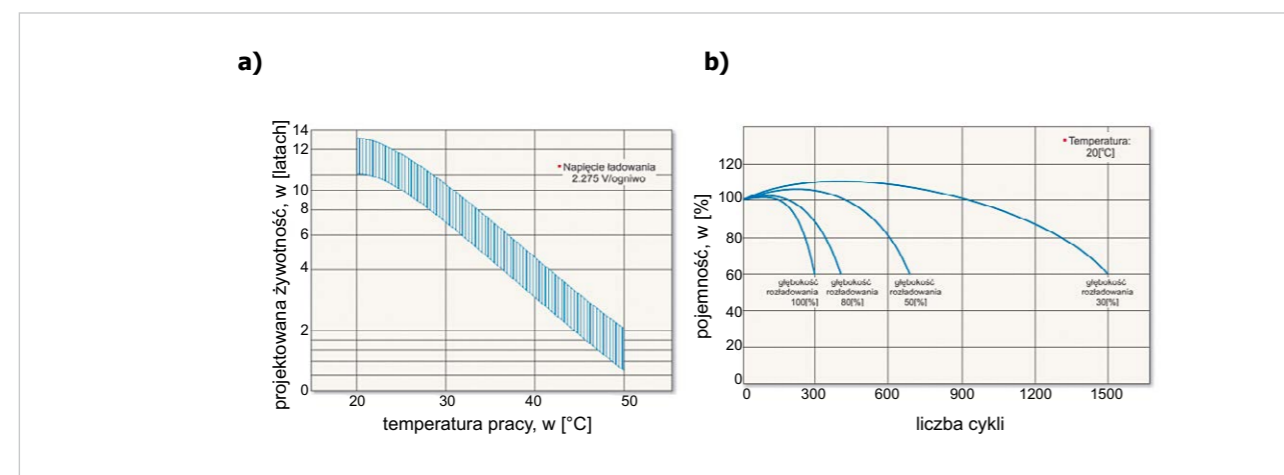
- 12 miesięcy w temperaturze (0–20)°C,
- 9 miesięcy w temperaturze (21–30)°C,
- 5 miesięcy w temperaturze (31–40)°C,
- 2,5 miesiąca w temperaturze (41–50)°C.

Graniczną temperaturą pracy lub przechowywania akumulatorów jest temperatura +55°C. Należy jednak pamiętać, że w warunkach eksploatacji temperatura +55°C jest dopuszczona przejściowo.

Ciągłe jej utrzymywanie powoduje skrócenie projektowanego okresu żywotności baterii do około 15% okresu projektowanego czasu eksploatacji. Charakterystyki samorozładowania akumulatorów w funkcji czasu dla różnych temperatur składowania przedstawia **rysunek 6**.

Każde podwyższenie temperatury pracy akumulatora o (8–10)°C ponad temperaturę optymalną powoduje skrócenie czasu eksploatacji o połowę. Podobnie na długość eksploatacji akumulatorów ma wpływ głębokość rozładowania lub liczba cykli ładowania i rozładowania. Przykładowe charakterystyki żywotności akumulatorów przy pracy buforowej lub pracy cyklicznej przedstawia **rysunek 7**.

Producenci akumulatorów w kartach katalogowych podają charakterystyki stałoprądowego oraz stałomocowego rozładowania. Charakterystyki te są podobne i podawane w postaci tabel, których przykłady dla akumulatora o pojemności 210Ah przedstawiają **tabele 2. i 3.**



Rys. 7. Przykładowe charakterystyki żywotności akumulatora: **a)** przy pracy buforowej, **b)** przy pracy cyklicznej [18]

U_k [V/ogn.]	5 [min]	10 [min]	15 [min]	30 [min]	50 [min]	1 [h]	2 [h]	4 [h]	6 [h]	8 [h]	10 [h]
1,80	506,0	414,0	340,0	226,0	146,0	128,0	70,0	41,10	30,30	23,69	19,65
1,75	596,0	448,0	356,0	234,0	151,0	132,0	71,80	41,80	30,80	24,04	19,95
1,70	633,0	465,0	367,0	240,0	154,0	135,0	72,80	42,10	31,00	24,17	20,05
1,65	662,0	476,0	375,0	243,0	156,0	136,0	73,40	42,30	31,10	24,23	20,10
1,60	684,0	485,0	383,0	246,0	157,0	138,0	74,00	42,50	31,10	24,26	20,10
1,50	711,0	495,0	390,0	248,0	159,0	139,0	74,60	42,70	31,20	24,26	20,11

Tab. 2. Przykład stałoprądowej charakterystyki rozładowania akumulatora o pojemności 210 Ah w temperaturze 25°C, prąd w [A] [18]

U_k [V/ogn.]	5 [min]	10 [min]	15 [min]	30 [min]	50 [min]	1 [h]	2 [h]	4 [h]	6 [h]	8 [h]	10 [h]
1,80	935,3	783,7	651,7	444,0	289,3	254,8	140,0	82,2	60,7	47,4	39,3
1,75	1082,5	848,8	681,8	461,0	262,3	262,3	143,7	83,7	61,7	48,1	39,9
1,70	1150,0	879,5	702,8	471,5	267,2	267,2	145,5	84,2	62,0	48,3	40,1
1,65	1201,8	900,5	719,0	478,0	270,3	270,3	146,8	84,7	62,2	48,5	40,2
1,60	1241,7	918,7	733,3	483,0	273,0	273,0	148,0	85,0	62,3	48,5	40,2
1,50	1291,3	936,8	748,2	487,8	275,7	275,7	149,2	85,3	62,3	48,5	40,2

Tab. 3. Przykładowa charakterystyka stałomocowego rozładowania akumulatora o pojemności 210Ah, w temperaturze 25°C, moc w [W/ogniwo] [18]

Baterie akumulatorów stosowanych w zasilaczach UPS powinny być dobierane do mocy znamionowej zasilacza. Za podstawę doboru należy przyjąć wymaganą moc czynną/ogniwo, którą należy wyznaczyć ze wzoru:

$$V = V_p - V_u \begin{cases} \geq 2,5 \cdot Q_p \\ \geq 2,5 \cdot Q_{VRLA} \end{cases} \quad (14)$$

gdzie:

P_{ogn} – wymaga moc czynna pojedynczego ogniwa przy stałomocowym rozładowaniu akumulatora do określonego napięcia odcięcia U_k , w [W/ogniwo],

S – znamionowa moc pozorna zasilacza UPS, w [VA],

$\cos \varphi_z$ – współczynnik mocy, przy którym pracuje zasilacz UPS (współczynnik mocy zasilanych odbiorników, w [-],

η – sprawność zasilacza UPS, w [-],

n – liczba ogniów w akumulatorze (przy napięciu akumulatora 12V – 6 ogniów; przy napięciu akumulatora 6V – 3 ogniwa),

$U_{n\text{ UPS}}$ – napięcie znamionowe zasilacza UPS, w [V],

$U_{n\text{ akum.}}$ – napięcie znamionowe akumulatora, w [V],

$k_x = \frac{U_{n\text{ UPS}}}{U_{n\text{ akum.}}}$ – wymagana liczba akumulatorów w pojedynczej gałęzi szeregowej, w [-].

Kolejnym ważnym parametrem akumulatora jest rezystancja, która ma wpływ na wydatki prądowe. Natomiast one narzucają wymagania w zakresie odporności zwarciowej doboranych aparatów elektrycznych. Ma ona szczególne znaczenie dla krótkich czasów rozładowań. Dla czasów rozładowań wynoszących co najmniej 3 godziny rezystancja wewnętrzna akumulatora nie ma istotnego wpływu na wydatki prądowe akumulatora.

Wartość rezystancji wewnętrznej akumulatora jest bardzo mała i wynosi:

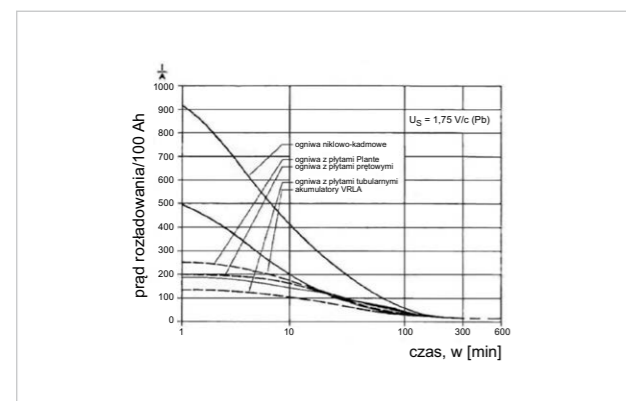
- (1–3) mΩ/100 Ah dla akumulatorów klasycznych,
- (0,5–3) mΩ/100 Ah dla akumulatorów VRLA.

Wpływ rezystancji wewnętrznej akumulatorów różnych typów na wydatek prądowy funkcji czasu rozładowania $I = f(t)$. Przedstawia **rysunek 8**.

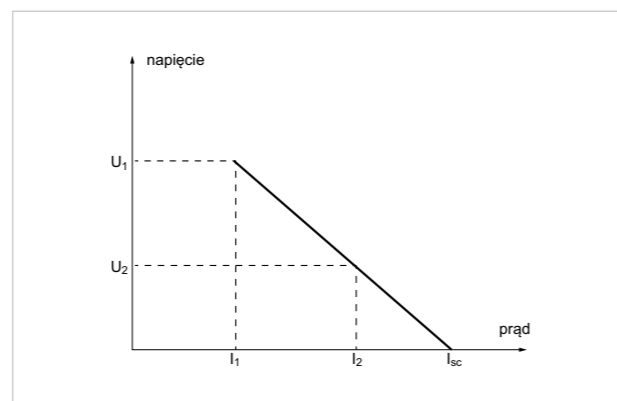
Producenci podają rezystancję wewnętrzną dla akumulatorów nowych. Jest ona obliczana na podstawie pomiarów w dwóch punktach zgodnie z **rysunkiem 4**.

Pierwszy pomiar prądu i napięcia wykonuje się po czasie (20–25) [s] od momentu załączenia akumulatora na rozładowanie prądem o wartości (4–6)·0,1C. Drugi pomiar prądu i napięcia wykonuje się przy rozładowaniu akumulatora wykonywanym po pierwszej próbie z opóźnieniem trwającej (2–5) minut, prądem o wartości (20–40)·0,1C (gdzie 1C – prąd rozładowania jednogodzinnego:

$$I_1 = \frac{Q[\text{Ah}]}{T = 1\text{h}} = 1\text{C};$$



Rys. 8. Wpływ rezystancji wewnętrznej akumulatorów różnych typów na wydatek prądowy funkcji czasu rozładowania – $I = f(t)$ [11]



Rys. 9. Algorytm obliczania rezystancji wewnętrznej akumulatora [11]

0,1C – prąd rozładowania 10-godzinnego:

$$I_{10} = \frac{Q[\text{Ah}]}{T = 10\text{h}} = 0,1\text{C}$$

Rezystancję akumulatora zgodnie z wymaganiami normy [17] wyznacza się ze wzoru (17) [11], do którego ilustrację graficzną przedstawia **rysunek 9**.

$$R_w = \frac{U_1 - U_2}{I_1 - I_2}$$

przykład

Dobrać akumulatory oraz ich zabezpieczenia do zasilacza UPS zasilanego trójfazowo i o wyjściu trójfazowym (3/3), Masters GP 4.0 60kVA/kW, zasilającego odbiorniki przy współczynniku mocy $\cos \varphi_z = 0,8$ oraz sprawności zasilacza $\eta = 0,96$. Napięcie odcięcia $U_k = 1,7\text{V}$ /ogniwo. Wymagany czas pracy zasilanych odbiorników wynosi 30 minut. Temperatura pomieszczenia 25°C.

Założono dobór baterii 12 V w oparciu o serię Sprinter P/XP firmy Exide, których charakterystykę rozładowania stałomocowego do napięcia 1,7V na pojedynczą celę przy temperaturze 25°C przedstawia **tabela 4**. Baterie są instalowane jako jedna gałąź dwuczęściowa z wyprowadzonym środkiem (**rys. 3b**).

Rozwiązanie:

Wymagana moc na wyjściu zasilacza UPS:

$$P_{\text{wym}} = \frac{S \cdot \cos \varphi}{\eta} = \frac{60000 \cdot 0,8}{0,96} = 50000 \text{ W}$$

Typ akumulatora	3 min	5 min	10 min	15 min	20 min	30 min	45 min	60 min	R_w [mΩ]
XP6V1700	3347	2876	2092	1628	1331	977	699	552	1,80
XP6V2800	3310	3310	2560	2210	1809	1350	999	805	1,60
XP12V600	1348	1101	672	579	469	343	251	205	15,4
XP12V875	1948	1605	1109	843	694	525	398	327	10,6
XP12V1800	2680	2680	1760	1330	1110	855	622	488	8,10
XP12V2500	3350	3350	2330	1820	1476	1088	739	641	6,20
XP12V3000	3780	3780	2790	2310	1897	1420	1020	818	5,20
XP12V3400	5060	4276	3146	2515	2100	1590	1180	945	4,50

Tab. 4. Tabela rozładowań stałomocowych akumulatorów serii Sprinter P/XP firmy Exide oraz ich rezystancji wewnętrznych stosowanych przez firmę Socomec, w [W/baterie]

Obliczenia dla XP12V1800

Liczba wymaganych baterii:

$$k_x = \frac{P_{wym}}{P_{bat\ 30\ min}} = \frac{5000\ W}{855\ W} = 58,48 \approx 63$$

Obliczenia dla XP12V3000

Liczba wymaganych baterii:

$$k_x = \frac{P_{wym}}{P_{bat\ 30\ min}} = \frac{50000\ W}{1420\ W} = 35,22 \approx 36$$

Obliczenia dla XP12V3400

Liczba wymaganych baterii:

$$k_x = \frac{P_{wym}}{P_{bat\ 30\ min}} = \frac{50000\ W}{1590\ W} = 31,45 \approx 32$$

Ze względu na konstrukcję zasilacza UPS Mastersys GP 4.0, muszą być stosowane gałęzie akumulatorów dwuczęściowe (**rys. 3b**), a wymagana liczba baterii w każdej części gałęzi powinna wynosić $n = (18-20)$, co daje napięcie wyjściowe równe $U = (216-240)$ Vdc. Ze względów eksploatacyjnych należy przyjąć następującą liczbę akumulatorów w każdej części gałęzi:

$$n = 18, \text{ gdzie } n \geq \frac{k_x}{n_g} = \frac{36}{2} = 18$$

Zatem napięcie części łańcucha baterii przy $n = 18$ baterii wyniesie:

$$U_{lan.bat} = n \cdot 12\ Vdc = 18 \cdot 12\ Vdc = 216\ Vdc$$

Spodziewany prąd obciążenia gałęzi:

$$I_B = \frac{P_{wym}}{U_{lan.bat}} = \frac{50000\ W}{216\ Vdc} = 231,48\ A$$

Rezystancja wewnętrzna akumulatora XP12V3000 wynosi: $R_w = 5,2\ m\Omega$.

Spodziewane prądy zwarciove:

$$I_k = 2 \cdot \frac{U_{lan.bat}}{k_x \cdot R_w} = 2 \cdot \frac{216\ Vdc}{18 \cdot 5,2 \cdot 10^{-3}\ \Omega} \approx 4615,38\ A$$

Do zabezpieczenia poszczególnych gałęzi należy przyjąć bezpieczniki topikowe 2x aR250 o odporności zwarciovej $I_{cs} = 50\ kA$ (wkładki typu aR są zalecane przez producenta ze względu na ochronę elementów półprzewodnikowych zasilacza UPS od strony napięcia DC).

Uwaga! W analogiczny sposób dobiera się zasilacz UPS 3x230/400V//3x230x400 V.

literatura do artykułu na **elektro.info.pl**

Założ konto i dołącz do użytkowników elektro.info.pl



UPS ze zintegrowanym zasilaczem i interfejsem USB

Phoenix Contact Sp. z o.o.

Bezpieczne zasilanie krytycznych odbiorników prądu stałego, zwiększenie dostępności systemu, ograniczone miejsce w szafie i trudne warunki otoczenia stawiają projektantów systemów przed wieloma wyzwaniami.

Modele zasilaczy DC z serii **Trio Power** firmy Phoenix Contact oferują interesujące rozwiązanie: zasilacz, moduł przełączający i ładowarka są połączone w jednym urządzeniu.

Zasilacz UPS jest stosowany wszędzie tam, gdzie mogą wystąpić wahania napięcia lub awarie zasilania. Ma to na celu zapobieganie awariom systemów produkcyjnych spowodowanym krótkotrwałymi przerwami w zasilaniu. W przypadku przedłużającej się awarii zasilacz UPS powinien umożliwić urządzeniom/systemowi sterowania na wprowadzone bezpiecznego stan systemu. Należy unikać niekontrolowanych awarii systemów sterowania, takich jak komputery przemysłowe, aby zapobiec utracie danych i innym uszkodzeniom.



Rys. 1. TRIO UPS z wbudowanym zasilaczem

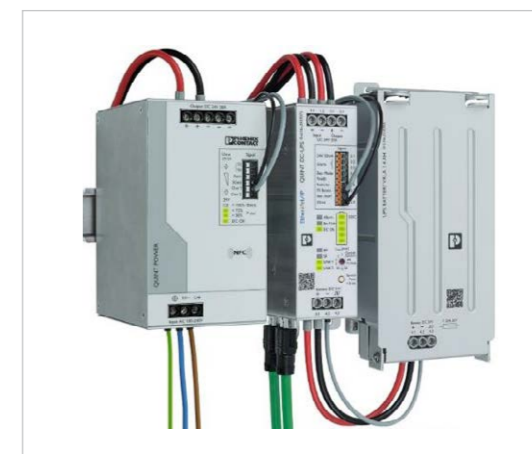
struktura systemu UPS

System UPS dla odbiorników prądu stałego składa się zwykle z co najmniej trzech elementów.

Po pierwsze, istniejące napięcie sieciowe jest przekształcane na napięcie 24 VDC przez zasilacz. To napięcie musi być teraz buforowane. W tym celu stosuje się dedykowany zasilacz DC, który łączy dwie funkcje: po pierwsze, działa jak przełącznik, który łączy się z zasilaniem zapewnianym przez podłączone urządzenie magazynujące energię w przypadku awarii sieci; po drugie, UPS zawiera kontroler ładowania, który ładuje podłączone urządzenie magazynujące energię podczas pracy z sieci. Trzeci element to urządzenie magazynujące energię.

wymagana jest przestrzeń i nakłady na przewody

Ta sprawdzona, modułowa struktura ma zarówno zalety, jak i wady. Największą wadą jest duża ilość miejsca wymaganego na szynie DIN. Na przykład nowoczesny zasilacz 24 VDC 5 A ma całkowitą szerokość od około 35 do 50 mm. Następnie należy uwzględnić zasilacz DC dla tej samej klasy wydajności, która ma prawie identyczną szerokość. Powoduje to maksymalną szerokość całkowitą prawie 100 mm. Następnie mamy urządzenie do przechowywania energii, które zwykle zajmuje najwięcej miejsca. Na przykład, aby buforować 5 A przez około 20 minut, wymagane jest urządzenie magazynujące energię o nominalnej pojemności 3,4 Ah dla 24 VDC co oznacza całkowitą szerokość około 85 mm.



Rys. 2. QUINT4 UPS z EtherNet/IP

Innym aspektem, który projektanci powinni wziąć pod uwagę, jest wybór odpowiedniego zestawu zasilacza i UPS-a. W powyższym przykładzie wybrano zasilacz 5 A i UPS 5 A. Ale co to właściwie oznacza? Zarówno UPS, jak i zasilacz mogą zapewnić maksymalny prąd wyjściowy 5 A. Czy to oznacza, że obciążenie 5 A może być podłączone i niezawodnie zasilane zarówno w trybie sieciowym, jak i bateryjnym? Krótka odpowiedź dotycząca zasilania sieciowego brzmi „nie”.

Należy pamiętać o prądzie ładowania. UPS potrzebuje tego prądu oprócz prądu obciążenia w celu doładowania urządzenia magazynującego energię. Zakładając dodatkowy prąd ładowania 1,5 A, należy wybrać odpowiednio większy zasilacz. Z pewną rezerwą, np. aby zrekompensować straty w systemie, wymagałoby to zasilacza na poziomie 7 A. Jednak kolejnym najczęściej stosowanym rozmiarem jest zwykle model 10 A. Oznacza to, że wybrano zasilacz, który jest dwa razy mocniejszy aby zapewnić prąd obciążenia wynoszący zaledwie 5 A. Powoduje to wyższe koszty początkowe i zajmuje jeszcze więcej miejsca.

Jednak struktura modułowa ma zalety. Dzięki tej opcji łatwo jest odróżnić obciążenia krytyczne od niekrytycznych. Obciążenia krytyczne muszą nadal pracować po awarii zasilania głównego, na przykład sterownik. Natomiast obciążenia niekrytyczne nie muszą być podtrzymywane w przypadku awarii sieci. Dlatego niekrytyczne odbiory są podłączone bezpośrednio do wyjścia zasilacza, podczas gdy najważniejsze odbiory są podłączane najpierw do wyjścia UPS.

praktyczny przykład dla kontrolera windy

W wielu zastosowaniach należy dostarczyć kompletną strukturę/rozwiązanie, na przykład szafę sterowniczą. To właśnie wtedy problem ograniczonej przestrzeni staje się naprawdę widoczny. Jednym z przykładów użycia zasilacza UPS jest dostawa kontrolera windy. Tutaj, w przypadku awarii sieci, operator lub nawet służby ratownicze muszą o niej zostać powiadomione za pomocą zdalnej sygnalizacji. Najważniejsze odbiorniki potrzebują

zasilanie maksymalnie na poziomie 4 A, a wymagany czas buforowania przekracza 5 minut.

Do tego typu aplikacji Phoenix Contact oferuje praktyczne rozwiązania w postaci zasilaczy serii Trio Power drugiej generacji. Zasilacze te oferują szeroki zakres napięć wejściowych i zintegrowany UPS. Urządzenia te są szczególnie przydatne w aplikacjach w których przestrzeń jest ograniczona i wszystkie podłączone obciążenia muszą mieć zapewnione podtrzymanie.

W przypadku aplikacji windy wymagany jest prąd wyjściowy 4 A. Idealnym rozwiązaniem jest tutaj Trio Power UPS 5 A, rozwiązanie ma 20% rezerwy na rozszerzenia które mogą pojawić się w późniejszym czasie. Kompaktowe urządzenie o szerokości zaledwie 60 mm zapewnia również maksymalny prąd ładowania wynoszący 1,5 A, oprócz zapewnienia prądu obciążenia. Użytkownik może być pewien, że urządzenie 5 A ma wystarczającą rezerwy, aby naładować urządzenie magazynujące energię. Prąd ładowania nie wymaga dalszego rozpatrywania.

Aby osiągnąć wymagany czas buforowania, zasilacz UPS należy podłączyć do akumulatora o pojemności 1,3 Ah. Aktywne monitorowanie baterii można również łatwo wdrożyć za pomocą urządzeń UPS z serii Trio Power. Wyposażone są w styk sygnału alarmowego i wskaźnik LED, które są aktywowane na przykład w przypadku przekroczenia maksymalnego dopuszczalnego czasu ładowania co może oznaczać uszkodzenie akumulatora i jego konieczną wymianę. Oprócz oceny błędów za pomocą styków sygnałowych, poprzez port USB system można również monitorować przez podłączony komputer z darmowym oprogramowaniem UPS-Conf.




rozwiązanie oszczędzające miejsce z użytecznymi funkcjami

Urządzenia UPS z serii Trio pokazują swoje zalety w ograniczonej przestrzeni. Połączony zasilacz i UPS nie tylko oszczędzają miejsce, ale także ułatwiają rozplanowanie



Rys. 3. Zasilacze TRIO UPS z wbudowanym zasilaczem

innych urządzeń. Pomimo zwartej konstrukcji urządzenia zapewniają wysoki poziom wydajności i są dostosowane do wymagań wielu różnych aplikacji.

			
Opis	TRIO-UPS-2G/1AC/24DC/5	TRIO-UPS-2G/1AC/24DC/10	TRIO-UPS-2G/3AC/24DC/20
Numer kat.	2907160	2907161	2906367
Wymiary	60 x 13 x 115 mm	68 x 130 x 160	88 x 130 x 160

najwyższa forma bezpieczeństwa

Rys. 4. Ogranicznik przepięć zwiększający bezpieczeństwo ciągłości zasilania

Szczególnie w przypadku ważnych obiektów które muszą działać warto pamiętać o przepięciach które są szczególnie groźne dla sprzętu elektronicznego. Dla zasilaczy dedykowanym rozwiązaniem do ich ochrony są ograniczniki przepięć: PLT-SEC-T3-230-FM-PT – 2907928. Dla osób zainteresowanych najwyższym bezpieczeństwem swoich aplikacji zapraszamy do poznania jak można zwiększyć niezawodność ciągłości pracy swoich urządzeń:

<https://blog.phoenixcontact.com/marketing-pl/jak-zwiekszyc-bezpieczenstwo-ciaglosci-zasilania-maszyn-i-urzadzen/>

reklama
PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

Phoenix Contact Sp. z o.o.
ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
51-317 Wrocław
tel. 71 398 04 29
www.phoenixcontact.pl

wymagania stawiane pomieszczeniom przeznaczonym do instalacji zespołów prądowórczych i zasilaczy UPS

mgr inż. Karol Kuczyński

Wysokie wymagania dotyczące pewności dostaw energii elektrycznej do odbiorników o znaczeniu krytycznym zmuszają projektantów do projektowania układów zasilania wyposażonych w zasilacze UPS i zespoły prądowórcze. Zespół prądowórczy, który stanowi źródło zasilania awaryjnego, instalowany jest w obiektach budowlanych wymagających zwiększonej pewności zasilania. Jest urządzeniem skomplikowanymi i wymaga specjalnego pomieszczenia oraz wykwalifikowanej obsługi. W związku z tym przed podjęciem decyzji o zakupie konkretnego zespołu prądowórczego należy uzgodnić z dostawcą sposób jego eksploatacji. Natomiast w zasilaczach UPS ważnym elementem są baterie akumulatorów, które eksploatowane w niewłaściwy sposób stwarzają zagrożenie wybuchowe. Od poprawności ich doboru zależy czas eksploatacji oraz poprawne funkcjonowanie systemu zasilania gwarantowanego.

projekt budowlany

Podstawą rozpoczęcia prac projektowych w zakresie instalacji zespołu prądowórczego jest dobór jego mocy. Przy projektowaniu instalacji zasilanej z generatora zespołu prądowórczego lub zasilacza UPS bardzo istotnym problemem jest zachowanie warunków ochrony przeciwporażeniowej. Opis tych zagadnień wykracza poza ramy artykułu. Zainteresowani tymi problemami czytelnicy potrzebne informacje znajdą w „Poradniku projektanta elektryka”.



Fot. 1. Przykładowa instalacja zespołu prądowórczego w pomieszczeniu

Projekt może opracować osoba posiadająca odpowiednie uprawnienia budowlane, będąca jednocześnie członkiem Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa. Projekt budowlany agregatorni, zgodnie z art. 12–16 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity DzU z 2016 r., poz. 290 z późniejszymi zmianami), musi być wykonany przez osobę mającą odpowiednie kwalifikacje, w konkretnej specjalności – w szczególności elektrycznej. Natomiast nadzorowanie prac musi być wykonywane przez osobę mającą uprawnienia do kierowania pracami budowlanymi w odpowiedniej specjalności. Układ wentylacji i dostarczania paliwa powinien być uzgodniony międzybranżowo przez specjalistów m.in. wentylacji, instalacji paliwowych i przeciwpożarowych.

Podstawę opracowania stanowią warunki zabudowy (w odniesieniu do obiektów użyteczności publicznej są to warunki lokalizacji inwestycji celu publicznego) wydane przez właściwy urząd administracji państwowej oraz warunki techniczne instalacji wydane przez przedsiębiorstwo energetyczne [2].

Podczas projektowania należy spełnić wymagania warunków zabudowy, warunków technicznych instalacji oraz wymagania obowiązujących norm i przepisów, w tym Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity DzU z 2015 r., poz. 1422). Zgodnie z § 181 ust. 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie „Budynek, w którym zanik napięcia w elektroenergetycznej sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, poważne zagrożenie środowiska, a także znaczne straty materialne, należy zasilac co najmniej z dwóch niezależnych, samoczynnie załączających się źródeł energii elektrycznej oraz wyposażać w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (zapasowe lub ewakuacyjne). W budynku wysokościowym jednym ze źródeł zasilania powinien być zespół prądowórczy”.

Projekt należy opracować zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (DzU z 2012 r., poz. 462 z późniejszymi zmianami w szczególności Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 22 września 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie



Fot. 2. Przykład wibroizolatora mocującego układ napędowy zespołu kogeneracyjnego

budowlanego – DzU z 2015 r. poz. 1554). Projekt budowlany po wykonaniu należy uzgodnić z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż. oraz z rzeczoznawcą ds. bhp. Opracowany projekt podlega uzgodnieniu i sprawdzeniu w zakresie zgodności z wydanymi warunkami technicznymi przyłączenia w przedsiębiorstwie energetycznym, które wydało warunki techniczne przyłączenia. W przypadku zastosowania rozwiązań nietypowych w zakresie ochrony ppoż., warto rozważyć uzgodnienie projektu pod względem ppoż. w Komendzie Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej właściwej dla miejsca lokalizacji inwestycji. Po wyrażeniu zgody na zastosowanie rozwiązań zamiennych, najczęściej po wykonaniu ekspertyzy technicznej i pod warunkiem spełnienia dodatkowych wymagań określonych w postanowieniu, projekt należy uzgodnić z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż.

Kolejnym krokiem jest wystąpienie przez inwestora do właściwego terytorialnie Urzędu Nadzoru Budowlanego, w celu uzyskania pozwolenia na budowę. Instalacja i wykonanie wszelkich prac związanych z instalacją zespołu prądotwórczego może nastąpić po uprzednim wyrażeniu się wydanego pozwolenia na budowę [2, 4].

warunki instalowania zespołu

Zespół prądotwórczy pracujący w układach zasilania awaryjnego może być instalowany w kontenerze ustawianym na fundamencie betonowym poza budynkiem lub w specjalnie do tego celu przygotowanym pomieszczeniu, powszechnie nazywanym agregatornią. Zarówno w pierwszym, jak i w drugim przypadku instalacja zespołu wymaga czerpni powietrza oraz odprowadzenia spalin i odpowiedniej wentylacji pomieszczenia. Problem ten powinien zostać rozwiązany przez projektanta instalacji sanitarnych na podstawie wymagań określonych przez producenta zespołu. Zespół prądotwórczy instalowany przez producenta w kontenerze stanowi kompletne urządzenie pod względem elektrycznym oraz sanitarnym. Natomiast w przypadku adaptowania pomieszczenia do celów instalacji zespołu prądotwórczego, należy spełnić wszelkie wymagania określone przez producenta [2]. Na **fotografii 1.** został przedstawiony przykład instalacji zespołu prądotwórczego w pomieszczeniu.

Instalacja odbiorcza budynku objętego zasilaniem awaryjnym powinna być przystosowana do zasilania z zespołu prądotwórczego. W tym celu obwody objęte układem zasilania awaryjnego muszą spełniać warunki ochrony przeciwporażeniowej zarówno przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej, jak również przy zasilaniu z generatora zespołu prądotwórczego. Dobierając parametry zespołu należy uwzględnić: rodzaj, moc i tryb pracy odbiorów, np. prądy rozruchowe silników, pobór mocy biernej, odkształcenie prądu oraz niesymetrię obciążenia [3, 4].

Zespół prądotwórczy wraz z wyposażeniem zaleca się instalować w wydzielonym pomieszczeniu. Pomieszczenie to powinno być łatwo dostępne, dobrze wentylowane, suche i w razie potrzeby ogrzewane, aby minimalna temperatura przy braku pracy silnika napędowego zespołu wynosiła co najmniej 5°C. Silnik spalinowy wymaga czerpni i kanałów dolotowych świeżego powietrza oraz przewodów odprowadzających spalinę oczyszczone w układzie wydechowym. Pomieszczenie, w którym zostanie zainstalowany zespół prądotwórczy, należy wyposażyć również w rozdzielnicę zasilania potrzeb własnych, oświetlenie, gniazda odbiorcze oraz instalację elektryczną sterowania wentylacją oraz innymi urządzeniami uwzględnionymi w projekcie w zależności od potrzeb [2, 6].

Układ automatyki SZR zespołu pracującego w układzie zasilania awaryjnego należy wyposażyć w blokadę elektryczną i mechaniczną oraz odpowiednio oznakować. Blokady te mają uniemożliwić podanie napięcia z dwóch źródeł jednocześnie oraz uniemożliwić wsteczne podanie napięcia z generatora zespołu prądotwórczego do wyłączonej spod napięcia sieci elektroenergetycznej.

W polu linii zasilania podstawowego powinna być kontrolowana obecność napięcia. Jeśli zespół może być uruchamiany zdalnie lub samoczynnie, to w jego pobliżu należy przewidzieć możliwość wprowadzania blokady przed zdalnym lub samoczynnym uruchomieniem, na przykład podczas prac konserwacyjnych.

Zespoły prądotwórcze powinny być wyposażone w układ do normalnego zatrzymywania ręcznego lub automatycznego, który odcina dopływ paliwa (silnik wysokoprężny) lub wyłącza zapłon (silnik o zapłonie iskrowym). Urządzenie do awaryjnego zatrzymywania (ręcznego lub samoczynnego) jest wymagane w przypadku zespołów spalinowo-elektrycznych zdalnie sterowanych oraz zespołów w obudowie, do wnętrza której mają dostęp ludzie. W drugim przypadku przycisk do awaryjnego zatrzymywania powinien być umieszczony zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz obudowy.

Ręcznie sterowany układ do awaryjnego zatrzymywania jest wymagany, jeżeli można zatrzymać zespół prądotwórczy w czasie krótszym niż przy zastosowaniu układu do normalnego zatrzymywania. Dopuszcza się rezygnację z układu do awaryjnego zatrzymywania zespołów spalinowo-elektrycznych małej mocy (0,8–12(20) kW) [3].

Zespoły ruchome należy przyłączać przewodami giętkimi o żyłach miedzianych, przeznaczonymi do ciężkich warunków pracy, odpornymi na działanie wody, z powłoką o zwiększonej grubości [3].

tłumienie drgań

Dla wielu zastosowań masywny fundament dla zespołu prądotwórczego nie jest konieczny. Agregaty z wbudowanymi izolatorami drgań mogą zredukować przekazywane

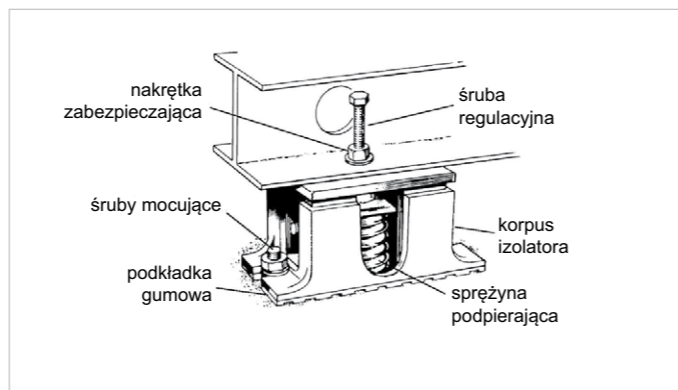
drżania o 60–80%, a umieszczenie stalowych sprężynowych izolatorów pomiędzy generatorem wraz z silnikiem napędowym i ramą nośną konstrukcji zespołu może odizolować więcej niż 95% drgań [7]. W zastosowaniach, w których wielkość przekazywania drgań do budynku jest bardzo ważna, może być wymagane mocowanie zespołu prądotwórczego na niezależnym fundamencie izolującym od drgań pozostałą część budynku.

Silnik i alternator zespołu prądotwórczego muszą być odizolowane od konstrukcji nośnej, na której są zamontowane. Niektóre zespoły prądotwórcze, szczególnie modele o mocy do około kilkuset kW, wykorzystują izolatory drgań z gumy, które są wstawiane do maszyny pomiędzy silnik/alternator i podstawę. Elementy te są powszechnie nazywane wibroizolatorami. Metalowa rama tych zespołów prądotwórczych zwykle może być przytwierdzona bezpośrednio do fundamentu, podłogi lub konstrukcji pośredniej [8, 9].

Zespoły prądotwórcze, które nie zawierają wbudowanych wibroizolatorów, powinny być zainstalowane za pomocą elementów izolujących drżania, takich jak: elastyczne podkładki antywibracyjne, wibroizolatory sprężynowe lub wibroizolatory powietrzne.

Elastyczne podkładki antywibracyjne mają różną tłumienność, a w przybliżeniu ich skuteczność przyjmuje się 75%. W zależności od budowy, mogą one również mieć różną tłumienność w zależności od temperatury, ponieważ w niskich temperaturach guma traci właściwości tłumienia drgań [9]. **Rysunek 1.** ilustruje stalowy sprężynowy tłumik drgań wymagany w zespołach prądotwórczych, które nie zawierają wbudowanych wibroizolatorów. Izolatory tego typu należy umieszczać zgodnie z dokumentacją techniczno-ruchową producenta zespołu prądotwórczego. Wibroizolatory mogą być umieszczane niesymetrycznie na obwodzie ramy nośnej zespołu prądotwórczego, ponieważ muszą być rozmieszczane z uwzględnieniem środka ciężkości maszyny. Liczba wymaganych wibroizolatorów jest różna w zależności od ich klasy i masy zespołu prądotwórczego.

Dla zapewnienia skutecznego tłumienia drgań, wibroizolatory typu sprężynowego muszą być dobrane i zainstalowane z największą precyzją. Masa zespołu prądotwórczego powinna dostatecznie ścisnąć izolator dla umożliwienia swobody ruchu, ale nie można dopuścić do tzw. „dobijania” wibroizolatora do podłoża podczas pracy. Uzyskuje się to poprzez dobieranie typu wibroizolatorów i ich liczby do masy zespołu prądotwórczego wraz z osprzętem [9].



Rys. 1. Przykład sprężynowego izolatora drgań [9]



Oferta Riello Delta Power

- zasilacze UPS RIELLO 800 VA – 800 kVA (6,4 MVA)
- zasilacze UPS DELTA POWER 800 VA – 800 kVA (6,4 MVA)
- **Systemy dynamiczne UPS HITZINGER z napędem diesla 150 kVA – 3 MVA (50 MVA)**
- zasilacze UPS SOCOMEC 550 VA – 800 kVA (4,8 MVA)
- agregaty prądotwórcze Delta Power 5 kVA – 2,2 MVA (44 MVA)
- agregaty prądotwórcze VISA 20 kVA – 2000 kVA (20 MVA)
- agregaty prądotwórcze CTM 85 kVA – 3000 kVA (30 MVA)
- układy bezprzerwowego przełączania 16 A – 4800 A
- dynamiczne systemy magazynowania energii Flywheel VSS + DC 60 kVA – 500 kVA

W zakresie naszych usług oferujemy:

- tworzenie koncepcji zasilania gwarantowanego obiektów
- kompletne wielobranżowe projekty systemów zasilania
- integrowanie systemów zasilania gwarantowanego
- montaż systemów UPS oraz agregatów prądotwórczych
- zdalne nadzorowanie systemów zasilania rezerwowego
- profesjonalny serwis
- opieka posprzedażna, umowy serwisowe, hot-line (czas reakcji 4 godziny, 24 h/365 dni)

Riello MULTI POWER (MPW) – zasilacze modułowe UPS

- moc systemu UPS 1 MW + redundancja (1–28x42 kW)
- najwyższa sprawność >96,5%
- najwyższa na rynku gęstość mocy
- pełna skalowalność oraz najwyższa dostępność
- unikatowa architektura
- podzespoły zaprojektowane i produkowane indywidualnie
- łatwa instalacja oraz obsługa
- niskie koszty inwestycji



Należymy do grupy **Riello Elettronica**

Riello Delta Power Sp z o.o.

Siedziba WARSZAWA:

ul. Krasnowolska 82 R
02-849 Warszawa
tel. 22 37 91 700
faks 22 37 91 701
serwis: 22 37 91 720
e-mail: biuro.warszawa@deltapower.pl
serwis.warszawa@deltapower.pl
www.riello-deltapower.pl

Filia GDYNIA:

ul. Olgierda 137
81-584 Gdynia
tel. 58 668 01 88, 89
faks 58 668 00 47
e-mail: biuro.gdynia@deltapower.pl
serwis.gdynia@deltapower.pl

Fila ŚWIDNICA:

ul. Westerplatte 51
58-100 Świdnica
e-mail: biuro.wroclaw@deltapower.pl
serwis.wroclaw@deltapower.pl

układ chłodzenia i wentylacji

Silnik spalinowy, generator oraz układ wydechowy są źródłami ciepła mającymi wpływ na pracę i wydajność całego zespołu prądotwórczego. Wzrastająca temperatura w pomieszczeniu zespołu prądotwórczego stanowi zagrożenie dla zgromadzonego tam paliwa. Niekontrolowany wzrost temperatury ponad dopuszczalne wartości (dla oleju napędowego 55°C) może spowodować samozapłon paliwa oraz uszkodzenie wyposażenia elektrycznego. W celu odprowadzenia nagrzanego powietrza i konieczności utrzymywania w pomieszczeniu odpowiedniej temperatury, konieczna jest wentylacja nawiewno-wywiewna. Powietrze chłodzące zasysane jest przez wentylator zamocowany na chłodnicy. Przekroje czepni (wlotu) i wyrzutni (wylotu) muszą zapewniać swobodny przepływ powietrza do pomieszczenia i z pomieszczenia agregatorni. Orientacyjnie powierzchnia przekroju czepni oraz wyrzutni powinny być większe o 50% od powierzchni wlotu chłodnicy. W celu sprawnego wyrzucania nagrzanego powietrza, agregatornia powinna być wyposażona w wentylator wyciągowy. Czepnię i wyrzutnię należy chronić przed wpływami atmosferycznymi. W tym celu w otworach czepni i wyrzutni instalowane są żaluzje sterowane automatycznie. Podczas gdy zespół prądotwórczy nie pracuje, żaluzje są zamknięte. Zostają one automatycznie otwarte z chwilą uruchomienia zespołu [2, 5].

Wraz z otwarciem żaluzji czepni i wyrzutni powietrza automatycznie muszą zostać uruchomione wentylatory nawiewne i wywiewne. W przypadku zespołów pracujących w trybie automatycznym, pomieszczenie agregatorni należy ogrzewać tak, aby utrzymywana była stała temperatura otoczenia, wynosząca powyżej 5°C, jednakże niezależnie od pory roku – nie więcej niż 30°C [5]. Zaleca się instalowanie nagrzewnic elektrycznych wyposażonych w termostat, zasilanych z rozdzielnic potrzeb własnych agregatorni, która jest zasilana z sieci elektroenergetycznej. Po uruchomieniu zespołu prądotwórczego układ automatyki samorozruchu oraz samozatrzymania przełącza zasilanie agregatorni na zasilanie z zespołu prądotwórczego z jednoczesnym odłączeniem zasilania nagrzewnic [2].

dodatkowe wymagania

Zespoły prądotwórcze należy instalować według instrukcji dostarczonych przez producenta urządzenia, koniecznie zgodnie z aktualnie obowiązującymi przepisami oraz normami. Większość urządzeń tego typu wymaga dostępu dla obsługi po obu stronach silnika oraz od strony sterowania lub prądnicy. Szczegółowe przepisy mogą wymagać dodatkowej przestrzeni roboczej (zespoły z prądnicami SN) np. dla obsługi sprzętu elektrycznego, ale generalnie minimalna przestrzeń robocza równa jest szerokości generatora

prądotwórczego po obu stronach i do obejścia urządzenia z jednej strony dookoła osi podłużnej. Położenie części układu paliwowego lub elementów układu rozdziału energii elektrycznej mogą wymagać dodatkowej przestrzeni roboczej. Pomieszczenie zespołu prądotwórczego (także obudowa) powinno mieć dostęp dla wyjmowania gabarytowych podzespołów np. silnika. Dostęp ten może być zapewniony przez szerokie otwory drzwiowe lub inne rozwiązania. Najczęściej optymalny projekt pozwalać będzie na przenoszenie całego zespołu prądotwórczego do pomieszczenia agregatorni. W przypadku budynku o większej wysokości normalnym staje się umieszczanie generatorów prądotwórczych na dachach. Instalację taką można wykonać, jeśli konstrukcja dachu budynku ma odpowiednią nośność i może przenieść obciążenie zespołu i osprzętu towarzyszącego [9]. Przed podjęciem decyzji w tym zakresie należy uzyskać opinię konstruktora budowlanego dotyczącą nośności stropu.

Gdy zespół prądotwórczy jest zamontowany na dachu budynku, nadal należy uważać, by układ wydechowy silnika nie zanieczyszczał powietrza przy czepni powietrza dla budynku lub sąsiednich nieruchomości [9].

wymagania dla pomieszczeń z akumulatorami

W zasilaczach UPS stosowane są akumulatory klasyczne o gęstości elektrolitu 1,24 kg/l lub akumulatory wykonane w technologii VRLA (*Valve Regulated Lead Acid*), czyli akumulatory regulowane z zaworem jednokierunkowym, umożliwiającym usuwanie nadmiaru wodoru, o gęstości elektrolitu (1,25–1,3) kg/l. Akumulatory VRLA produkowane są w dwóch technologiach [6]:

- AGM (*Absorbed Glass Mat*), w której elektrolit jest umieszczony w separatorze między płytowym wykonanym z włókna szklanego o dużej porowatości, które eliminuje niebezpieczeństwo wycieku elektrolitu oraz zabezpiecza przed możliwością powstania zwarcia pomiędzy płytami dodatnią i ujemną,
- SLA (*Sealed Lead-Acid*), w której elektrolit jest zestalony w postaci żelu, stanowiącego tiksotropową odmianę dwutlenku krzemu (SiO₂).

W akumulatorach klasycznych wodór oraz tlen stanowiące produkt elektrochemicznego rozkładu wody są usuwane na zewnątrz przez otwory technologiczne wykonane w korbach. Natomiast w akumulatorach VRLA, które często błędnie nazywane są „szczelnymi” lub „hermetycznymi”, skutki reakcji elektrolitycznego rozkładu wody występują znacznie mniej intensywnie ze względu na wtórne reakcje powstających gazów prowadzące do znacznej ich redukcji przez ponowne powstanie wody i powrót do elektrolitu. Zagospodarowanie powstających gazów jest jednak niecałkowite i ich nadmiar jest usuwany na zewnątrz akumulatorów przez jednokierunkowe zawory.

Wraz z upływem czasu eksploatacji skutek zjawiska starzenia lub błędnego jej prowadzenia mogą pojawić się ilości gazów znacznie przekraczające te powstające w normalnych warunkach. Świadczy to o tym, że akumulatory te, podobnie jak akumulatory klasyczne, stwarzają zagrożenie wskutek wprowadzania wodoru (H_2) do pomieszczenia bateryjnego, który w mieszaninie z powietrzem przy stężeniu w zakresie (4–75)% staje się wybuchowy.

Przy stężeniu stechiometrycznym, wynoszącym około 29% wodoru (H_2) w powietrzu, do wybuchu wystarczy energia o wartości 0,019 mJ. W praktyce stosuje się wentylację mechaniczną, choć po spełnieniu określonych warunków dopuszcza się wentylację grawitacyjną.

Sterowanie wentylacją mechaniczną przedziału bateryjnego należy realizować z wykorzystaniem układów detekcji stężenia wodoru. Układy automatyki powinny mieć ustawione dwa progi wykrywania stężenia wodoru [6]:

- 10% DGW, którego przekroczenie zostanie zasygnalizowane oraz zostanie uruchomiona wentylacja powodująca zwiększenie szybkości wymian powietrza o 100% w stosunku do warunków normalnych,
- 30% DGW, którego przekroczenie spowoduje oprócz dalszego działania sygnalizacji akustyczno-dźwiękowej oraz wentylacji, wyłączenie ładowania baterii akumulatorów do chwili ustania zagrożenia.

wymagania w zakresie wentylacji

Podstawowe wymagania w zakresie wentylacji przedziału bateryjnego wynikają bezpośrednio z normy PN-EN 62040-1:2009 *Systemy bezprzerwowego zasilania (UPS). Część 1: Wymagania ogólne i wymagania dotyczące bezpieczeństwa UPS. Aneks M (normatywny). Wentylacja przedziałów bateryjnych* [8]. Przybliżoną wartość przepływu zapotrzebowanego powietrza w ciągu godziny, w [m^3/h], można obliczyć ze wzoru [6]:

$$Q_p = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_g \cdot C_B \quad (1)$$

gdzie:

v – wymagane rozcieńczenie wodoru $(100-4)/4 = 24$,

q – wytworzony wodór: $0,45 \cdot 10^{-3}$, w [m^3/Ah],

s – współczynnik bezpieczeństwa,

I_g – prąd gazowania o wartości:

- 2 mA/Ah – dla baterii „zamkniętych” (z zaworem VRLA),
- 20 mA/Ah – dla baterii otwartych,

n – liczba ogniw baterii, w [-],

C_B – pojemność baterii, w [Ah],

Q_p – ilość wymaganego powietrza, w [m^3/h].

Przyjmując współczynnik bezpieczeństwa $s = 5$, wzór na obliczenie Q_p może być uproszczony:

- dla baterii akumulatorów klasycznych:

$$Q_p = 0,054 \cdot n \cdot I_g \cdot C_B \quad (2)$$

- dla baterii akumulatorów VRLA:

$$Q_{VRLA} = 0,25 \cdot Q_p \quad (3)$$

Jeżeli w pomieszczeniu z akumulatorami wolna przestrzeń V , spełnia następujący warunek:

$$V = V_p - V_u \begin{cases} \geq 2,5 \cdot Q_p \\ \geq 2,5 \cdot Q_{VRLA} \end{cases} \quad (4)$$

gdzie:

V_p – objętość pomieszczenia z akumulatorami, w [m^3],

V_u – objętość, jaką zajmują akumulatory ze stojakami oraz inne wyposażenie pomieszczenia, w [m^3], to wystarczające jest zastosowanie wentylacji grawitacyjnej, z umieszczonymi po przeciwnych stronach pomieszczenia otworami: dolotowym i wylotowym.

Każdy z tych otworów musi mieć powierzchnię nie mniejszą od określonej następującą zależnością [6]:

$$A_p = 28 \cdot Q_p \quad (5)$$

gdzie:

A_p – powierzchnia przekrojów otworów zewnętrznych i wewnętrznych, w [cm^2].

W takim przypadku otwory wentylacyjne należy umieścić na przeciwległych ścianach. Jeżeli jest to niemożliwe i otwory wentylacyjne muszą zostać wykonane na tych samych ścianach, to odległość pomiędzy nimi nie może być mniejsza niż 2 m. Ten sam wymóg dotyczy instalowania wentylatorów wyciągowych, których odległość nie może być mniejsza niż 2 m.

Podane wymagania mają charakter orientacyjny. Opracowanie projektu wentylacji pomieszczenia bateryjnego jest zagadnieniem wymagającym specjalistycznej wiedzy i powinno być opracowane przez uprawnionego projektanta branży sanitarnej. Rola projektanta

elektryka ogranicza się w tym przypadku do zaprojektowania układu sterowania i zasilania wentylatorów.

Wentylacja pomieszczenia bateryjnego powinna spełniać wymagania według Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (DzU nr 109 z 2010 r., poz. 719) (pomieszczenie zagrożone wybuchem to pomieszczenie, w którym spodziewany przyrost ciśnienia przekracza wartość 5 kPa) [6].

W pomieszczeniach bateryjnych ważna jest również klimatyzacja z uwagi na znaczne ilości ciepła wydzielanego przez ładowane lub rozładowywane akumulatory. Wzrost lub zmniejszenie temperatury pomieszczenia od wartości 20°C skutkuje odpowiednio zwiększeniem lub zmniejszeniem pojemności baterii. Dla celów praktycznych ilość ciepła wydzielanego podczas rozładowywania akumulatorów można oszacować ze wzoru [6]:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot n \quad (6)$$

gdzie:

I – przewidywany maksymalny prąd rozładowania, w [A],

n – liczba gałęzi równoległych pracujących w czasie rozładowania, w [-],

Q – ilość ciepła wydzielanego w czasie t, w [J],

R – rezystancja jednej gałęzi szeregowej akumulatorów (rezystancję dla pojedynczego ogniwa podają producenci baterii w swoich katalogach), w [Ω],

t – przewidywany czas rozładowania, w [s].

Akumulatory stosowane w zasilaczach UPS najczęściej mają napięcie znamionowe 12 V. Baterie akumulatorów powinny być budowane z ogniw tego samego typu, pochodzących z tej samej serii produkcyjnej ze względu na rezystancję wewnętrzną, która decyduje o równomierności rozptywu prądów w poszczególnych gałęziach. Zaleca się instalowanie zabezpieczenia zwarciovego w każdym biegunie każdej gałęzi, możliwie blisko akumulatorów. Ponadto należy instalować zabezpieczenia centralne w każdym biegunie.

Dobór zabezpieczeń należy wykonać na podstawie spodziewanego prądu obciążenia znamionowego oraz spodziewanych prądów zwarciovych. Ponieważ rezystancja wewnętrzna akumulatorów stosowanych w zasilaczach UPS jest uzależniona od typu akumulatora i wynosi (0,5–3) m Ω /100 Ah, zwarcie będzie skutkowało przepływem prądów o dużej wartości, co należy uwzględnić przy doborze zabezpieczeń oraz doborze przewodów.

podsumowanie

Na zakończenie należy podkreślić, że artykuł nie stanowi recepty na realizację pomieszczeń przeznaczonych do umieszczenia zespołu prądotwórczego i zasilaczy UPS wraz z szafami bateryjnymi. Zwraca jedynie uwagę na pewne istotne problemy, które należy rozwiązać dla zachowania bezawaryjnej pracy i spełnienia funkcji, do której są przeznaczone.

Ciekawym rozwiązaniem dla obiektów wymagających ciągłego zasilania jest zastosowanie dynamicznego systemu zasilania składającego się z zespołu prądotwórczego, połączonego sprzęgłem z kinematycznym zasobnikiem energii. Takie rozwiązanie określa się mianem źródeł zasilania bezprzerwowego.

Poprawnie dobrane zespoły prądotwórcze, które są zainstalowane przez producenta w kontenerze lub poprawnie zaprojektowanej agregatorni, spełniają większość wymagań stawianych układom zasilania awaryjnego stosowanych często w rozbudowanych układach zasilania budynków. Właściwy dobór parametrów zespołu prądotwórczego zapewnia dobrą jakość dostarczanej energii elektrycznej. Z drugiej strony, zespoły, zwłaszcza te o większych mocach znamionowych, mają również swoje wady. Głośna praca (średnio 65–80 dB), znaczne masy i duże rozmiary, odpowiedniej wielkości zbiornik paliwa, układ zasilania powietrzem i układ wydechowy wszystko to powoduje, że urządzenia te powinny być instalowane w osobnych budynkach, z dala od budynków mieszkalnych bądź miejsc pracy ludzi, tak aby spełnione były warunki ochrony ppoż. i bhp [5].

Bezprzerwowy System Zasilania Merus UPQ

mgr inż. Marek Sikora, Electrical Power Quality Systems Sp. z o.o.

Bezprzerwowy System Zasilania Merus UPQ to innowacyjna koncepcja, łącząca funkcje zasilacza UPS i aktywnego filtra harmonicznego w jedno solidne rozwiązanie

Merus UPQ chroni krytyczne procesy przed przerwami w dostawach energii elektrycznej i zakłóceniami napięcia, przy jednoczesnym zachowaniu jakości napięcia zasilającego poprzez kompensację prądów harmonicznym i wahań mocy biernej obciążeń nieliniowych.

Merus UPQ posiada dwa tryby pracy. W bezpiecznych warunkach zasilania działa w trybie jakości zasilania, wykonując aktywne filtrowanie zniekształceń harmonicznym, a także równoważenie obciążenia i ograniczanie migotania. Gdy wykryje spadek napięcia lub przerwy w zasilaniu, przechodzi do trybu ochrony zasilania przed obciążeniami krytycznymi. Merus UPQ jest dostępny zarówno na poziomie niskiego jak i też średniego napięcia.



PODSTAWOWE FUNKCJE:

- Zapobieganie przerwom zasilania
- Aktywne łagodzenie zniekształceń harmonicznym
- Ograniczanie zapadów napięcia
- Stabilizacja napięcia
- Poprawa współczynnika mocy
- Ograniczanie migotania
- Równoważenie obciążenie

KORZYŚCI DLA KLIENTA:

- Pełna w jednym, efektywnym cenowo i niezawodnym rozwiązaniu

- Doskonała ochrona krytycznych procesów w zastosowaniach komercyjnych i przemysłowych, redukcja kosztów przestojów
- Dłuższa żywotność chronionego sprzętu
- Zgodność z normami IEEE 519, G5/4, IEC 61000 3-2, 3-4, PN-EN 50160
- Oszczędność energii
- Zwiększenie mocy elektrycznej z istniejącej sieci
- Szybki zwrot z inwestycji

ZASTOSOWANIE – BUDYNKI KOMERCYJNE:

- instytucje finansowe, laboratoria naukowe, centra telekomunikacyjne, serwerownie, centra danych, szpitale, lotniska, stacje radarowe itp.

ZASTOSOWANIE – PRZEMYSŁ:

- półprzewodnikowy, motoryzacyjny, szklarski, poligraficzny, tekstylny, chemiczny, spożywczy, farmaceutyczny, inne branże procesowe

JAK TO DZIAŁA?

Merus UPQ posiada dwa tryby pracy: tryb ochrony zasilania i tryb jakości zasilania

TRYB OCHRONY ZASILANIA

W przypadku awarii zasilania, spadków lub zapadów napięcia Merus UPQ aktywuje tryb ochrony zasilania. W tym trybie rzeczywista moc czynna i rzeczywista moc bierna są dostarczane do obciążeń, zapewniając całkowitą odporność na procesy o znaczeniu



krytycznym, przed przerwami w dostawie prądu, spadkami i skokami napięcia.

Gwarantuje to maksymalną dostępność i niezawodność systemu dla procesów o kluczowym znaczeniu.

TRYB JAKOŚCI ZASILANIA

Po ustaniu awarii, Merus UPQ automatycznie powraca do normalnego trybu działania jakości energii, w którym aktywnie filtruje zniekształcenia harmoniczných do 50-go rzędu, łagodzi migotanie napięcia, równoważy obciążenia, poprawia współczynnik mocy i kontroluje napięcie.

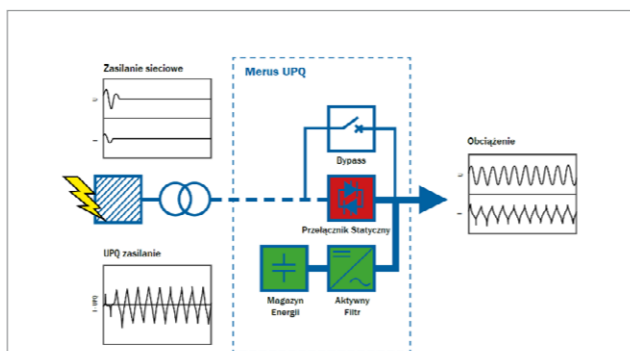
CECHY PRODUKTU

Najniższe koszty operacyjne dzięki połączeniu bocznikowemu.

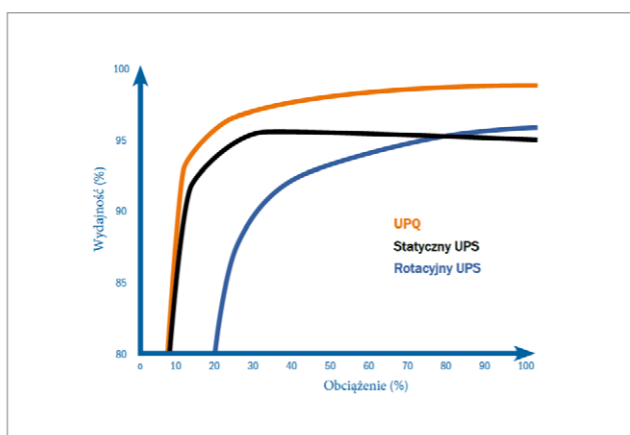
W porównaniu z konwencjonalnymi technologiami ochrony zasilania, rozwiązanie Merus UPQ zapewnia najniższe koszty operacyjne. Dożywotnie koszty operacyjne są określane przez tryb pracy jakości energii UPQ, ponieważ przyłącze zasilania jest w większości dostępne. W tym trybie pracy UPQ jest bocznikowany z obciążeniem, co daje wyższą wydajność. Dlatego oferuje najniższe koszty operacyjne w porównaniu z innymi urządzeniami ochrony zasilania, takimi jak konwencjonalne lub rotacyjne UPS, które są połączone szeregowo. Najwyższą wydajność UPQ widać bezpośrednio na fakturze za energię elektryczną. W przykładowym przypadku, gdy potrzeba ochrony maksymalnej mocy 1500 kW przy średnim obciążeniu 80%, a koszt energii elektrycznej wynosi ok. 0,50 zł za kWh, UPQ oszczędza ok. 187 400,00 zł rocznie, w porównaniu do konwencjonalnych systemów UPS.

Najdłuższa żywotność dzięki UltraKondensatorom (UC)

Ultrakondensatory (UC) są wykorzystywane jako domyślny magazyn energii w UPQ ze względu na ich doskonałą gęstość mocy, cykl życia i żywotność. Domyślnie ultrakondensatorowy magazyn energii UPQ oferuje pełny cykl życia wynoszący 10 lat przy ponad 500 000 operacjach, w średniej temperaturze otoczenia + 25°C. Kiedy magazyn energii ultrakonden-



Rys. 1. Tryb Pracy – Ochrona Zasilania



Rys. 2. Wydajność poszczególnych systemów zasilania

satora osiągnie koniec projektowanego cyklu życia, określona energia nominalna może nie być już osiągnięta w pełni, ale urządzenie nie staje się przestarzałe. Cykl życia i żywotność ultrakondensatora są określone przez głębokość rozładowań, napięcie napięcia i temperaturę otoczenia. Na życzenie klienta możliwe jest zaprojektowanie rozwiązania do magazynowania energii, które może przetrwać cykl ponad 1 000 000 operacji, w średniej temperaturze otoczenia + 25°C w ciągu 15 lat.

Wspiera rozruch silnika DOL i gwarantuje zabezpieczenie ochronne

W przeciwieństwie do tradycyjnych systemów UPS Merus UPQ nie ogranicza prądu zwarciovego. Dlatego $I_k(S)$ równa się $I_k'(L)$. Ta unikalna funkcja umożliwia rozruch silnika Direct On Line (DOL) i jest dodatkowo ulepszana przez kompensację mocy biernej w czasie rzeczywistym UPQ. Ponieważ prąd zwarciov nie jest ograniczony, również selektywność zabezpieczeń za główną magistralą UPQ działa jak w systemach podłączonych bezpośrednio do sieci.

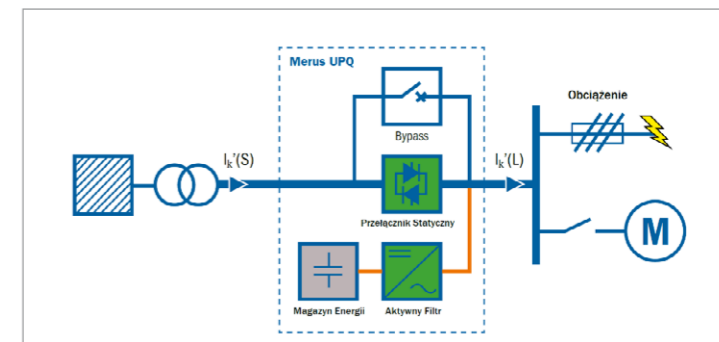
Reakcja w czasie rzeczywistym dla płynnego działania firmy

Merus UPQ jest oparty na nowoczesnej technologii energoelektronicznej, zapewniając wyjątkowo szybką i skuteczną reakcję na przerwy w dostawie prądu, spadki napięcia i szereg innych zakłóceń jakości energii. Taka dynamiczna reakcja w czasie rzeczywistym zapewnia nieprzerwaną moc procesów biznesowych. W trybie jakości energii filtruje zniekształcenia harmoniczných i poprawia współczynnik mocy w czasie krótszym niż 1 milisekunda. W przypadku awarii zasilania lub spadku napięcia przełączenie w tryb ochrony zasilania następuje w czasie krótszym niż 1,8 milisekundy.

Taka dynamiczna wydajność zapewnia maksymalny czas sprawności i dostępność systemu dla kluczowych procesów biznesowych.

Nowoczesne sterowanie i monitorowanie

Wyrafinowany panel ekranu dotykowego zapewnia zaawansowane opcje monitorowania, zarówno na miejscu, jak i poza nim. Zdalne monitorowanie jest możliwe za pośrednictwem Ethernetu, dzięki czemu możesz być na bieżąco dzięki funkcji raportowania. Nowoczesne funkcje monitorowania i raportowania dostarczają użytkownikowi odpowiednich informacji i mają opcję integracji z innymi systemami SCADA za pomocą inteligentnych funkcji komunikacyjnych.



Rys. 3. Wsparcie startu generatora



Panel Sterowania UPQ

Kompleksowa ochrona za pomocą jednego solidnego rozwiązania

Konwencjonalne rozwiązania na rynku oferują niepełną ochronę, która często ogranicza się do wyzwań po stronie zasilania lub obciążenia. Merus UPQ to kompleksowy i skuteczny pakiet ochrony przed zakłóceniami zarówno po stronie zasilania, jak i obciążenia. Zapewnia pełne korzyści wielu produktów, np. UPS, kompensatora mocy i aktywny filtr harmonicznych w jednym solidnym rozwiązaniu.

Elastyczne połączenie z siecią niskiego i średniego napięcia

Cała ochrona obiektu z elastycznością podłączania Merus UPQ na dowolnym poziomie napięcia. Merus UPQ zapewnia doskonałe opcje łączności, w przeciwieństwie do innych rozwiązań. Można go łatwo podłączyć na dowolnym poziomie napięcia do 38,5 kV. Taka elastyczność umożliwi zaprojektowanie ekonomicznie opłacalnego rozwiązania ochrony zasilania, wykorzystującego najbardziej zoptymalizowane pod względem kosztów nośniki energii dla całych procesów produkcyjnych. Ta doskonała funkcja ogranicza przestoje w produkcji do minimum.

Indywidualna ochrona od kilku sekund do kilku godzin

Merus UPQ jest domyślnie wyposażony w Ultrakondensatory (UC) / Superkondensatory, które zapewniają doskonałą ochronę w przypadku krótkotrwałych zakłóceń. Jednak rozwiązanie Merus UPQ można dostosować do zastosowań wymagających ochrony zasilania przez dłuższy okres. UPQ można zaprojektować dla zastosowań wymagających minutowego zasilania z wykorzystaniem baterii litowo-tytanowych (LTO) jako nośników energii. Jeśli jednak ochrona zasilania jest potrzebna jeszcze dłużej, akumulatory litowo-jonowych (Li-Ion) będą idealnym nośnikiem energii.



Merus Power Dynamic Oy to firma z fińskiej Nokii – ekspert w dziedzinie jakości energii, obecna na wszystkich kontynentach ze swoimi produktami.

Przedstawiciel w Polsce:
Electrical Power Quality Systems Sp. z o.o.
ul. Chełmińska 103, 86-300 Grudziądz
+ 48 790 760 100
www.epqs.pl



reklama

W naszej księgarni znajdziecie Państwo książki z dziedziny:



elektrotechnika
instalacje
budownictwo

- budownictwa
- chłodnictwa
- ciepłownictwa i ogrzewnictwa
- gazownictwa
- instalacji sanitarnych
- ochrony środowiska
- wentylacji i klimatyzacji
- instalacji elektrycznych
- informatyki
- oraz programy, słowniki, poradniki

ksiegarniatechniczna.com.pl

Księgarnia Techniczna Grupa MEDIUM

ul. Karczewska 18
04-112 Warszawa
tel.: 22 810 21 24
faks 22 810 27 42

e-mail: eib@ksiegarniatechniczna.com.pl
www.ksiegarniatechniczna.com.pl



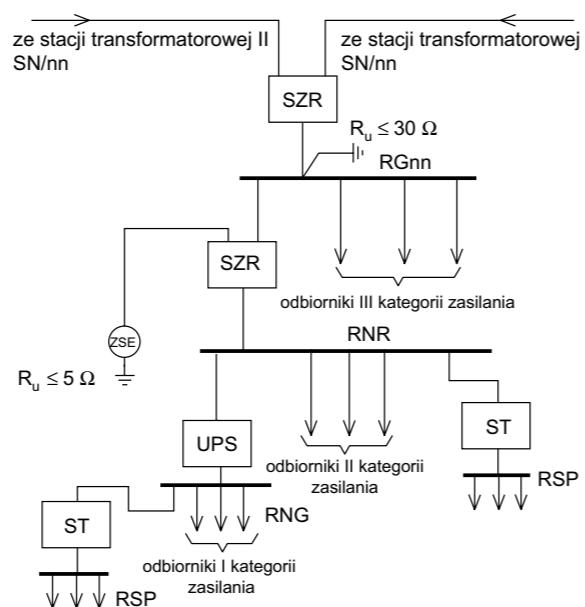
dobór mocy źródeł zasilania awaryjnego i gwarantowanego

metodyka projektowania ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych zasilanych z tych źródeł

mgr inż. Julian Wiatr

W artykule zostały przedstawione podstawowe zasady doboru mocy zespołu prądowców oraz zasilacza UPS, pracujących w układach zasilania budynków. Opisana została metodyka projektowania ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie oraz sterowanie napięciem dotykowym do wartości dopuszczalnej długotrwale w instalacjach zasilanych z zespołu prądowców oraz zasilacza UPS. Przedstawiona metodyka jest zgodna z wymaganiami normy PN-HD 60364-4-41:2009 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Instalacje dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym*.

Wymagania dotyczące zasilania budynków zostały ogólnie sprecyzowane w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2015 roku poz. 1422) [1]. Dokument ten skupia się głównie na szczegółowych wymaganiach dotyczących instalacji stanowiących elementy wyposażenia budynków. Znacznie bardziej precyzyjnie wymagania dotyczące zasilania obiektów budowlanych zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Łączności z 21 kwietnia 1995 roku w sprawie zasilania energią elektryczną obiektów budowlanych łączności



Rys. 1. Schemat blokowo-ideowy zasilania budynku, gdzie: **kategoria III** – odbiorniki, dla których długotrwała przerwa w dostawie energii elektrycznej nie spowoduje wystąpienia zagrożenia życia lub powstania dużych strat materialnych, **kategoria II** – dopuszcza się czas przerwy niezbędny na uruchomienie zespołu prądowców, **kategoria I** – nie dopuszcza się żadnej przerwy w zasilaniu [11]

(DzU nr 50/1995, poz. 271) [2]. Posługując się wymaganiami tego dokumentu oraz podziałem odbiorników elektrycznych na kategorie przyjęte w gospodarce energetycznej, można opracować uniwersalny układ zasilania budynku przedstawiony na **rysunku 1**.

Rozbudowany układ zasilania budynków wymagających wysokiej niezawodności dostawy energii elektrycznej jest podyktowany parametrami jakościowymi napięcia zasilającego zdefiniowanymi w normie PN-EN 50160:2010 *Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych* [7] oraz wymogami Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (DzU nr 93/2007, poz. 623) [3]. Żaden z tych dokumentów nie gwarantuje zapewnienia wysokiej niezawodności dostaw energii z Systemu Elektroenergetycznego, przez co wymaga się instalowania w układzie zasilania dodatkowych źródeł poprawiających niezawodność dostaw energii elektrycznej.

źródła zasilania awaryjnego i gwarantowanego a System Elektroenergetyczny

Jednym z najważniejszych parametrów opisujących źródło zasilania jest moc zwarcio-

$$S_{kQ} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_k'' = \frac{c_{\max} \cdot U_n^2}{Z_{kQ}} \quad (1)$$

gdzie:

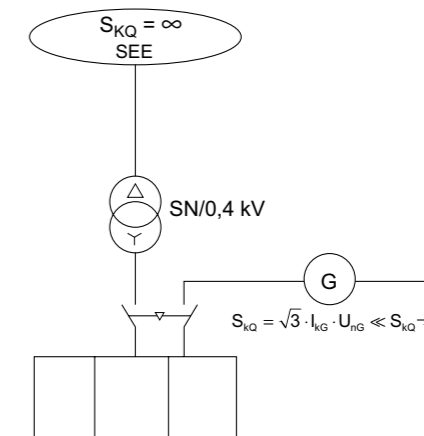
U_n – napięcie nominalne, w [kV],

I_k'' – początkowy prąd zwarcioowy, w [kA],

Z_{kQ} – impedancja źródła zasilania widziana z miejsca wystąpienia zwarcia, w [Ω],

c_{\max} – współczynnik korekcyjny siły elektromotorycznej zasilającej obwód zwarcioowy ($c=1$ dla $U=3 \times 230/400$ V; $c=1,05$ dla nn innej wartości niż $3 \times 230/400$ V; $c=1,1$ dla $U > 1$ kV).

Parametr ten nie posiada sensu fizycznego, ale pozwala na obliczenie pozostałych parametrów obwodu zwarcioowego w dowolnym punkcie obwodu elektrycznego, które mają sens fizyczny. System Elektroenergetyczny ma moc zwarciową bardzo dużą (średnia wartość na szynach SN GPZ-tu wynosi:



Rys. 2. Porównanie mocy zwarciowych SEE oraz zespołu prądowców pracującego w układzie zasilania awaryjnego

Moc zespołu prądowłórczego, w [kVA]	Moc zwarciova na zaciskach generatora, w [MVA]
100	0,3
200	0,6
500	1,5
1000	3,0
2000	6,0
6000	18,0

Tab. 1. Moce zwarciove wybranych zespołów prądowłórczych nn

$S''_{kQ} = 160\text{--}250\text{ MVA}$), ze względu na zasilanie go przez wiele generatorów pracujących na zamknięty układ, co symbolicznie przedstawia **rysunek 2**. Na tym samym rysunku został przedstawiony pojedynczy generator nn, pracujący w układzie zasilania awaryjnego. Z porównania obydwu źródeł wynika, że generator zespołu prądowłórczego ma moc zwarciova ograniczoną, której wartość zależy od mocy znamionowej zespołu prądowłórczego. Wartości mocy zwarciowych wybranych zespołów prądowłórczych przedstawia **tabela 1**.

Przedstawione wartości wskazują, że przy doborze mocy zespołu prądowłórczego lub innego źródła zasilania pracującego w układzie wyspowym, jaki powstaje w przypadku zasilania w stanie awaryjnym, należy uwzględnić zwiększone zapotrzebowanie mocy występujące przy rozruchu silników, zasilaniu odbiorników nieliniowych oraz innych podobnych obciążeń, których nie uwzględnia się przy zasilaniu z SEE. Stan ten jest podyktowany małą wartością mocy zwarciovej źródeł zasilania awaryjnego lub gwarantowanego.

dobór mocy zespołu prądowłórczego

Za podstawę doboru mocy zespołu prądowłórczego należy przyjąć wartość mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej przez odbiorniki, które mają zostać objęte systemem zasilania awaryjnego.

Moc czynną zapotrzebowaną należy wyznaczyć z następującego wzoru:

$$P_z = \sum_{i=1}^n k_z \cdot P_i \quad (2)$$

gdzie:

P_z – moc czynna zapotrzebowana czynna, w [kW],

k_z – współczynnik zapotrzebowania, w [-],

P_i – moc czynna i-tego odbiornika objętego systemem zasilania awaryjnego, w [kW].

Kolejnym krokiem jest obliczenie mocy biernej zapotrzebowanej, którą należy wyznaczyć w następujący sposób:

$$Q_z = \sum_{i=1}^n k_z \cdot \operatorname{tg} \varphi_i \cdot P_i = \sum_{i=1}^n k_z \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2 \varphi_i} - 1} \cdot P_i \quad (3)$$

gdzie:

Q_z – moc bierna zapotrzebowana, w [kvar],

$\cos \varphi_i$ – współczynnik mocy i-tego odbiornika objętego systemem zasilania gwarantowanego, w [-].

Na podstawie obliczonej wartości mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej należy obliczyć współczynnik mocy $\cos \varphi_z$:

$$\cos \varphi_z = \frac{P_z}{\sqrt{P_z^2 + Q_z^2}} \quad (4)$$

gdzie:

$\cos \varphi_z$ – współczynnik mocy obliczony na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej, w [-].

Kolejnym krokiem jest obliczenie minimalnej mocy czynnej, jaką musi dysponować generator zespołu prądowłórczego. Wyznaczenie mocy pozornej na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej ze wzoru:

$$S_G \geq \sqrt{P_z^2 + Q_z^2} \quad (5)$$

może prowadzić do błędnych wyników.

Ponieważ generator zespołu prądowłórczego musi pokryć zapotrzebowanie mocy czynnej P_z oraz mocy biernej Q_z , w przypadku gdy generator wytwarza energię przy współczynniku mocy $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nG}$, zmniejsza się zdolność wykorzystania mocy czynnej generatora ze względu na obciążalność cieplną stojana.

Silnik spalinowy napędzający generator jest dostosowany do mocy czynnej generatora, czyli do pracy generatora przy znamionowym współczynniku mocy $\cos \varphi_{nG}$. W przypadku wytwarzania energii elektrycznej przy współczynniku $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nG}$ następuje zmniejszenie jego wykorzystania.

Względne obciążenie generatora mocą czynną można określić współczynnikiem wykorzystania, który należy obliczyć ze wzoru:

$$p = \frac{\cos \varphi_z}{\cos \varphi_{nG}} \quad (6)$$

Wymagana minimalna moc czynna zespołu prądowłórczego musi spełniać następującą nierówność:

$$P_{G\min} \geq \frac{P_z}{p} \quad (7)$$

Obliczony ze wzoru (6) współczynnik wykorzystania p należy podstawić do wzoru (7). W przypadku gdy $p \geq 1$, do wzoru (7) należy wstawić wartość 1. Wartość współczynnika mocy $\cos \varphi_{nG}$ należy przyjąć zgodnie z DTR zespołu prądowłórczego.

W przypadku braku informacji w tym zakresie można przyjmować $\cos \varphi_{nG} = 0,8$. Moc pozorna zespołu prądotwórczego musi spełniać następującą nierówność:

$$S_{nG} \geq \frac{P_{Gmin}}{\cos \varphi_z} \quad (8)$$

gdzie:

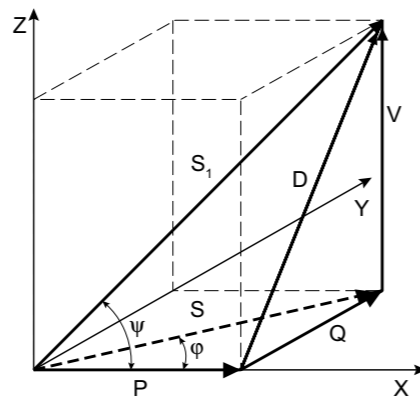
P_{Gmin} – minimalna mocy czynna, jaką musi pokryć generator zespołu prądotwórczego, w [kW].

Mała wartość współczynnika mocy $\cos \varphi_z$ powoduje zmniejszenie siły elektromotorycznej generatora wskutek rozmagnesowującego działania składowej biernej prądu obciążenia.

Jeżeli generator oddaje większą moc bierną niż znamionowa, ze względu na konieczność utrzymania napięcia znamionowego i nie przeciążanie wirnika należy zmniejszyć moc czynną obciążenia. W dopuszczalnych dla prądów wirnika granicach automatyka zespołu prądotwórczego reguluje wartość prądu wzbudzenia utrzymując na stałym poziomie wartość napięcia wyjściowego generatora. Zatem wytwarzanie energii elektrycznej przez generator zespołu prądotwórczego przy współczynniku mocy $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nG}$ skutkuje koniecznością zwiększenia jego mocy pozornej do wartości umożliwiającej pełne pokrycie mocy czynnej zapotrzebowanej P_z oraz mocy biernej zapotrzebowanej Q_z .

Wprowadzanie układów kompensacji mocy biernej (szczególnie indukcyjnej) jest niewskazane ze względu na charakter pracy źródła zasilającego i w konsekwencji może doprowadzić do przedwczesnego zniszczenia kondensatorów.

Natomiast gdy zespół prądotwórczy zasila odbiorniki nieliniowe, powstają zniekształcenia prądu pobieranego ze źródła. Zniekształcenia te powodują pojawianie się w sieci zasilającej oraz instalacji odbiorczej harmonicznych, interharmonicznych i subharmonicznych, które na ogół nie są w fazie z napięciem. Zjawisko wyższych harmonicznych powoduje, że oprócz mocy czynnej i biernej pojawia się moc deformacji V , co oznacza, że moc pozorna nie może być określona jako iloczyn prądu i napięcia podstawowej harmonicznej. Wartość mocy deformacji V zależy od stopnia odkształcenia



Rys. 3. Czworokąt mocy dla układu o odkształconych przebiegach napięcia i prądu, P – moc czynna, w [kW], Q – moc bierna, w [kvar], S – moc pozorna części liniowej obwodu, w [kVA], S_1 – moc pozorna obwodu nieliniowego, w [kVA], V – moc deformacji, w [kVA], D – moc dystorsji, definiowana jako $D^2 = Q^2 + V^2$ [17]

przebiegów napięcia i prądów, czyli od zawartości wyższych harmonicznych, a w układach wielofazowych również od stopnia asymetrii. W przypadku obciążeń asymetrycznych współczynnik mocy $\cos \varphi$ nie jest jednakowy dla poszczególnych faz. W każdej fazie jego wartość może być różna i uzależniona od wartości mocy czynnej i biernej obciążającej fazę. Niepożądanym skutkiem niesymetrycznego obciążenia jest wzrost wartości napięcia ponad wartość znamionową w fazie najmniej obciążonej. Oszacowanie wartości mocy deformacji powodowanej niesymetrycznym obciążeniem jest dość trudne, zatem zgodnie z zaleceniami producentów zespołów prądotwórczych podczas projektowania układu zasilania awaryjnego należy zadbać, by przy zasilaniu odbiorników przez zespół prądotwórczy asymetria obciążenia nie przekraczała 20%.

Moc pozorną zapotrzebowaną przez odbiornik nieliniowy należy określić wzorem:

$$S^2 = P^2 + Q^2 + V^2 \quad (9)$$

Moc czynna przebiegu odkształconego jest sumą mocy czynnych harmonicznych napięcia i prądu o tej samej częstotliwości, czyli:

$$P = \sum_{k=1}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot \cos \varphi_k \quad (10)$$

Natomiast moc bierną przebiegu odkształconego obliczamy z powszechnie akceptowanego wzoru:

$$Q = \sum_{k=1}^{\infty} U_k \cdot I_k \cdot \sin \varphi_k \quad (11)$$

Natomiast, moc pozorna obwodu liniowego jest określona następującym wzorem:

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (12)$$

W tym przypadku moc deformacji $V = 0$.

Ilustrację graficzną mocy P, Q, V, S_1 i S przedstawia **rysunek 3**.

Rysunek 3. wyjaśnia również, że dla obwodów nieliniowych współczynnik mocy nie może zostać określony wzorem (13), który jest słuszny dla obwodów liniowych:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (13)$$

W obwodach nieliniowych współczynnik mocy jest definiowany jako (**rys. 3.**):

$$\cos \Psi = \frac{P}{S_1} = \frac{I_1}{I} \cdot \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} I_k^2}}$$

gdzie:

φ_k – przesunięcie fazowe pomiędzy napięciem i prądem dla harmonicznej rzędu k ,

$$\sin \varphi_k = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_k}$$

Prąd znamionowy urządzenia trójfazowego pobierającego prąd odkształcony należy wyrazić poniższym wzorem:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \Psi} \quad (15)$$

Z równań (14) oraz (15) wynika, że przy ustalonej wartości prądu znamionowego I_n urządzenia i wzroście odkształcenia prądu rzeczywiście przepływającego przez to urządzenie zmniejsza się moc znamionowa czynna, którą można je obciążać.

Zatem odbiorniki nieliniowe pobierające prąd odkształcony z generatora powodują zmniejszenie możliwości wykorzystania mocy czynnej generatora zespołu prądowłórczego W celu pokrycia mocy zapotrzebowanej przez te odbiorniki moc generatora musi ulec zwiększeniu.

Minimalną moc czynną generatora niezbędną do pokrycia mocy zapotrzebowanej przez te odbiorniki należy wyznaczyć ze wzoru:

$$P_{Gmin} \geq \frac{P_z}{p \cdot W} \quad (16)$$

gdzie:

p – współczynnik wykorzystania określony wzorem (6), w [-],

P_z – moc czynna zapotrzebowana przez odbiorniki objęte systemem zasilania awaryjnego, w [kW],

P_{Gmin} – wymagana minimalna moc czynna generatora zespołu prądowłórczego, w [kW],

$W \approx \left(\frac{100}{100 + THD_{i\%}} \right)^2$ – współczynnik zniekształcenia, w [-], w którym:

$THD_{i\%}$ – współczynnik odkształcenia prądu, w [-].

Natomiast moc zespołu prądowłórczego określamy zgodnie ze wzorem (8).

Wartość współczynnika $THD_{i\%}$ zawartości harmoniczych w odkształconym przebiegu prądu, należy wyznaczyć ze wzoru:

$$THD_{i\%} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} \cdot 100\% \quad (17)$$

gdzie:

I_k – wartość skuteczna k -tej harmonicznej prądu, w [A],

I_1 – wartość skuteczna harmonicznej podstawowej prądu, w [A],

k – rząd harmonicznej, w [-].

THD _{i%}	3%	5%	8%	10%	15%	20%	30%	40%
W	0,95	0,91	0,86	0,83	0,76	0,70	0,60	0,51

Tab. 2. Wartości współczynnika zniekształcenia W , w zależności od wartości współczynnika $THD_{i\%}$

Przykładowe wartości współczynnika W , w zależności od wartości współczynnika $THD_{i\%}$, przedstawia **tabela 2**.

Wraz ze wzrostem współczynnika $THD_{i\%}$ maleje współczynnik zniekształceń W , a zatem moc generatora niezbędna do pokrycia mocy zapotrzebowanej ulega zwiększeniu. Podobne problemy powstają przy zasilaniu silników elektrycznych, gdzie przy rozruchu jest pobierany kilkukrotnie większy prąd niż podczas pracy w stanie ustalonym. Skutkuje to znacznie większym poborem mocy, który musi być pokryty przez generator zespołu prądowłórczego. Charakterystykę rozruchu silnika indukcyjnego przedstawia **rysunek 4**.

Dla pojedynczego silnika, przy współczynniku rozruchu k_r , moc zespołu prądowłórczego musi spełniać warunek:

$$S_{ng} \geq \frac{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot k_r \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta}{\cos \varphi_r}$$

gdzie:

I_n – prąd znamionowy silnika, w [A],

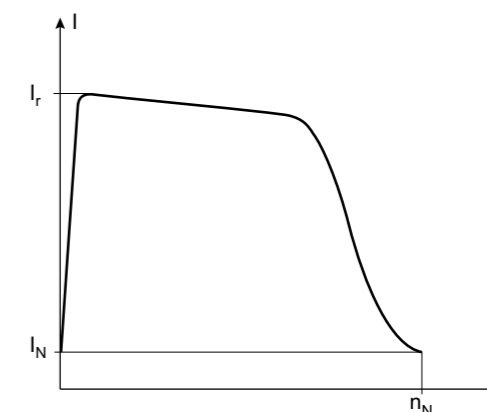
k_r – współczynnik rozruchu silnika, w [-],

$\cos \varphi_n$ – znamionowy współczynnik mocy silnika, w [-],

$\cos \varphi_r$ – współczynnik mocy silnika podczas rozruchu (0,1-0,4), w [-],

η – sprawność silnika, w [-].

Podobne postępowanie należy przyjąć przy zasilaniu grupy silników. Korzystnie jest w takim przypadku realizować rozruch sekwencyjny, a w przypadku silników o dużej mocy dodatkowo rozruch z wykorzystaniem przełącznika gwiazda/trójkąt. Nie należy stosować softstartu do rozruchu silników przy zasilaniu z generatora zespołu prądowłórczego. Układy softstartu są niekompatybilne z automatyką zespołu prądowłórczego przez co rozruch silnika z wykorzystaniem tych urządzeń będzie niemożliwy. Należy dobrać moc zespołu tak, by generator dysponował mocą niezbędną do wykonania rozruchu silnika, kiedy występuje zwiększony pobór mocy w stosunku do warunków powstających w stanie ustalonym.



Rys. 4. Charakterystyka rozruchu silnika indukcyjnego klatkowego

dobór mocy zasilaczy UPS

Podstawą doboru mocy zasilacza UPS jest moc czynna i bierna zapotrzebowana przez odbiorniki, które mogą być zasilane z dobieranego zasilacza UPS. Moc czynną zapotrzebowaną należy wyznaczyć ze wzoru (2), natomiast moc bierną zapotrzebowaną należy obliczyć ze wzoru (3). Kolejnym krokiem jest obliczenie minimalnej mocy pozornej na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej oraz mocy biernej zapotrzebowanej ze wzoru (18) (określona zgodnie za wzorem (18) moc pozorna dotyczy mocy UPS-a, która jest podawana w katalogach producentów):

$$S_{nUPS} \geq \sqrt{P_z^2 + Q_z^2} \quad (18)$$

W przypadku gdy systemem zasilania gwarantowanego zostaną objęte silniki, zasilacz UPS musi zapewnić pokrycie zwiększonego zapotrzebowania mocy wynikającego z rozruchu zasilanych silników. W przypadku zasilania odbiorników nieliniowych wyznaczenie mocy czynnej zapotrzebowanej należy obliczyć z poniższego wzoru:

$$P_z = \sum_{i=1}^n k_z \cdot \frac{P_i}{W_i} \quad (19)$$

Uwzględnienie prądów rozruchowych oraz odkształconych przy doborze mocy zasilacza UPS jest niezbędne dla jego poprawnego funkcjonowania. UPS o zbyt małej mocy przeznaczony do zasilania odbiorników nieliniowych lub silników elektrycznych przy wzroście obciążenia automatycznie przejdzie na bypass zewnętrzny, co skutkowało będzie pozbawieniem układu zasilania funkcji napięcia gwarantowanego. Przy doborze zasilacza UPS należy również zwrócić uwagę na znamionowy współczynnik szczytu, który określa, ile może zostać przekroczona chwilowa wartość szczytowa prądu w stosunku do rzeczywistej wartości skutecznej tego prądu. W produkowanych obecnie zasilaczach UPS współczynnik szczytu wynosi na ogół 3. Jeżeli wartość współczynnika szczytu w przebiegu prądu pobieranego z UPS przekroczy wartość znamionowego współczynnika szczytu, to mogą wystąpić zakłócenia w pracy zasilacza łącznie z jego wyłączeniem.

uwaga!

Moc zasilacza UPS podawana w kartach katalogowych dotyczy wyjścia. Moc wejściowa zasilacza nie jest równa mocy wyjściowej. Zasilacz pobiera z sieci moc większą niż oddaje zasilanym odbiornikom. Podczas projektowania układów zasilania UPS należy uwzględnić ten problem. Dobierając moc zasilacza UPS na podstawie mocy czynnej zapotrzebowanej P_z należy przyjmować 25% rezerwy w celu skompensowania chwilowego wzrostu mocy lub ewentualnych błędów jej oszacowania.

Ponieważ zasilacz UPS musi pokryć zapotrzebowanie mocy czynnej P_z oraz mocy biernej Q_z , w przypadku gdy UPS konwertuje energię przy współczynniku mocy $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nG}$, zmniejsza się zdolność wykorzystania mocy czynnej UPS ze względu na możliwości przełączeniowe układu półprzewodnikowego falownika.

Falownik zasilacza UPS zasilający odbiorniki ma ograniczenia wydajności mocy czynnej związanej z kształtowaniem przebiegu napięcia przy poborze prądu odbiorników zarówno o charakterze pojemnościowym, jak i indukcyjnym, czyli $\cos \varphi_{nUPS}$, zatem w przypadku wytwarzania energii elektrycznej przy współczynniku $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nG}$ skutkuje zmniejszeniem jego wykorzystania.

Względne obciążenie zasilacza UPS mocą czynną można określić współczynnikiem wykorzystania, który należy obliczyć ze wzoru:

$$p = \frac{\cos \varphi_z}{\cos \varphi_{nUPS}} \quad (20)$$

Wymagana minimalna moc czynna zasilacza UPS musi spełniać następującą nierówność:

$$P_{UPSmin} \geq \frac{P_z}{p} \quad (21)$$

Obliczony ze wzoru (20) współczynnik wykorzystania p należy podstawić do wzoru (21). W przypadku gdy $p \geq 1$, do wzoru (22) należy wstawić wartość 1. Wartość współczynnika mocy $\cos \varphi_{nUPS}$ należy przyjąć zgodnie z DTR zasilacza UPS.

W przypadku braku informacji w tym zakresie można przyjmować $\cos \varphi_{nUPS} = 0,8$ dla zasilaczy UPS o konstrukcji transformatorowej lub $\cos \varphi_{nUPS} = 0,9$ dla zasilaczy beztransformatorowych z falownikiem IGBT. Moc pozorna zasilacza UPS musi spełniać następującą nierówność:

$$S_{nUPS} \geq \frac{P_{UPSmin}}{\cos \varphi_{nUPS}} \quad (22)$$

gdzie:

P_{UPSmin} – minimalna mocy czynna, jaką musi pokryć generator zespołu prądotwórczego, w [kW],

$\cos \varphi_{nUPS}$ – znamionowy współczynnik mocy zasilacza UPS, w [-] (wartość $\cos \varphi_{nUPS}$ należy przyjmować na podstawie DTR producenta UPS; w przypadku braku danych można przyjmować wartość 0,8).

Mała wartość współczynnika mocy $\cos \varphi_z$ powoduje przeciążenie falownika, a w konsekwencji może doprowadzić do jego wyłączenia lub przełączenia zasilacza UPS na wewnętrzny tor obejściowy.

Jeżeli zasilacz UPS oddaje większą moc bierną niż znamionowa, ze względu na konieczność utrzymania napięcia znamionowego i nieprzeciążanie falownika należy zmniejszyć moc czynną obciążenia. Zatem wytwarzanie energii elektrycznej przez zasilacz UPS przy współczynniku mocy $\cos \varphi_z < \cos \varphi_{nUPS}$ skutkuje koniecznością zwiększenia jego mocy do wartości umożliwiającej pełne pokrycie mocy czynnej zapotrzebowanej P_z oraz mocy biernej zapotrzebowanej Q_z .

Wprowadzanie układów kompensacji mocy biernej (szczególnie indukcyjnej) jest niewskazane ze względu na charakter pracy źródła zasilającego i w konsekwencji może doprowadzić do przedwczesnego zniszczenia kondensatorów. W przypadku gdy zasilacz służy do zasilania urządzeń z dużym prądem rozruchowych, za podstawę doboru mocy należy przyjmować prądy rozruchowe tych urządzeń, które nie mogą przekraczać wartości prądu znamionowego zasilacza UPS z uwzględnieniem jego chwilowego przeciążenia określonego w DTR producenta. W przypadku gdy zasilacz UPS zasila odbiorniki nieliniowe, powstają zniekształcenia prądu pobieranego ze źródła. Zniekształcenia te powodują pojawianie się w sieci zasilającej oraz instalacji odbiorczej harmonicznych, interharmonicznych i subharmonicznych, które na ogół nie są w fazie z napięciem. Zjawisko wyższych harmonicznych powoduje, że oprócz mocy czynnej i biernej pojawia się moc deformacji V , co oznacza, że moc pozorna nie może być określona jako iloczyn prądu i napięcia podstawowej harmonicznej. Wartość mocy deformacji V zależy od stopnia odkształcenia przebiegów napięcia i prądów, czyli od zawartości wyższych harmonicznych, a w układach wielofazowych również od stopnia asymetrii.

W przypadku obciążeń asymetrycznych współczynnik mocy $\cos \varphi$ nie jest jednakowy dla poszczególnych faz. W każdej fazie jego wartość może być różna i uzależniona od wartości mocy czynnej i biernej obciążającej fazę. Oszacowanie wartości mocy deformacji powodowanej niesymetrycznym obciążeniem jest dość trudne, jednak współczesne zasilacze UPS beztransformatorowe z falownikiem wykonanym w technologii IGBT są odporne na niesymetrię obciążenia wyjściowego.

tandem UPS – zespół prądotwórczy

W celu uzyskania większej niezawodności do systemu zasilania gwarantowanego wprowadza się dodatkowe źródła zasilania awaryjnego, tj. zespół prądotwórczy. Taki układ daje bardzo duże bezpieczeństwo i pewność, że w razie awarii systemu zasilania podstawowego urządzenia o znaczeniu krytycznym będą zasilane bez przerw, co uchroni odbiorców od wielu, niejednokrotnie poważnych strat, a tym samym strat spowodowanych przerwami w dostawie energii elektrycznej.

Zasilacz UPS powinien być dobrane do oszacowanej mocy odbiorników. Należy pamiętać, by sumaryczna moc odbiorników nie przekraczała ani wyjściowej mocy czynnej, ani wyjściowej mocy pozornej zasilacza. Wskazane jest niewielkie przewymiarowanie zasilacza (10–20%), które stanowiłoby rezerwę na okresowy wzrost lub błędy w szacowaniu mocy odbiorników.

UPS przeznaczony do współpracy z zespołem prądotwórczym powinien stanowić barierę między odbiorami a zespołem. Chodzi o maksymalne wyeliminowanie wpływu na zespół odkształconych prądów pobieranych przez odbiorniki nieliniowe (np. urządzenia komputerowe). Powinien to być UPS, który nie wiąże kształtu prądu wejściowego z kształtem prądu pobieranego przez odbiorniki. Podstawowe parametry zasilacza UPS, niezbędne do oszacowania mocy przez niego zapotrzebowanej, przedstawia **rysunek 5**.

Zespół prądotwórczy powinien bezpiecznie pokrywać zapotrzebowanie mocy wejściowej zasilacza UPS i odbiorników kategorii II. Jego moc jest sumą mocy pobieranej przez UPS w stanie pełnego obciążenia i mocy odbiorników kategorii II.

$$P_G \geq \frac{P_{IIz}}{p \cdot \cos \varphi_{IIz}} + P_{wejUPS} \quad (23)$$

gdzie:

P_{wejUPS} – moc wejściowa zasilacza UPS, w [kW],

P_{IIz} – moc czynna odbiorników kategorii II, w [kW].

Moc wejściową zasilacza UPS obliczamy korzystając z zależności:

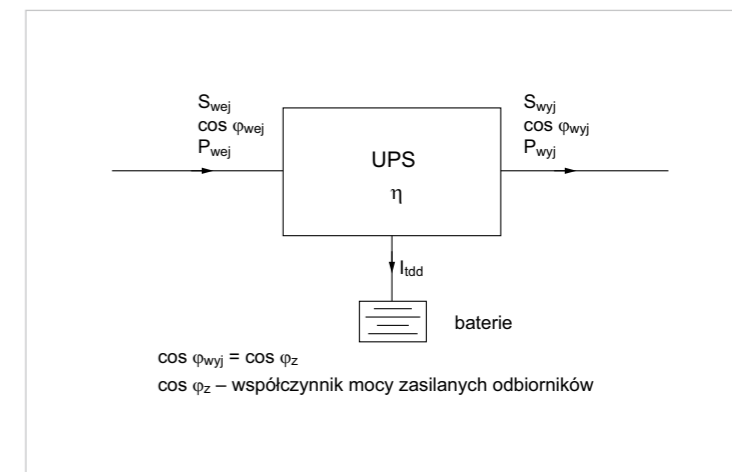
$$P_{wejUPS} = \frac{P_{UPSwy}}{\eta \cdot W} + \frac{P_B}{W} = \frac{P_{UPSwy}}{\eta \cdot W} + \frac{0,25 \cdot P_{UPSwy}}{W} \quad (24)$$

gdzie:

P_{UPSwy} – wyjściowa moc czynna dysponowana przez zasilacz UPS, w [kW],

η – sprawność zasilacza UPS, w [-],

W – współczynnik przewymiarowania agregatu biorący pod uwagę między innymi odkształcenie prądu wejściowego zasilacza UPS,



Rys. 5. Parametry zasilacza UPS niezbędne do oszacowania mocy przez niego zapotrzebowanej

P_B – dodatkowa moc wejściowa zasilacza związana z ładowaniem baterii (co najmniej 25% mocy znamionowej zasilacza), w [kW].

Jeżeli zasilacz UPS ma możliwość rozbudowy (zwiększenie mocy wyjściowej przewidziane w konstrukcji urządzenia), należy brać pod uwagę największą moc wyjściową zasilacza. Zalecane jest też stosowanie zasilaczy wyposażonych w specjalny interfejs do współpracy z zespołem prądowórczym, pozwalający aktywnie ograniczyć prąd wejściowy przez zablokowanie funkcji ładowania baterii do chwili powrotu napięcia w sieci. Wówczas można zrezygnować z 25-procentowej nadwyżki mocy zespołu, niezbędnej do ewentualnego ładowania baterii. Do współpracy z zespołem prądowórczym zaleca się stosowanie zasilaczy UPS wyposażonych w filtr redukujący zawartość harmoniczną w prądzie wejściowym do poziomu około 10% (głębsza redukcja jest bezcelowa, nie wpływa znacząco na poprawę charakterystyki współpracy zasilacza z generatorem zespołu prądowórczego, nie jest więc uzasadniona ekonomicznie). Nie powinno się stosować innych topologii zasilaczy niż online, gdyż tylko taka gwarantuje, że poprawność współpracy zasilacza UPS z zespołem prądowórczym nie zachwieje się w wyniku zmiany charakterystyki odbiorników.

Zalecane jest stosowanie zespołów prądowórczych wyposażonych w elektroniczne regulatory prędkości obrotowej, z nowoczesnymi prądnicami przystosowanymi do nieliniowych obciążeń. Generalnie poleca się stosowanie urządzeń sprawdzonych we współpracy i zapewniających stabilność zasilania w każdych warunkach.

uwaga!

W przypadku zastosowania zespołu prądowórczego wyposażonego w generator przystosowany do obciążeń nieliniowych, stopień przewymiarowania zespołu może być mniejszy, jednak powinien być uzgodniony z producentem lub dostawcą.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

EcoStruxure
Innovation At Every Level

Ciągłość biznesowa – to proste

Easy UPS 3S

Easy UPS 3S zapewnia stabilne zasilanie. Charakteryzuje się odporną konstrukcją układów elektrycznych, trwałością oraz wydajnością, dzięki której Twoja firma może zadbać o ciągłość swojej działalności. Jest przygotowany do współpracy z oprogramowaniem EcoStruxure, może pracować w szerokim zakresie temperatur i jest solidnie zabezpieczony przed przeciążeniem. A wszystkie te zalety kryją się w lekkim i kompaktowym urządzeniu. Za sprawą wyjątkowego połączenia niskich kosztów posiadania, atrakcyjnej specyfikacji i łatwości instalacji, Easy UPS 3S będzie oczywistym wyborem dla firm poszukujących rozwiązania zapewniającego ciągłość działania.

Dowiedz się więcej

Life Is On | **Schneider Electric**

dobór mocy źródeł zasilania awaryjnego i gwarantowanego

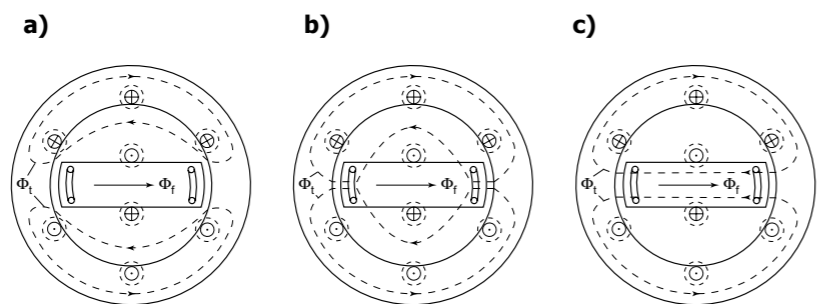
metodyka projektowania ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych zasilanych z tych źródeł

mgr inż. Julian Wiatr

projektowanie ochrony przeciwporażeniowej w instalacji zasilanej z generatora zespołu prądowórczego

Zespół prądowórczy w stosunku do Systemu Elektroenergetycznego jest źródłem „miękkim”, w którym impedancja obwodu zwarciego ulega szybkim zmianom w czasie zwarcia (przyjmuje się, że system elektroenergetyczny charakteryzuje się stałą impedancją obwodu zwarciego z uwagi na dużą wartość mocy zwarciowej, w upraszczających założeniach przyjmowaną jako nieskończoną). W chwili wystąpienia zwarcia ulega zmianie rozpląt strumieni magnetycznych w generatorze zespołu prądowórczego. Rozpląty strumieni w generatorze podczas zwarcia przedstawia **rysunek 1**. W początkowej fazie zwarcia nazywanej stanem podprześciowym, skutek działania klatki tłumiącej strumień główny wytwarzany przez prądy płynące w uzwojeniu stojana jest wypychany poza wirnik (**rys. 1a**). W stanie tym reaktancja generatora charakteryzuje się małą wartością, wynoszącą przeciętnie (10–15)% znamionowej wartości reaktancji generatora w stanie statycznym. Stan ten trwa bardzo krótko ze względu na małą wartość elektromagnetycznej stałej czasowej T , wynoszącej dla generatorów nn średnio 0,01 s.

Działanie klatki tłumiącej ze względu na małą wartość jej rezystancji szybko ustaje, co skutkuje powolnym wchodzeniem strumienia głównego w wirnik (**rys. 1b**). Stan ten nazywany

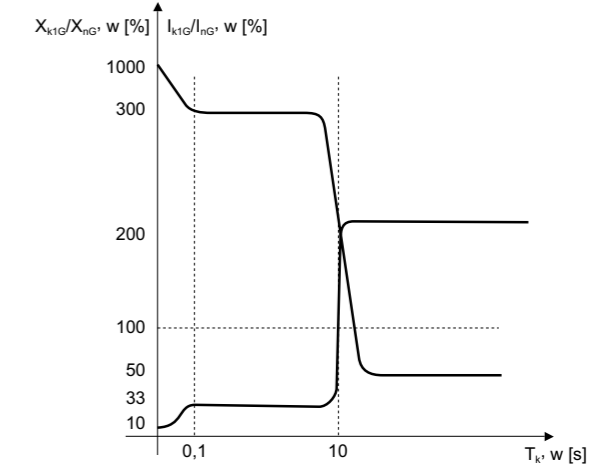


Rys. 1. Przebieg wypchanego poza wirnik strumienia stojana w czasie zwarcia: a) stan podprześciowy, b) stan przejściowy, c) stan ustalony [11]

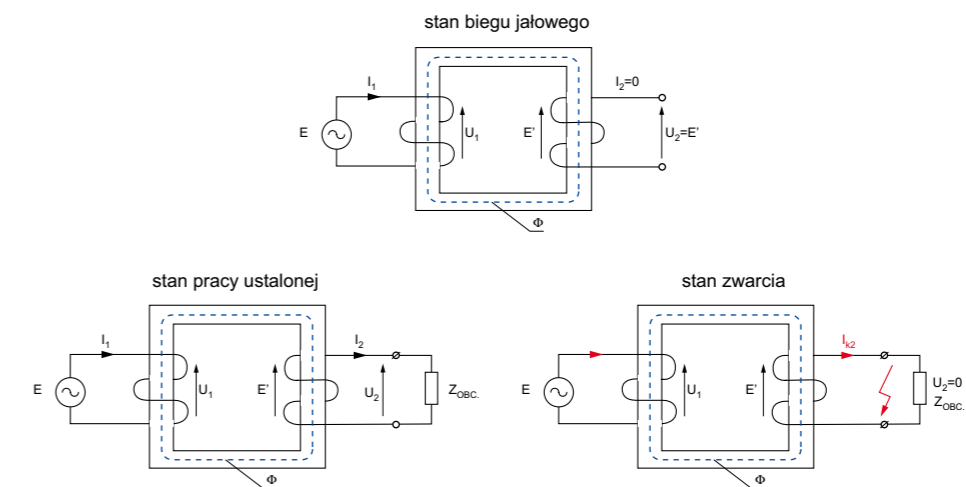
jest stanem przejściowym i charakteryzuje się wzrostem reaktancji generatora, która dla generatorów nn wynosi średnio (30–40)% wartości reaktancji znamionowej generatora. Generator w krótkim czasie przechodzi w stan ustalony zwarcia, co objawia się dalszym wzrostem reaktancji obwodu zwarciowego. W stanie ustalonym zwarcia strumień główny oraz strumień wzbudzenia zamykają się przez wirnik generatora (**rys. 1c**). Ponieważ kierunki tych strumieni są przeciwne, strumień wypadkowy ulega zmniejszeniu. Zjawisko to prowadzi do gwałtownego wzrostu reaktancji generatora, która dla generatorów nn wynosi (200–300)% wartości reaktancji znamionowej genera-

tora. W zespołach prądowórczych konstruowanych obecnie, instalowany jest regulator prądu wzbudzenia wyposażony w układ forsowania, który pozwala podczas zwarcia na utrzymanie określonej wartości reaktancji generatora przez czas nie dłuższy od 10 s, liczony od momentu zainicjowania zwarcia.

Na **rysunku 2** przedstawiono uproszczone charakterystyki zmienności reaktancji zwarciowej w generatorze nowoczesnego zespołu prądowórczego oraz zmienności prądu zwarciowego na jego zaciskach. Parametry obwodu zwarciowego ulegają szybkim



Rys. 2. Unormowane charakterystyki: a) zmienności reaktancji zwarciowej generatora, b) zmienności prądu zwarciowego generatora, przy zwarcu na jego zaciskach, gdzie: X_{nG} – znamionowa reaktancja generatora (wartość w stanie statycznym), w [Ω], X_{k1G} – reaktancja generatora dla zwarc jednofazowych, [Ω], I_{nG} – prąd znamionowy generatora, w [A], I_{k1G} – prąd zwarcia jednofazowego dla zwarc na zaciskach generatora, w [A], T_k – czas trwania zwarcia, w [s] [11]



Rys. 3. Porównanie drogi strumienia magnetycznego w transformatorze jednofazowym dla różnych stanów pracy

zmianom, co powoduje trudności w uzyskaniu skutecznej ochrony przeciwporażeniowej w odległej instalacji odbiorczej realizowanej przez samoczynne wyłączenie. Dla porównania zachowania się generatora podczas zwarcia na **rysunku 3.** zostały przedstawiony dwuuzwojeniowy jednofazowy transformator dla stanu pracy jałowej, stanu pracy normalnej oraz stanu zwarcia. Z rysunku tego wynika, że w przeciwieństwie do generatora transformator charakteryzuje się stałą drogą przepływu strumienia magnetycznego. Stan ten wskazuje na niezmienność parametrów zwarciovych transformatora. W nowoczesnych zespołach prądowórczych, producent zapewnia (wskutek działania układów automatyki) utrzymanie prądu zwarciovego na zaciskach generatora o wartości $3 \cdot I_n$ przez 10 s (dłuższe utrzymywanie takiego stanu grozi zniszczeniem izolacji uzwojeń).

Dzięki temu do obliczeń skuteczności samoczynnego wyłączenia można przyjmować wartość reaktancji zwarciovej generatora X_{k1G} (na jego zaciskach) wyliczoną ze wzoru:

$$X_{k1G} = 0,33 \cdot X_{nG} = 0,33 \cdot \frac{U_{nG}^2}{S_{nG}} \quad (1)$$

gdzie:

U_{nG} – napięcie znamionowe generatora zespołu prądowórczego, w [kV],

S_{nG} – moc znamionowa generatora zespołu prądowórczego, w [MVA].

W ogólnym przypadku, przy założeniu:

$$I_k^n = n \cdot I_{nG} \quad (2)$$

można zapisać wzór na reaktancję generatora dla zwarc jednofazowych jako:

$$X_{k1G} = \frac{U_{nG}^2}{n \cdot S_{nG}} \quad (3)$$

gdzie:

n – krotność prądu znamionowego utrzymywana podczas zwarc na zaciskach generatora, podawana przez producenta ZP w DTR).

Dla porównania tych wartości w **tabeli 1.** zostały przedstawione impedancje wybranych transformatorów przyłączonych do Systemu Elektroenergetycznego oraz generatorów zespołów prądowórczych. Przedstawiona w **tabeli 1.** reaktancja generatorów po 10 sekundach od

Moc transformatora lub generatora zespołu prądowórczego, w [kVA]	Impedancja transformatora na jego zaciskach, w [Ω]	Reaktancja generatora na jego zaciskach przyjmowana do obliczania skuteczności samoczynnego wyłączenia (rezystancja uzwojeń stanowi zaledwie $0,03 \cdot X_{nG}$ i może zostać pominięta w obliczeniach praktycznych), w [Ω]
100	0,072	0,528
160	0,045	0,330
250	0,028	0,211
400	0,018	0,132
500	0,014	0,106

Tab. 1. Zestawienie impedancji transformatora i generatora o tej samej mocy

chwili powstania zwarcia ulega znacznemu zwiększeniu (**rys. 2.**).

Porównując dane przedstawione w **tabeli 1.** widać, jak duże rozbieżności występują w wartościach impedancji zwarciovych obydwu źródeł.

Przez okres działania układu forsowania wzbudzenia (10s od chwili zainicjowania zwarcia) stosunek impedancji transformatora do impedancji generatora, zgodnie z **tabelą 3.**, wyniesie:

$$Z_{k1G} / Z_{kT} \approx 7,33$$

Po upływie czasu działania układu forsowania wzbudzenia stosunek tych impedancji uzyskuje wartość: $Z_{kG} / Z_{kT} \approx 22$, przy której spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia jest niemożliwe. Obwód zwarciovej dla potrzeb ochrony przeciwporażeniowej przedstawia **rysunek 4.**

Spośród trzech układów sieci: TT, IT oraz TN (TN-C; TN-C-S i TN-S), przy zasilaniu obiektów budowlanych najbardziej nadaje się układ TN-S lub TN-C-S. Układ IT może być stosowany tylko w ograniczonym zakresie pod warunkiem, że drugie zwarcie przekształci go w układ TN i spełniony zostanie warunek samoczynnego wyłączenia w czasie podanym w **tabeli 2.**

Warunek samoczynnego wyłączenia w sieci TN, należy uznać za spełniony jeżeli:

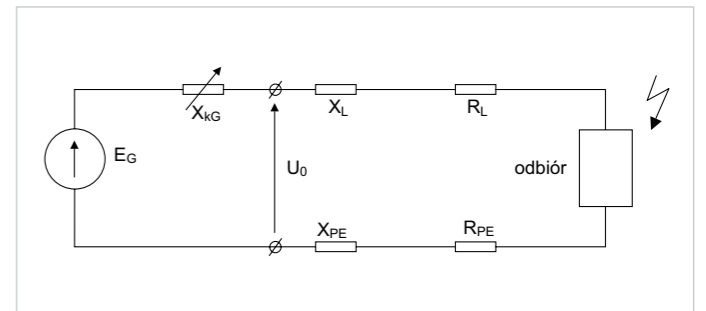
$$I_{k1} = \frac{0,8 \cdot U_0}{Z_s} \geq I_a \quad (4)$$

$$Z_s = \sqrt{(X_{k1G} + X_L)^2 + (R_{kG} + R_L)^2} \quad (5)$$

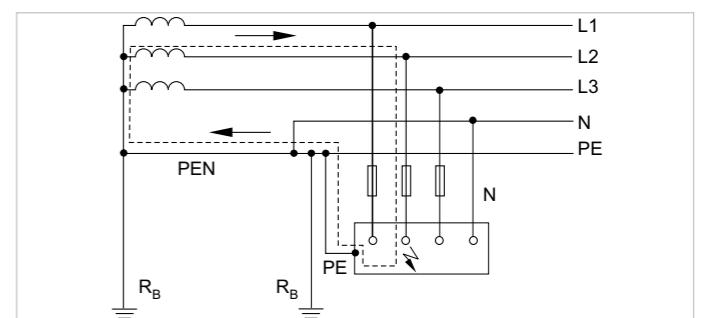
gdzie:

Z_s – impedancja pętli zwarciovej obejmującej źródło zasilania, przewód roboczy aż do punktu zwarcia i przewód ochronny między punktem zwarcia a źródłem, w [Ω],

I_a – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia wyłączającego w czasie określonym przez normę PN-HD 60364-4-41 [5],



Rys. 4. Schemat jednofazowego obwodu zwarcia w instalacji zasilającej z zespołu prądowórczego [11]



Rys. 5. Schemat układu zasilania TN-C-S z oznaczeniem obwodu zwarcia [11]

Układ zasilania	Zakres napięcia zasilającego							
	50 V < U ₀ ≤ 120 V		120 V < U ₀ ≤ 230 V		230 V < U ₀ ≤ 400 V		U ₀ > 400 V	
	Dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia							
	[s]		[s]		[s]		[s]	
	ac	dc	ac	dc	ac	dc	ac	dc
TN	0,8	Wyłączenie może być wymagane z innych przyczyn niż ochrona przeciwporażeniowa	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3		0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

Uwaga! Układ zasilania IT przy podwójnym zwarciu, w zależności od sposobu uziemienia zasilanych odbiorników (indywidualne, grupowe, zbiorowe), przechodzi w układ TT lub TN. Ocena tego stanu leży po stronie projektanta i w zależności od spodziewanego przejścia w układ TT lub TN należy przyjąć dopuszczalne czasy samoczynnego wyłączenia.

Tab. 2. Dopuszczalne czasy samoczynnego wyłączenia w układach zasilania TN oraz TT [5]

R_{kG} – rezystancja uzwojeń generatora, w [Ω]:

$$R_{kG} = 0,03 \cdot \frac{U_{nG}^2}{S_{nG}} \quad (6)$$

X_{k1G} – reaktancja generatora dla zwarć jednofazowych (wg wzoru 1), w [Ω].

Schemat układu zasilania TN z oznaczonym obwodem zwarcia przedstawia **rysunek 5**. W tym przypadku prąd zwarciowy zamyka się w obwodzie wyznaczonym przez żyły przewodzące przewodów, w przeciwieństwie do układu zasilania TT (**rys. 6.**), gdzie obwód prądów zwarciowych zamyka się przez rezystancje uziemienia R_A oraz R_B. Duże wartości rezystancji uziemień w układzie zasilania TT powodują znaczne ograniczenie wartości prądów zwarciowych, co skutkuje trudnościami w spełnieniu warunku samoczynnego wyłączenia dla zabezpieczeń o prądzie znamionowym większym od 16 A.

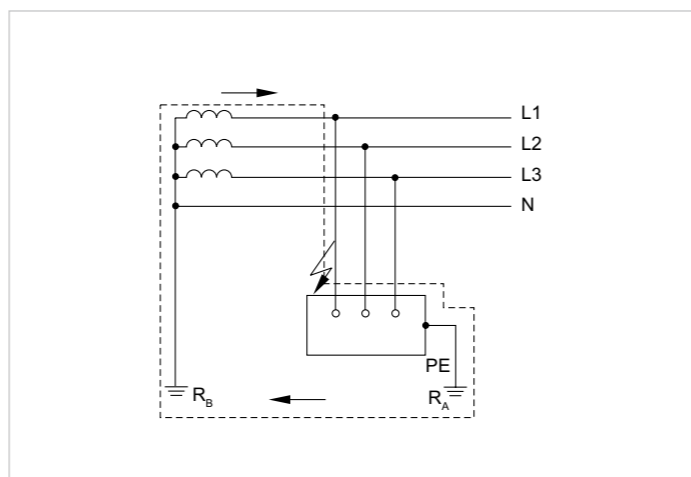
Przy zasilaniu z zespołu prądotwórczego uzyskanie skutecznej ochrony przeciwporażeniowej przy zastosowaniu tylko urządzeń przetężeniowych może być nieskuteczne. Konieczne zatem wydaje się zastosowanie urządzeń różnicowoprądowych w instalacji odbiorczej. Do instalacji zasilającej gniazda przeznaczone do zasilania odbiorników ręcznych należy stosować wyłączniki różnicowoprądowe o znamionowym prądzie różnicowym nie większym od 30 mA.

W układzie TT w zależności od przyjętego aparatu zabezpieczającego obowiązują następujące warunki samoczynnego wyłączenia:

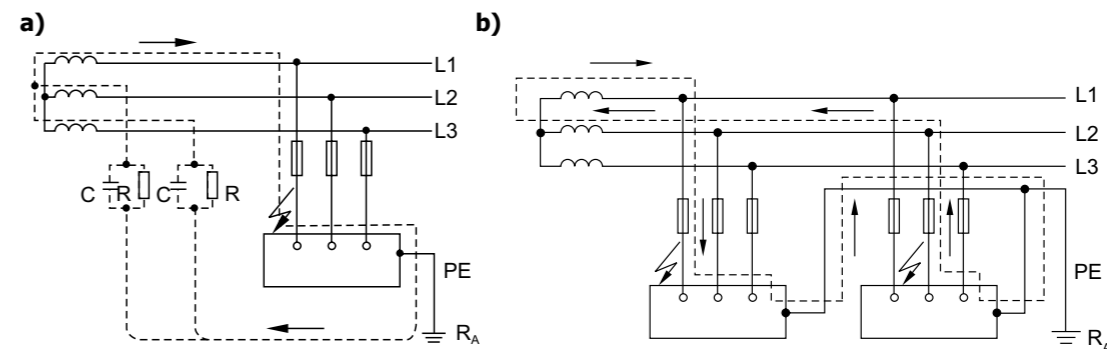
a) zabezpieczenie nadprądowe:

$$I_{kl} = \frac{0,8 \cdot U_0}{Z_{kl}} \geq I_a \quad (7)$$

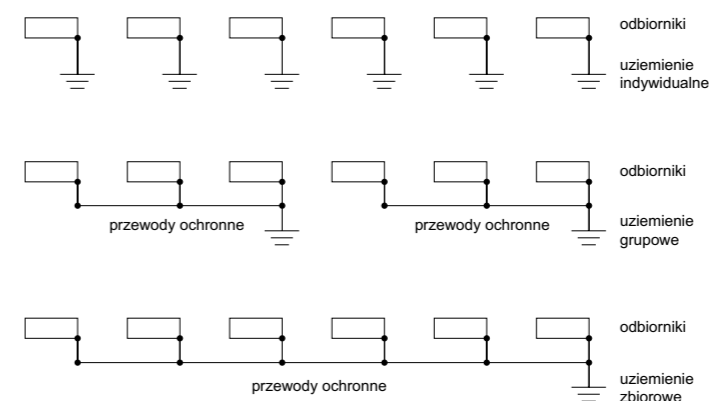
b) zabezpieczenie wyłącznikiem różnicowoprądowym (I_{Δn} – znamionowy



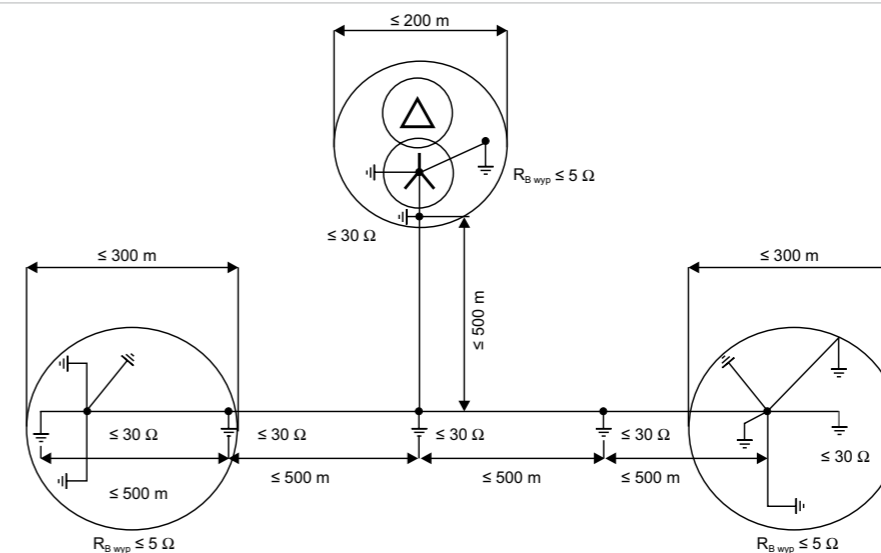
Rys. 6. Schemat układu zasilania TT [11]



Rys. 7. Układ zasilania IT: a) pojedyncze zwarcie, b) podwójne zwarcie [11]



Rys. 8. Sposoby uziemienia odbiorników w układzie zasilania IT [11]



Rys. 9. Wymagania dotyczące uziemienia zespołu prądotwórczego zgodnie z normą N SEP-E001 [6]

prąd różnicowy wyłącznika różnicowoprądowego; U_L – dopuszczalne długotrwałe napięcie dotykowe):

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}} \quad (8)$$

W przypadku układu zasilania IT, którego schemat przedstawia **rysunek 7.**, obowiązują nieco odmienne wymagania, gdyż pojedyncze zwarcie jest niegroźne i powinno być zasygnalizowane przez UKSI (pominięty na **rysunku 7.**) w celu podjęcia natychmiastowych działań mających na celu niedopuszczenie do drugiego zwarcia. Pojawiające się drugie zwarcie przekształca układ zasilania w zależności od sposobu uziemienia w układ zasilania TN lub TT. W rozpatrywanym przypadku najkorzystniejszym jest przejście układu IT, przy drugim zwarcie w układ TN.

Wymaga to zbiorowego uziemienia wszystkich odbiorników zasilanych ze wspólnego źródła i oceny czasu samoczynnego wyłączenia właściwego dla układu zasilania TN. Sposoby uziemienia odbiorników przy zasilaniu w układzie IT przedstawia **rysunek 8.**

Wymagania w zakresie samoczynnego wyłączenia przy podwójnym zwarcu zgodnie normą [5] przedstawiają poniższe wzory:

a) układ zasilania z przewodem neutralnym:

$$I_k = \frac{U_n}{Z_s} \geq I_a \quad (9)$$

b) układ zasilania bez przewodu neutralnego:

$$I_k = \frac{U_0}{Z_s} \geq I_a \quad (10)$$

gdzie:

Z_s ; Z'_s – impedancja obwodu zwarcowego dla zwarc podwójnych, w $[\Omega]$,

U_0 – napięcie pomiędzy przewodem fazowym a uziemionym przewodem ochronnym, w $[V]$,

U_n – napięcie międzyfazowe, w $[V]$,

I_a – prąd wyłączający zabezpieczenie w czasie dopuszczonym przez normę PN-HD 60364-4-41 [5].

Rezystancja uziemienia punktu neutralnego generatora stacjonarnego zespołu prądowórczego pracującego w układzie zasilania awaryjnego nie może być wyższa niż 5Ω . Wymagania w tym zakresie precyzuje norma N SEP-E 001 *Sieci elektroenergetyczne nn. Ochrona przeciwporażeniowa* [6], a ich ilustrację graficzną przedstawia **rysunek 9.** (zgodnie z niemiecką normą DIN VDE 0100-5-55 [11] w warunkach polowych wymagana wartość uziemienia punktu neutralnego generatora nie może być większa od 50Ω).

Wymagania określone w normie N SEP-E 001 [6], wynikają bezpośrednio z **rysunku 9.**

W celu niedopuszczenia do pojawienia się napięcia niebezpiecznego dla zasilanych odbiorników w fazach nieobjętych zwarcem, rezystancja punktu neutralnego generatora nie może przekraczać 5Ω . Wartość ta wynika z następującego rozumowania:

$$I_d = \frac{U_0}{R_B + R_E}$$

$$U_{R_B} = I_d \cdot R_B = U_{PEN} \Rightarrow I_d = \frac{U_{PEN}}{R_B}$$

$$U_{PEN} \leq 50\text{ V}$$

$$\frac{U_{PEN}}{R_B} = \frac{U_0}{R_B + R_E} \Rightarrow \frac{R_B}{R_E} = \frac{50}{230 - 50} = 0,278$$

$$R_E = 10\Omega$$

– wg. standardów IEC
zatem: $R_B \leq 2,78\Omega$

Przy nieprzekroczeniu wartości 50 V wektora napięcia punktu neutralnego w fazach nieuszkodzonych pojawi się napięcie o wartości nie większej od 260 V , co zabezpiecza zasilane odbiorniki przed uszkodzeniem:

$$U_{L2} = U_{L3} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3} \cdot 230}{2}\right)^2 + (230 \cdot \cos 60^\circ + 50)^2} \approx 260\text{ V} \quad (12)$$

Wartość 5Ω była właściwa do momentu obowiązywania napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale o wartości 65 V oraz wartości $R_E = 12\Omega$.

W 1991 roku nastąpiła zmiana wymagań w tym zakresie, która wprowadziła $U_L = 50\text{ V}$ oraz $R_E = 10\Omega$. W jej wyniku właściwa wartość $R_B = 2,8\Omega$. Norma w tym przypadku złagodziła ten wymóg, żądając, by wypadkowa rezystancja uziemienia wszystkich uziomów w zakresie wspólnego źródła nie przekraczała wartości 5Ω . W przypadku rezystywności gruntu $\rho \geq 500\Omega \cdot \text{m}$, warunek uziemienia jest określony następującym wzorem [6]:

$$R = 5\Omega \Rightarrow R \geq \frac{P_{\min}}{100} \quad (13)$$

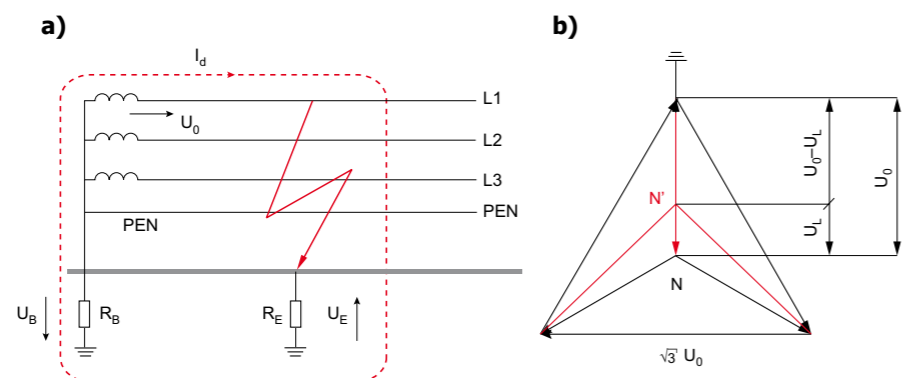
W przypadku przyłączenia zespołu prądowórczego poprzez transformator nn/SN, jak zostało przedstawione na **rysunku 10.**, co występuje przy dużych odległościach od zasilanych odbiorników, wartości prądów zwarcowych będą uzależnione od zmian impedancji generatora i należy je uwzględnić w obliczeniach.

Jednokreskowy schemat obwodu zwarcowego w takim przypadku przedstawia **rysunek 11.**

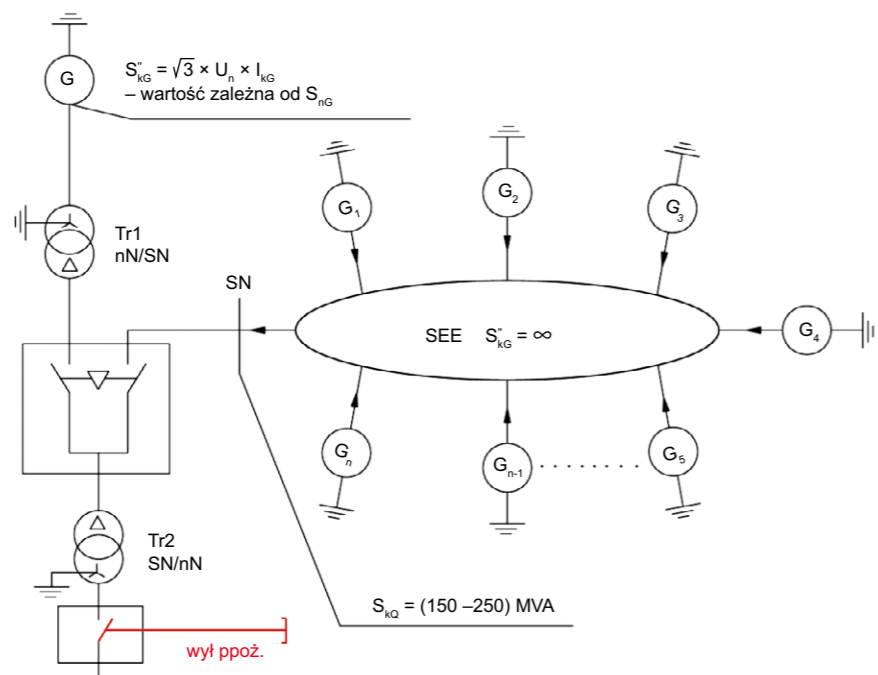
Natomiast impedancję obwodu zwarcowego należy określić za pomocą następującego wzoru:

$$Z = Z_{k1G} + 2 \cdot Z_{L1nn} + Z_{kTnn/SN} + Z_{LSN} + Z_{kTSN/nn} + 2 \cdot Z_{L2nn} \quad (14)$$

Należy pamiętać, że zmiany impedancji generatora podczas zwarc są śledzone nadążnie w zasilanym odbiorniku.



Rys. 10. Obwód zwarcia przy doziemieniu przewodu fazowego z pominięciem przewodu PEN: **a)** obwód zwarciov, **b)** wykres wskazowy napięć



Rys. 11. Układ zasilania odbiorników nn, znajdujących się w znacznej odległości od ZP

Ograniczenie impedancji źródła do nieziennej wartości dolnych uzwojeń transformatora SN/nn przyjmowanej przy zasilaniu z Systemu Elektroenergetycznego prowadzi do błędów.

W tabeli 2. podane zostały dopuszczalne czasy samoczynnego wyłączenia dla układu zasilania TN oraz układu zasilania TT, zgodnie z wymaganiami normy [5].

W przypadku gdy spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia w instalacji zasilanej z zespołu prądowłórczego jest niemożliwe, należy przeprowadzić ocenę skuteczności

ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu (przed dotykem pośrednim) przez sprawdzenie, czy w czasie zwarcia doziemnego przy przepływie prądu zwarciovego równego wartości prądu wyłączającego zabezpieczenia w czasie dopuszczonym przez normę [5], na częściach przewodzących dostępnych wystąpi napięcie dotykowe U_{ST} o wartości nieprzekraczającej wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwałe U_L w danych warunkach środowiskowych ($U_{ST} \leq U_L$).

Obwód zwarciov w takim przypadku przedstawia rysunek 12., na którym widoczny jest przewód ochronny PE łączący chronione urządzenie z Główną Szyną Uziemiającą (GSU) budynku.

W takim przypadku, zgodnie z wymaganiami określonymi w PN-HD 60364-4-41 [5] uważa się, że ochrona jest skuteczna, jeżeli napięcie dotykowe U_{ST} jest mniejsze od napięcia dotykowego U_L dopuszczalnego długotrwałe w danych warunkach środowiskowych. Przy upraszczającym założeniu ($Z_{PE} \cong R_{PE}$) oraz przyjęciu $I_k = I_a$, można zapisać następujący warunek:

$$U_{ST} = I_a \cdot R_{PE} = \frac{1}{\gamma \cdot S_{PE}} \leq U_L \quad (15)$$

gdzie:

I_a – prąd wyłączający urządzenia zabezpieczającego (w obwodzie zasilania zespołu prądowłórczego lub urządzenia odbiorczego) w czasie określonym w normie PN-HD 60364-4-41 [5], w [A],

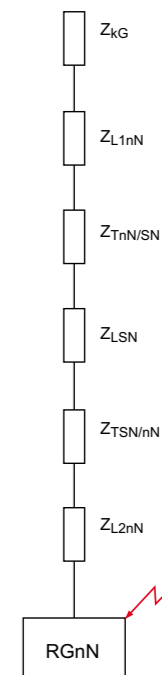
R_{PE} – wartość rezystancji przewodu połączenia wyrównawczego miejscowego PE częściami przewodzącymi dostępnymi jednocześnie, w [Ω],

U_L – dopuszczalna długotrwałe w danych warunkach środowiskowych wartość napięcia dotykowego, w [V],

l – długość przewodu ochronnego łączącego chronione urządzenie z GSU, w [m],

γ – konduktywność żyły przewodzącej, w [$m/(\Omega \cdot mm^2)$].

Przekształcenia wzoru (15) pozwalają uzyskać wzór na wymagany przekrój przewodu ochronnego PE, łączącego chronione urządzenie z GSU:



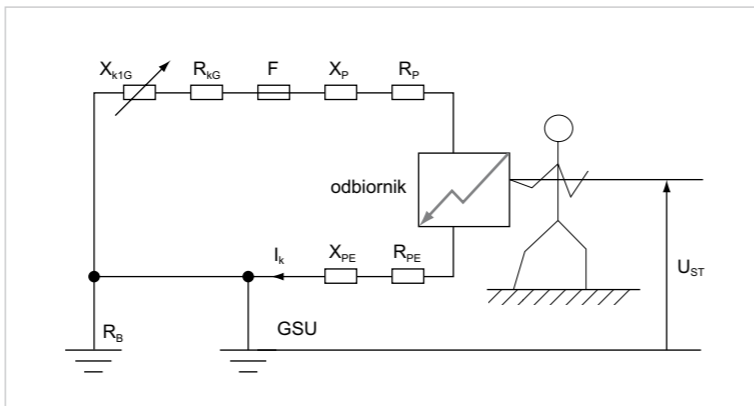
Rys. 12. Jednokreskowy schemat obwodu zwarciovego dla układu zasilania awaryjnego z przyłączonym zespołem prądowłórczym do linii SN

$$S_{PE} \geq \frac{I_a \cdot I}{U_L \cdot \gamma} \quad (16)$$

w którym przepływający prąd zwarcia jednofazowego I_{k1} spowoduje:

- przy $I_{k1} \geq I_a$, samoczynne wyłączenie zasilania chronionego odbiornika,
- przy $I_{k1} < I_a$, pojawienie się napięcia dotykowego spełniającego warunek: $U_{ST} \leq U_L$.

Przyjęcie takiego sposobu rozwiązania ochrony przeciwporażeniowej gwarantuje jej zachowanie przy dowolnej wartości spodziewanego prądu zwarciovego.



Rys. 13. Napięcie dotykowe na obudowie uszkodzonego odbiornika przy zwarciu jednofazowym z ziemią, gdzie: I_k – prąd zwarciovowy, R_{kG} – rezystancja uzwojenia generatora, X_{k1G} – reaktancja generatora przyjmowana do obliczania zwarców jednofazowych, R_p – rezystancja przewodów zasilających odbiornik, X_p – reaktancja przewodów zasilających odbiornik, R_{PE} – rezystancja przewodu ochronnego, X_{PE} – reaktancja przewodu ochronnego, F – zabezpieczenie, GSU – główna szyna uziemiająca, R_B – rezystancja uziemienia generatora zespołu prądotwórczego [8]

zasady projektowania ochrony przeciwporażeniowej

W zasilaczu UPS przy zwarciu na jego wyjściu automatyka przekształtnika powoduje ograniczenie prądu zwarciovego do wartości $2,5 I_n$. Ograniczenie prądu zwarciovego do takiej wartości jest podyktowane koniecznością ochrony elementów aktywnych przekształtnika. Może jednak to skutkować niemożliwością samoczynnego wyłączenia w czasie wymaganym przez normę PN-HD 60364-4-41:2009 [5].

Należy jednak pamiętać, że w tym przypadku zwarcie jednofazowe jest cyklicznie zasilane przez wszystkie trzy fazy wskutek działania automatyki przekształtnika. W takim przypadku zasadnym jest zabezpieczenie obwodów odbiorczych wyłącznikami różnicowoprądowymi o znamionowym prądzie różnicowym nie większym od 30mA lub połączeniu chronionego odbiornika z GSU budynku przewodem PE o przekroju dobranym zgodnie z wzorem (16). W konsekwencji należy rozpatrywać dwa przypadki:

- praca w warunkach normalnych, gdzie obowiązują opisane ograniczenia,
- praca na bypasse, gdzie konieczna jest ocena samoczynnego wyłączenia na ogólnych zasadach.

literatura do artykułu na
elektro.info.pl

Z NAMI NIE ZABRAKNIĘ CI ENERGII



Oferujemy:

- monoblokowe zasilacze awaryjne UPS
- modułowe zasilacze awaryjne UPS
- stabilizatory napięcia
- akumulatory VRLA
- agregaty prądotwórcze

ANMARO Sp. z o.o.
ul. Na Skały 1b
35-321 Rzeszów
www.anmaro.pl

e-mail: anmaro@anmaro.pl
tel.: 22 378 1749
faks: 22 378 1750



analiza układów zasilania obiektów użyteczności publicznej o różnym stopniu niezawodności (część 1.)

dr hab. inż. Paweł Piotrowski, mgr inż. Andrzej Grzyb – Politechnika Warszawska

Budynki użyteczności publicznej to obiekty o często bardzo różnych wymaganiach niezawodnościowych. Układów zasilania stosowanych w praktyce dla tego typu obiektów jest również wiele. Obiekty wymagające największej dostępności, np. szpitale lub obiekty data center, wymagają wyjątkowo wysokiej dostępności systemu. Wymaga to zastosowania rozbudowanych układów zasilania bezprzerwowego. Z drugiej strony, istnieją obiekty, np. muzeum lub szkoła, dla których wymagania niezawodnościowe są stosunkowo niskie i nie wymagają one konieczności zastosowania układów zasilania bezprzerwowego.

charakterystyka obiektów budowlanych użyteczności publicznej

Jednostką użyteczności publicznej jest urząd państwowy lub instytucja służąca zaspokajaniu potrzeb społecznych [7].

W kraju występuje duża różnorodność układów zasilania obiektów użyteczności publicznej. Wynika to w głównej mierze z różnych wartości zapotrzebowanych mocy takich obiektów, różnych wymagań dotyczących niezawodności i pewności ich zasilania, różnych konfiguracji sieci elektroenergetycznej, odległości od stacji energetyki zawodowej oraz technicznych i ekonomicznych możliwości realizacji określonych rozwiązań [17].

Do przykładów obiektów użyteczności publicznej zaliczyć można m.in. [7, 15]:

- budynki biurowe,
- obiekty handlowe,
- obiekty usługowe,
- obiekty sportowe (stadiony, hale sportowe),
- placówki kulturalne (kina, teatry, opery, sale widowiskowe, muzea),
- obiekty edukacyjne (przedszkola, szkoły, uczelnie),
- obiekty służby zdrowia (szpitale, stacje pogotowia ratunkowego, przychodnie, gabinety lekarskie),
- żłobki,

streszczenie

W dwuczęściowym artykule przedstawiono różne układy zasilania obiektów użyteczności publicznej. Scharakteryzowano różne standardy ciągłości zasilania. Przedstawiono klasyfikację odbiorców w zależności od wymagań niezawodnościowych. Sformułowano ponadto uwagi i wnioski końcowe.

- dworce kolejowe,
- dworce autobusowe,
- zawodowa straż pożarna,
- banki,
- komendy policji,
- obiekty wojskowe,
- urzędy państwowe,
- ośrodki przetwarzania danych (data center),
- obiekty łączności.

Wymienione obiekty budowlane użyteczności publicznej nie mają jednakowych wymagań w zakresie ciągłości dostaw energii elektrycznej. Niektóre z nich, np. muzea, nie muszą spełniać bardzo rygorystycznych wymagań niezawodnościowych. Z drugiej strony, niektóre obiekty wymagają wyjątkowo wysokiej niezawodności zasilania. Zaliczyć do nich można np. szpitale (w szczególności sale operacyjne w szpitalach), obiekty wojskowe, komendy policji, zawodową straż pożarną, banki, obiekty łączności oraz ośrodki przetwarzania danych. Innymi słowy, obiekty budowlane użyteczności publicznej nie są spójne w zakresie wymagań niezawodnościowych.

Zapewnienie obiektom użyteczności publicznej bezprzerwowego zasilania jest bardzo kosztowne. W celu ograniczenia tych kosztów, powszechnie stosuje się podział na kategorie zasilania poszczególnych odbiorników. Zakwalifikowanie urządzeń do określonej kategorii odbiorników pozwala na stworzenie przejrzystego układu zasilania i zminimalizowanie kosztów związanych z zapewnieniem wymaganego poziomu niezawodności [21].

W zależności od indywidualnych wymagań (kategoria odbiorów) dotyczących pewności zasilania należy wybrać:

- odpowiedni układ zasilania o określonym stopniu pewności zasilania,
- opcjonalnie odpowiednie źródła zasilania awaryjnego i gwarantowanego o określonym stopniu niezawodności (liczba i typ zasilaczy bezprzerwowych UPS, liczba i typ zespołów prądotwórczych).
- Wartość napięcia zasilającego zależy od mocy zainstalowanych odbiorników w budynkach użyteczności publicznej [6]:

Grupa przyłączeniowa	Charakterystyka grupy
Grupa I	Podmioty, których urządzenia, instalacje i sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym wyższym niż 110 kV
Grupa II	Podmioty, których urządzenia, instalacje i sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym 110 kV
Grupa III	Podmioty, których urządzenia, instalacje i sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV, lecz niższym niż 110 kV
Grupa IV	Podmioty, których urządzenia, instalacje i sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV oraz mocy przyłączeniowej większej niż 40 kW lub prądzie znamionowym zabezpieczenia przedlicznikowego w torze prądowym większym niż 63 A
Grupa V	Podmioty, których urządzenia, instalacje i sieci są przyłączane bezpośrednio do sieci o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV oraz mocy przyłączeniowej nie większej niż 40 kW i prądzie znamionowym zabezpieczenia przedlicznikowego nie większym niż 63 A
Grupa VI	Podmioty, których urządzenia, instalacje i sieci są przyłączane do sieci poprzez tymczasowe przyłącze, które będzie, na zasadach określonych w umowie, zastąpione przyłączem docelowym, lub podmioty, których urządzenia, instalacje i sieci są przyłączane do sieci na czas określony, lecz nie dłuższy niż rok

Tab. 1. Grupy podmiotów ubiegających się o przyłączenie oraz warunki przyłączenia do sieci. Opracowano na podstawie [5]

Parametry napięcia	Grupa przyłączeniowa I-III, VI	Grupa przyłączeniowa IV-V
Przerwy planowane	Dopuszczalne przerwy określa umowa sprzedaży energii elektrycznej lub umowa o świadczenie usług przesyłania lub dystrybucji energii elektrycznej	Czas trwania jednorazowej przerwy ≤ 24 h, łączny czas trwania przerw w roku ≤ 48 h
Przerwy nieplanowane	Dopuszczalne przerwy określa umowa sprzedaży energii elektrycznej lub umowa o świadczenie usług przesyłania lub dystrybucji energii elektrycznej	Czas trwania jednorazowej przerwy ≤ 16 h, łączny czas trwania przerw w roku ≤ 35 h

Tab. 2. Standardy ciągłości zasilania odbiorców. Opracowano na podstawie [4, 5]

Branża	Koszt niedostępności, w [USD/min]
Finanse	40 000
Obsługa łańcucha dostaw	10 000
Planowanie zasobów przedsiębiorstwa	10 000
Zażywanie relacjami z klientem	8000
Handel elektroniczny	8000
Biznes elektroniczny	8000
Bazy danych	5000
Aplikacje e-mail	1000
Obsługa infrastruktury budynku	800

Tab. 3. Skutki finansowe spowodowane niedostępnością aplikacji dla różnych branż [12]

W przypadku obiektów użyteczności publicznej typowa moc nie przekracza 5 MW, zatem w zależności od mocy zainstalowanej zasilanie realizowane jest napięciem 230/400 V lub napięciem 15 kV (20 kV). Jednym z wyjątków są np. duże i bardzo duże obiekty data center, w których zapotrzebowanie na moc może przekroczyć 5 MW. W takich przypadkach możliwe jest zasilanie napięciem średnim lub napięciem 110 kV. Warto dodać, że według statystyk z 2012 roku dla dwudziestu dużych centrów przetwarzania danych w Polsce przydział mocy wahał się od nieco poniżej 1 MW do nawet ponad 30 MW. Zasilanie napięciem wyższym niż 230/400 V wymaga oczywiście budowy odpowiednich stacji transformatorowych zapewniających pokrycie zapotrzebowanej mocy przez obiekt [6].

standardy ciągłości zasilania według przepisów

Zagadnienie pewności dostaw energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej niskiego oraz średniego napięcia regulują m.in. [4]:

- norma PN-EN 50160:2010 – parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych,
- Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 4.05.2007 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego,
- umowy sprzedaży energii elektrycznej oraz świadczenia usług dystrybucji – podpisywane przez spółki dystrybucyjne z odbiorcami i wytwórcami przyłączanymi do sieci rozdzielczej,

- odbiorniki o mocy poniżej 0,25 MW zasilają się napięciem 230/400 V,
- odbiorniki o mocy powyżej 0,25 MW i poniżej 5 MW zasilają się napięciem SN (15 kV/20 kV),
- odbiorniki o mocy od 5 MW do 50 MW zasilają się napięciem SN lub napięciem 110 kV,
- odbiorniki o mocy powyżej 50 MW i poniżej 150 MW zasilają się napięciem 220 kV,
- odbiorniki o mocy ponad 150 MW zasilają się napięciem 220 kV lub wyższym.

W przypadku obiektów użyteczności publicznej typowa moc nie przekracza 5 MW, zatem w zależności od mocy

Kategoria odbiorcy	Wymagania dotyczące pewności zasilania	Możliwe rozwiązania układu zasilania	Przykładowi odbiorcy
I – podstawowa	Podstawowe. Dopuszczalne stosunkowo długie przerwy w zasilaniu nawet rzędu wielu minut	Zasilanie pojedynczą linią z sieci elektroenergetycznej. Brak wymogu zasilania rezerwowego	Domy mieszkalne na terenach wiejskich i w rzadkiej zabudowie miejskiej, nieduże bloki mieszkalne
II średnia	Podwyższone. Przerwy w zasilaniu nie powinny przekraczać kilkunastu sekund	Zasilanie pojedynczą linią + zespół prądotwórczy lub dwiema niezależnymi liniami z sieci. Zastosowane oświetlenie awaryjne	Budynki mieszkalne wysokościowe i wysokie
III – wysoka	Wysokie. Przerwy w zasilaniu nie powinny przekraczać 1 sekundy	Dwie niezależne linie zasilania sieciowego + urządzenia zasilania rezerwowego, z automatyką SZR	Duże hotele, szpitale, banki, stacje RTV, dworce kolejowe, porty lotnicze itp.
IV – najwyższa	Bardzo wysokie. Zasilanie bezprzerwowe. Niedopuszczalna jest przerwa w zasilaniu pewnej grupy urządzeń	Jak wyżej + zasilanie bezprzerwowe z UPS. Zespół prądotwórczy przystosowany do długotrwałego zasilania	Wybrane odbiory w obiektach kategorii III, np. sale operacyjne w szpitalach, systemy komputerowe banków, giełdy, systemy komputerowe w telekomunikacji

Tab. 4. Kategorie odbiorców w zależności od wymaganego stopnia pewności zasilania [1, 2]

	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3	Klasa 4
Dostępność infrastruktury	Niska	Średnia	Wysoka	Bardzo wysoka
Układ zasilania wg EN-50600-2-2	Jednotorowy (brak szczególnych wymagań)	Jednotorowa (redundancja elementów)	Wielotorowy (redundancja systemów)	Wielotorowy (odporny na awarie w czasie konserwacji)
Parametry środowiskowe wg EN-50600-2-3	Brak wymagań	Jednotorowy (brak wymagań – bez redundancji)	Jednotorowy (redundancja elementów)	Wielotorowy (redundancja systemów – konserwacja w trakcie pracy)
Okablowanie teleinformatyczne wg EN-50600-2-4	Połączenia pojedyncze punkt – punkt	Połączenia pojedyncze typu strukturalnego	Połączenia wielokrotne typu strukturalnego	Połączenia wielokrotne z wykorzystaniem wielu tras

Tab. 5. Klasy dostępności data center i przykładowe implementacje zgodnie z grupą norm EN 50600-2. Opracowano na podstawie [20]

- instrukcje ruchu i eksploatacji sieci rozdzielczych,
- wymagania techniczne dla jednostek wytwórczych przyłączanych do sieci zawierają załączniki do „Instrukcji ruchu i eksploatacji sieci rozdzielczych spółek dystrybucyjnych”.
Podział przerw w zasilaniu według [5]:
- **planowane** – wynikające z programu prac eksploatacyjnych sieci elektroenergetycznej; czas trwania tej przerwy jest liczony od momentu otwarcia wyłącznika do czasu wznowienia dostarczania energii elektrycznej;
- **nieplanowane** – spowodowane wystąpieniem awarii w sieci elektroenergetycznej, przy czym czas trwania tej przerwy jest liczony od momentu uzyskania przez przedsiębiorstwo energetyczne zajmujące się przesyłaniem lub dystrybucją energii elektrycznej informacji o jej wystąpieniu do czasu wznowienia dostarczania energii elektrycznej.

Przerwa planowana, o której odbiorca nie został powiadomiony z co najmniej 5-dniowym wyprzedzeniem, **jest traktowana jako przerwa nieplanowana**.

Przerwy w dostarczaniu energii elektrycznej w zależności od **czasu ich trwania** dzieli się na przerwy [5]:

- 1) przemijające (mikroprzerwy), trwające krócej niż 1 sekundę,
- 2) krótkie, trwające nie krócej niż 1 sekundę i nie dłużej niż 3 minuty,
- 3) długie, trwające nie krócej niż 3 minuty i nie dłużej niż 12 godzin,
- 4) bardzo długie, trwające nie krócej niż 12 godzin i nie dłużej niż 24 godziny,
- 5) katastrofalne, trwające dłużej niż 24 godziny.

Ze względu na wymagania niezawodnościowe dla układów zasilania i rozdzielnic, układy sieci dzieli się na [16, 24]:

- układy nierezzerwowane,
- układy rezerwowane o średnim poziomie niezawodności i dopuszczalnym długim czasie przerwy (kilka godzin),
- układy rezerwowane o wysokim poziomie niezawodności i dopuszczalnym krótkim czasie przerwy (kilka minut),
- układy rezerwowane o bardzo wysokim poziomie niezawodności i dopuszczalnym bardzo krótkim czasie przerwy zakłócenieniowej (kilka sekund).

Podział odbiorców energii elektrycznej na grupy podmiotów ubiegających się o przyłączenie oraz warunki przyłączenia do sieci został przedstawiony w **tabeli 1**. Natomiast w **tabeli 2** przedstawiono standardy ciągłości zasilania odbiorców w zależności od grupy przyłączeniowej według [5].

Koszty przerw w zależności od odbiorcy mogą być bardzo różne. W **tabeli 3** przedstawiono skutki finansowe spowodowane niedostępnością aplikacji dla różnych branż, w których przetwarzane są dane i wykorzystywane są sieci komputerowe (dane dotyczą rynku amerykańskiego).

klasyfikacje odbiorców energii elektrycznej ze względu na wymaganą pewność zasilania

Istnieje wiele ogólnych klasyfikacji odbiorników energii elektrycznej, ze względu na wymaganą pewność zasilania [1]. Trudno jednak o zupełnie jednoznaczny podział na kategorie z uwagi na indywidualny charakter każdego odbiornika energii elektrycznej. Klasyfikacja może mieć wyłącznie charakter orientacyjny. Należy w każdym indywidualnym przypadku wykonać analizę wymagań odbiorników w zakresie ciągłości zasilania biorąc pod uwagę zarówno kryteria techniczne, jak również ekonomiczne. Analizie powinny podlegać szacunkowe koszty budowy różnych wariantów układów zasilania. Istotne jest również oszacowanie kosztów strat wynikających z przerwy w zasilaniu oraz stopień bezpieczeństwa osób.

Przykładem klasyfikacji stosowanej w Polsce jest następujący podział [1]:

- **kategoria I** – odbiorniki, dla których przerwa w zasilaniu przez określony czas może spowodować zagrożenie życia ludzkiego lub bardzo duże straty materialne, np. uszko-

dzenie lub zniszczenie urządzeń technologicznych, rozstrojenie procesu technologicznego, utrata cennych danych, inne straty finansowe wynikające z przestoju w normalnym funkcjonowaniu obiektu,

- **kategoria II** – odbiorniki, dla których przerwa w zasilaniu może spowodować duże straty produkcyjne,
- **kategoria III** – odbiorniki nie zaliczone do kategorii I lub II.
- Inny, popularniejszy obecnie system klasyfikacji podany w [6], dzieli również odbiorniki na 3 kategorie:
- **kategoria I** – odbiorniki, w których nawet krótka przerwa w dostawie energii elektrycznej może spowodować zagrożenie życia ludzi lub znaczne straty materialne spowodowane np. przerwaniem procesu produkcyjnego,
- **kategoria II** – odbiorniki, w których krótka przerwa w dostawie energii elektrycznej (do kilku minut) nie spowoduje negatywnych skutków,
- **kategoria III** – odbiorniki, w których dowolnie długa przerwa w dostawie energii elektrycznej nie spowoduje żadnych negatywnych skutków.

W publikacji [2] klasyfikację odbiorców energii elektrycznej, w zależności od wymaganego stopnia pewności zasilania, podzielono na cztery kategorie. Klasyfikację zawiera **tabela 4**.



Zamów prenumeratę

elektro info

FORMULARZ
ZAMÓWIENIA

Zamawiam prenumeratę:

Zaznacz wybraną opcję krzyżykiem i wpisz, od którego numeru chcesz zacząć prenumeratę

- dwuletnią – 235 zł od numeru
 roczną – 130 zł od numeru
 półroczną – 80 zł od numeru
 edukacyjną – 80 zł od numeru
 próbną (kolejne 3 numery) – bezpłatną od numeru

Nazwa firmy

Ulica i numer

Kod pocztowy Mięscowość

Osoba zamawiająca

Rodzaj działalności

NIP Telefon kontaktowy

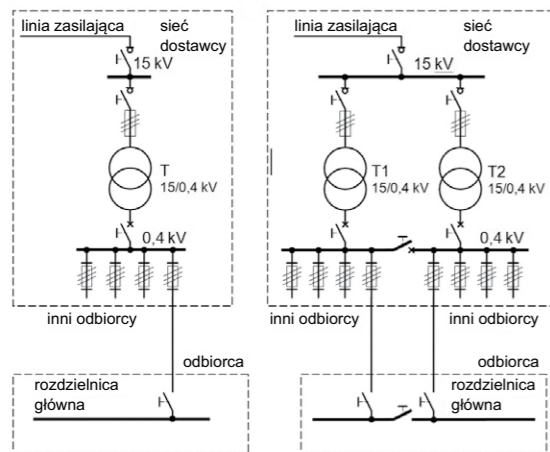
E-mail

Administratorem Państwa danych osobowych jest Grupa MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K., nr KRS: 0000537655, z siedzibą w 04-112 Warszawa, ul. Karczewska 18, tel. +48 22 810-21-24, wydawca elektro.info.
Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupę MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K. w celu zamówienia prenumeraty.
Przystępuję Pani/Panu prawo do wglądu do swoich danych, aktualizowania, poprawiania oraz całkowitego usunięcia ich, a także wniesienia sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny. Dane są chronione zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

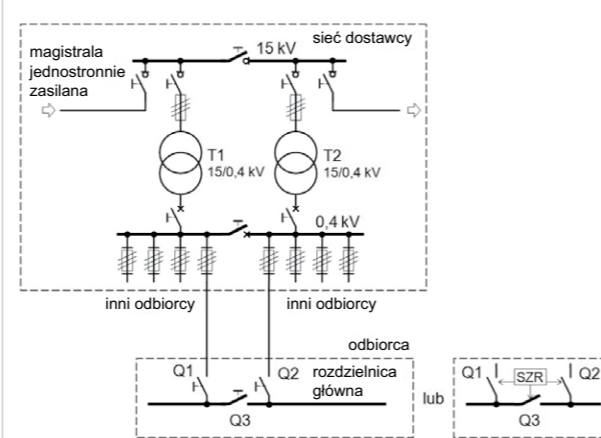
Upoważniam GRUPĘ MEDIUM do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.

Data: Podpis:

Wysyłka będzie realizowana po dokonaniu wpłaty na konto: Volkswagen Bank Polska S.A., 09 2130 0004 2001 0616 6862 0001



Rys. 1. Układy o niskiej pewności zasilania z sieci elektroenergetycznej: a) z jedną linią niskiego napięcia, ze stacji jednodobrotowej, b) dwiema liniami niskiego napięcia, ze stacji dwudobrotowej, lecz zasilaną jedną linią 15kV. Opracowano na podstawie [1]



Rys. 2. Układ o niskiej pewności zasilania z sieci elektroenergetycznej. Dwie linie niskiego napięcia zasilające odbiorcę, wyprowadzone ze stacji dwudobrotowej, lecz zasilane jedną magistralą 15kV. Opracowano na podstawie [1]

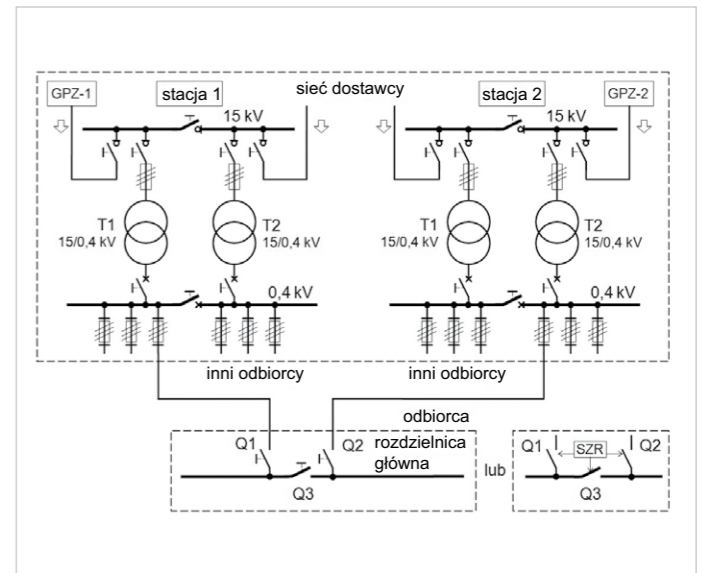
W przypadku **budynków szpitalnych** należących do kategorii obiektów użyteczności publicznej obowiązują bardzo wysokie wymagania dotyczące pewności zasilania. Stosowany jest w praktyce podział odbiorników w szpitalach na następujące kategorie zasilania [15]:

- **kategoria Ia** – urządzenia oświetleniowe i elektromedyczne, dla których jest wymagane zasilanie bezprzerwowe,
- **kategoria Ib** – urządzenia oświetlenia awaryjnego, wszystkie urządzenia medyczne związane z podtrzymaniem funkcji życiowych, dla których czas przerwy nie może przekroczyć 15 sekund,
- **kategoria II** – urządzenia wymagane do podstawowego działania obiektu, dla których przerwa nie może przekraczać 30 minut,
- **kategoria III** – pozostałe urządzenia, dla których przerwa zasilania może być większa od 30 minut.

Znajomość tych grup umożliwia wydzielenie sekcji: zasilania podstawowego niezrezerwowanego, zasilania podstawowego zrezerwowanego i o bezprzerwowym zasilaniu [15].

W przypadku **obiektów łączności** istnieje podział na 4 grupy niezawodności od A o najwyższych wymaganiach dostępności do systemu do D o najniższych wymaganiach do systemu. Podział ten określa, w jaki sposób powinno być zrealizowane zasilanie obiektu łączności. Podział wygląda następująco [18]:

- **grupa niezawodności A** – zasilanie podstawowe dwustronne, zasilanie rezerwowe: wymagany stacjonarny zespół prądowców z rezerwą co najmniej trzygodzinną,
- **grupa niezawodności B** – zasilanie podstawowe rezerwowane, zasilanie rezerwowe: wymagany stacjonarny zespół prądowców z rezerwą co najmniej trzygodzinną,
- **grupa niezawodności C** – zasilanie podstawowe rezerwowane lub jednostronne w zależności od obiektu, zasilanie rezerwowe: wymagany stacjonarny zespół prądowców z rezerwą co najmniej trzygodzinną,
- **grupa niezawodności D** – zasilanie podstawowe jednostronne, zasilanie rezerwowe: wymagany stacjonarny zespół prądowców z rezerwą co najmniej trzygodzinną lub przewoźny zespół prądowców z rezerwą co najmniej dwunastogodzinną (w zależności od sytuacji).

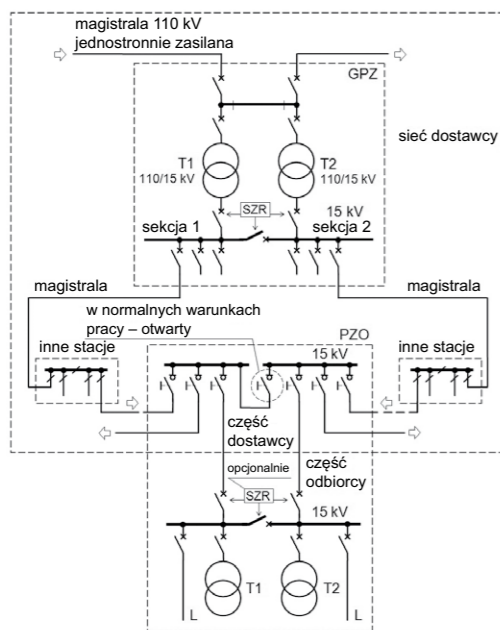


Rys. 3. Układ o podwyższonej pewności zasilania z sieci elektroenergetycznej z dwiema liniami niskiego napięcia, wyprowadzonymi z dwóch różnych stacji transformatorowych. Każda stacja zasilana jest liniami promienowymi 15kV wyprowadzonymi z różnych GPZ. Opracowano na podstawie [1]

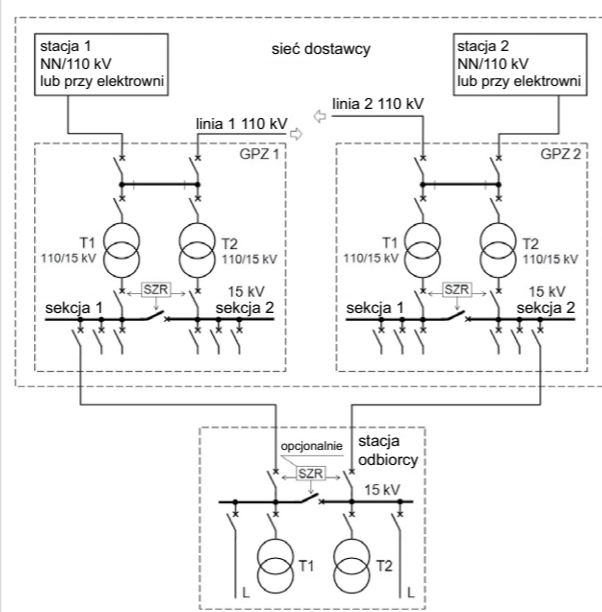
W przypadku **obiektów typu data center** istnieje klasyfikacja dotycząca całych obiektów w zależności od wymaganej pewności zasilania, opracowana przez Uptime Institute, oraz nowa norma dotycząca dystrybucji energii PN-EN 50600-2-2:2014-06 *Technika informatyczna. Wyposażenie i infrastruktura centrów przetwarzania danych. Część 2-2: Dystrybucja energii*.

Klasyfikacja Tier dzieli obiekty data center na 4 poziomy (Tier I, Tier II, Tier III oraz Tier IV), zgodnie z poziomem niezawodności systemu (czas MTBF) i dostępności do systemu informatycznego na podstawie standardu ANSI/TIA-942 oraz wytycznych Uptime Institute (UI) [18,19]:

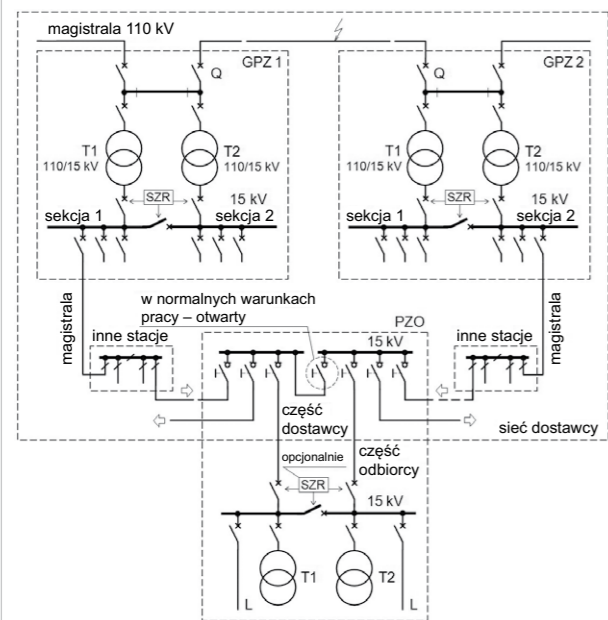
- **poziom Tier I** – jeden obwód do dystrybucji zasilania i chłodzenia, brak elementów redundantnych,
- **poziom Tier II** – jeden obwód do dystrybucji zasilania i chłodzenia, elementy redundantne,
- **poziom Tier III** – zwielokrotnione obwody dystrybucji zasilania i chłodzenia, elementy redundantne, ale tylko jeden obwód aktywny,
- **poziom Tier IV** – zwielokrotnione aktywne obwody dystrybucji zasilania i chłodzenia, elementy redundantne, odporne na błędy.



Rys. 4. Schemat stacji PZO 15kV zasilanej z dwóch linii magistralnych wyprowadzonych z dwóch różnych sekcji jednego GPZ. Opracowano na podstawie [1]



Rys. 6. Schemat układu o najwyższej pewności zasilania odbiorcy z sieci średniego napięcia. Opracowano na podstawie [1]



Rys. 5. Schemat stacji PZO 15kV zasilanej z dwóch linii magistralnych wyprowadzonych z dwóch różnych GPZ, lecz zasilanych z jednej linii 110kV. Odbiorca zasilany dwiema liniami 15kV. Opracowano na podstawie [1]

rysunku 1. przedstawiono przykłady dwóch prostych układów zasilania z publicznej sieci niskiego napięcia. Pierwszy układ zasilania z jedną linią niskiego napięcia ma najniższą pewność zasilania [1]. Awaria, odstawienie dowolnego elementu do przeglądu, konserwacji lub naprawy powoduje przerwę w zasilaniu odbiorcy. Drugi układ zasilania

Z kolei system klasyfikacji obiektów data center wg normy EN 50600-2-2 opiera się na ocenie kilku elementów: klasy dostępności (4 klasy) związany ze stopniem pewności zasilania, klasy zabezpieczenia (3 klasy) oraz efektywności energetycznej (3 poziomy) [6]. W **tabeli 5.** przedstawiono klasy dostępności data center i przykładowe implementacje zgodnie z grupą norm EN 50600.

układy zasilania z sieci niskiego napięcia bez zasilania bezprzerwowego

W przypadku obiektów użyteczności publicznej o mocy poniżej 0,25MW, które nie wymagają wysokiej pewności zasilania, stosowane są układy zasilania o różnej, ale dość niskiej pewności zasilania. Na

ma część elementów rezerwowanych (transformatory, linie niskiego napięcia). Niestety, zanik napięcia lub awaria linii zasilającej 15kV lub awaria/przebieg rozdzielnic 15kV, z której zasilane są transformatory powoduje przerwę w zasilaniu. Często stosowany w praktyce układ zasilania przedstawiony na **rysunku 2.** ma podobne cechy. Pomimo że rozdzielnica 15 kV jest sekcjonowana, ale po stronie 15 kV cała stacja przyłączona jest do jednej linii magistralnej jednostronnie zasilanej. Awaria w linii zasilającej 15 kV pozbawia zasilania wszystkich odbiorców przyłączonej do tej stacji oraz odbiorców przyłączonych do kolejnych stacji zasilanych z tej linii [1]. Większą niezawodność można uzyskać, gdy zastosuje się układ, w którym stacja transformatorowa jest włączona w linię magistralną o dwustronnym zasilaniu z dwóch GPZ-ów. Najwyższą pewność zasilania z sieci niskiego napięcia posiada układ przedstawiony na **rysunku 3.** Odbiorca jest zasilany dwiema liniami niskiego napięcia wyprowadzonymi z dwóch różnych stacji transformatorowych, przy czym stacje transformatorowe zasilane są liniami promieniowymi 15 kV (nie liniami magistralnymi) wyprowadzonymi z różnych GPZ-ów [1].

układy zasilania z sieci średniego napięcia bez zasilania bezprzerwowego

W przypadku obiektów użyteczności publicznej o mocy powyżej 0,25W i poniżej 5MW, stosowane są układy zasilania o różnej pewności zasilania. Zasilanie odbiorców z sieci średniego napięcia odbywa się najczęściej przez tzw. stację PZO (Punkt Zdawczo-Odbiorczy).

**AKTUALNOŚCI
ZE ŚWIATA ENERGETYKI**

**RELACJE Z IMPREZ
BRANŻOWYCH**

ŚLEDŹ NAS NA FACEBOOKU

elektro.info.pl

fb.com/elektroinfopl

**NOWOŚCI
WYDAWNICZE**

**ZAPOWIEDZI
WYDARZEŃ**

**CIEKAWOSTKI
I INSPIRACJE**

Odbiorca może być zasilany z sieci dostawcy jedną lub wieloma liniami. Na **rysunku 4.** przedstawiono układ, w którym stacja PZO zasilana jest dwiema liniami magistralnymi wyprowadzonymi z jednego GPZ 110/15kV [1]. GPZ włączony jest w linię magistralną 110kV jednostronnie zasilaną. Zanik napięcia w linii 110kV pozbawia odbiorcę zasilania z sieci elektroenergetycznej. W praktyce znacznie korzystniejsze jest dwustronne zasilanie magistrali 110kV, co znacznie podwyższa pewność zasilania odbiorców.

Najczęściej spotykanym w praktyce jest układ, w którym stacja PZO zasilana jest z dwóch linii magistralnych 15kV, wyprowadzonych z dwóch różnych GPZ (obydwie stacje GPZ zasilane są z linii magistralnej 110kV [1]. Układ przedstawiono na **rysunku 5.**

Najwyższą pewność zasilania z sieci średniego napięcia gwarantuje układ przedstawiony na **rysunku 6.** Odbiorca jest w tym przypadku zasilany dwiema liniami promieniowymi 15kV, wyprowadzonymi z dwóch różnych GPZ, z pominięciem typowego układu PZO [1]. GPZ są zasilane z oddzielnych linii 110kV wyprowadzonych ze stacji NN/110kV lub ze stacji przy elektrowni.

W drugiej części artykułu szczegółowo zostaną omówione układy zasilania obiektów użyteczności publicznej z wykorzystaniem zasilania bezprzerwowego.

literatura do artykułu na
elektro.info.pl



MASTERYS GP4
UPS od 10 do 160 kVA/kW

System Zasilania Gwarantowanego czwartej generacji łączy do cyfrowego świata

- Niezrównana i certyfikowana wydajność
- Zaprojektowany z myślą o niezawodności, MTBF przekracza standardy rynkowe
- Nowy model MASTERYS GP4 RK: "szyta na miarę" ochrona dla sieci Edge computing
- eWire: mobilna aplikacja ułatwiająca instalację i uruchomienie



bit.ly/masterys-range

socomec
Innovative Power Solutions

SpecSizer – narzędzie CAT® do doboru zespołów prądowórczych

ENERIA

Dobór mocy zespołu prądowórczego dla danego obiektu to jeden z najciekawszych elementów pracy przy danym projekcie. Powinien być on zawsze realizowany przez projektanta z uprawnieniami i oparty bądź na pełnym projekcie elektrycznym, bądź na specjalistycznych obliczeniach. Zdarzają się jednak sytuacje, gdy trzeba określić moc zespołu prądowórczego na wstępnym etapie inwestycji, gdy jeszcze nie ma pełnej dokumentacji projektowej. Jest to moment, gdy warto skorzystać z programu doradczego Caterpillar SpecSizer, pozwalającego na wstępne oszacowanie potrzebnej mocy urządzenia.



Eneria CAT

SPECSIZER – DOBÓR OPTIMALNEGO AGREGATU CAT®

CAT® SpecSizer to rozbudowane narzędzie doradcze, pozwalające na określenie wymaganych parametrów elektrycznych i mechanicznych zespołu prądowórczego, tak aby optymalnie pasował do charakterystyki odbiorów i lokalizacji inwestora. Zostało ono specjalnie zaprojektowane przez Caterpillar Inc., ponad 10 lat temu jako narzędzie wyłącznie dla zespołów prądowórczych CAT®.

Dobór zespołu jest dokonywany między innymi w oparciu o następujące czynniki:

- typ odbiornika (pompa, silnik, oświetlenie, komputer, transformator itd.),
- typ rozruchu (bezpośredni, gwiazda-trójkąt, soft start),
- moc danego odbioru w kW lub kVA,
- kolejność rozruchu poszczególnych odbiorników,
- warunki lokalne.

Z kolei dane zespołu są czerpane bezpośrednio z bazy danych Caterpillar - TMI. Oznacza to, że dobrane urządzenie CAT® jest idealnie dopasowane zarówno pod względem mocy, jak i szybkości przejmowania obciążenia dla danej inwestycji i dokładnie dla danych odbiorów.

Głównym założeniem programu CAT® SpecSizer jest dobór optymalnego i jednocześnie możliwie najmniejszego zespołu prądowórczego, który będzie w stanie przejąć zadane obciążenie. Ma to szczególne znaczenie w kontekście bezpieczeństwa energetycznego budynku. Zespół o zbyt małej mocy może nie przejąć wszystkich odbiorów, zwłaszcza jeśli występują duże prądy rozruchowe.

Zbyt duża moc to zarówno wysokie koszty samego urządzenia, jak i infrastruktury wokół niego oraz ryzyko niedociążenia zespołu prądowórczego, bardzo niekorzystne dla samego silnika diesla.

PRZYKŁAD DOBORU

Aby lepiej zobrazować sytuację, w której bardzo łatwo może nastąpić przeszacowanie lub niedoszacowanie mocy zespołu - możemy przeanalizować najprostszy dobór zasilania dla silnika indukcyjnego 22kW. Wielu klientów, nie mających styczności z zagadnieniem doboru – pewnie by oczekiwali zespołu o podobnej mocy jak podany silnik. Każdy inżynier ma jednak pełną świadomość, że sumaryczna moc odbiorników nie jest wyznacznikiem mocy agregatu.

SCENARIUSZ I

Dobór zespołu prądowórczego zależy między innymi od rodzaju rozruchu danych odbiorników. W przypadku rozruchu bezpośredniego tzw. ciężkiego, prąd rozruchowy jest tak wysoki, że zespół musi być znacząco przewymiarowany, aby przejąć obciążenie takiego silnika.

Przy następujących założeniach:

- odbiornik: silnik indukcyjny 22kW,
- rozruch bezpośredni,
- dopuszczalne spadki napięcia do 30%,
- dopuszczalne spadki częstotliwości do 10%,
- brak innych odbiorów,

The screenshot shows the 'LOAD ANALYSIS SUMMARY' section of the CAT SpecSizer software. It displays a table with columns for Maximum Step, Maximum Peak, Final Running, Maximum Non-Linear, and Maximum Running. Below the table, there are sections for 'STEP LIST' and 'LOAD LIST' with detailed data for a 22 kW motor load.

Step Name	Step	Peak	Running	Non-Linear	Effective					
	SKVA	SKW	SKVA	SKW	kVA	kW	SKVA	RkVA	Frequency	Voltage
Step1	204.0	106.1	204.0	106.1	28.4	24.2	0.0	0.0	30.0/30.0	30.0/30.0

Load Name	Inrush	Running	Non-Linear	User Defined/Effective		
	SKVA	SKW	SKVA	RkVA	Frequency	Voltage
Silnik - IEC, 3-Phase Motor, Direct On Line, Loaded, Single Operating Point 1 X 22.00 kW	204.0	106.1	28.4	24.2	30.0/30.0	30.0/30.0
Summary	204.0	106.1	28.4	24.2	-/30.0	-/30.0

Fot. 1. Dobór dla silnika indukcyjnego 22 kW z rozruchem bezpośrednim

CATERPILLAR Project Sizing Report Price List: EAME/CIS

Modified Date	24-Oct-2016	Electricity Supply	50 Hz 400/230 V
Customer Name	Test	Connection	****
Project Name/Ref #	Artykuł	Max. Ambient Temperature	77.0 F 30% Humidity
Prepared By	ZAWADKA	Altitude	500.0 Ft. A.S.L

Load Analysis Summary

Max Transient Load Step	204.0 SkVA	106.1 SkW	
Peak Transient Load	204.0 SkVA	106.1 SkW	
Final Running Load	28.4 kVA	24.2 kW	0.85 PF
Max Running Non Linear Load			
Maximum Running Load	28.4 kVA	24.2 kW	

Generator Set

Genset Model	(1) of DE150E0+LSA (C7.1)	Nameplate Rating	120.0 kW / 150.0 kVA
Voltage Regulator and Slope	R250, 1:1 slope		0.8 PF
Feature Code	****	Site Output	120.0 kW / 150.0 kVA
Fuel	Diesel	Rating Type	Standby
Dry Weight	****	Enclosure Type	Open
Length / Width / Height	**** / **** / ****	Cooling System	Standard

Alternator Motor Starting Capability *		Block Load (only) Transient Response *			
Instantaneous Voltage Dip ***	skVA Capability	Load Change %	FDip %	VDip %	Recovery Time (sec)
10%	****	0 - 25	-0.9	3.8	< 3
20%	****	0 - 50	1.6	7.3	< 3
30%	****	0 - 75	5.5	10.5	< 3
35%	****	0 - 100	18.2	14.2	< 3

Fot. 1 A. Program SpecSizer dobiera zespół CAT® DE150 o mocy 120kW...

CATERPILLAR Project Load Report

Modified Date	24-Oct-2016	Rating Type	Standby	Max Ambient Temperature	77 Deg. F
Customer Name	Test	Fuel	Diesel	Altitude	500.0 Ft. A.S.L
Project Name/Ref #	Artykuł	Electricity Supply	50 Hz 400/230 V		
Prepared By	ZAWADKA				

Load Step	Load Description	Permitted Dip		Predicted Dip		Load Analysis											
		Frequency	Voltage	Frequency	Voltage	Transient Inrush		Running		Resultant Peak	Cumulative Running	FDip:	VDip 1:	VDip 2:			
						SkVA	SkW	kVA	kW	SkVA	SkW	kVA	kW				
Step 1	Voltage dip restriction																
1.1	22.00 kW - Silnik IEC, 3-Phase Motor, Direct On Line, Loaded, Single Operating Point	30%	30%			204.0	106.1	28.4	24.2								
Step 1 Total		30%	30%	11.4%	19.9%	204.0	106.1	28.4	24.2								
Total Through Step 1						204.0	106.1	28.4	24.2								

Load Analysis Summary

Maximum Step		Maximum Peak		Final Running	
SkVA	SkW	SkVA	SkW	kVA	kW
204.0	106.1	204.0	106.1	28.4	24.2

Fot. 1 B. Project Load Report – analiza doboru zespołu CAT

należałoby zaproponować zespół prądowórczy CAT® DE150 o mocy 120 kW (Rys. 1 –1A - 1B). Ale... tak dobrany agregat nie byłby optymalnym rozwiązaniem. Byłby obciążony jedynie w 20%, co nie byłoby korzystne dla pracy silnika. Również wielkość inwestycji byłaby znacząca dla portfela klienta.

SCENARIUSZ II

Sytuacja doboru zespołu prądowórczego wg pierwszego scenariusza to idealny moment na wykorzystanie możliwości programu CAT® SpecSizer oraz zasugerowanie inwestorowi np. zmiany

Fot. 2. Dobór dla silnika indukcyjnego 22kW z rozruchem gwiazda-trójkąt

CATERPILLAR Project Sizing Report Price List: EAME/CIS

Modified Date	24-Oct-2016	Electricity Supply	50 Hz 400/230 V
Customer Name	Test	Connection	****
Project Name/Ref #	Artykuł	Max. Ambient Temperature	77.0 F 30% Humidity
Prepared By	ZAWADKA	Altitude	500.0 Ft. A.S.L

Load Analysis Summary

Max Transient Load Step	68.0 SkVA	35.4 SkW	
Peak Transient Load	68.0 SkVA	35.4 SkW	
Final Running Load	28.4 kVA	24.2 kW	0.85 PF
Max Running Non Linear Load			
Maximum Running Load	28.4 kVA	24.2 kW	

Generator Set

Genset Model	(1) of DE50E0+LSA (C3.3)	Nameplate Rating	40.0 kW / 50.0 kVA
Voltage Regulator and Slope	R220, 1:1 slope		0.8 PF
Feature Code	****	Site Output	40.0 kW / 50.0 kVA
Fuel	Diesel	Rating Type	Standby
Dry Weight	****	Enclosure Type	Open
Length / Width / Height	**** / **** / ****	Cooling System	Standard

Alternator Motor Starting Capability *		Block Load (only) Transient Response *			
Instantaneous Voltage Dip ***	skVA Capability	Load Change %	FDip %	VDip %	Recovery Time (sec)
10%	****	0 - 25	0.0	4.5	< 3
20%	****	0 - 50	0.0	8.6	< 3
30%	****	0 - 75	0.0	12.4	< 3
35%	****	0 - 100	11.7	15.9	3.5

Fot. 2 A. Program SpecSizer dobiera zespół CAT® DE50 o mocy 40kW...

CATERPILLAR		Project Load Report													
Modified Date	24-Oct-2016	Rating Type	Standby	Max Ambient Temperature	77 Deg. F										
Customer Name	Test	Fuel	Diesel	Altitude	500.0 Ft. A.S.L.										
Project Name/Ref #	Artykul	Electricity Supply	50 Hz 400/230 V												
Prepared By	ZAWADKA														
Load Details		Permitted Dip		Predicted Dip		Load Analysis									
Load Step	Load Description	Frequency	Voltage	Frequency	Voltage	Transient Inrush		Running		Resultant Peak	Cumulative Running	Fdip:	Vdip 1:	Vdip 2:	
Step 1	Voltage dip restriction					SKVA	SKW	kVA	kW	SKVA	SKW	kVA	kW		
1.1	1 22.00 kW - Silnik IEC, 3-Phase Motor, Wye Delta, Single Operating Point	30%	30%			68.0	35.4	28.4	24.2						
Step 1 Total		30%	30%	5.7%	22.0%	68.0	35.4	28.4	24.2						
Total Through Step 1						68.0	35.4	28.4	24.2						
Load Analysis Summary										Maximum Step	Maximum Peak	Final Running			
										SKVA	SKW	SKVA	SKW	kVA	kW
										68.0	35.4	68.0	35.4	28.4	24.2

Fot. 2 B. Project Load Report – analiza doboru zespołu CAT

typu rozruchu silnika. Przy rozruchu typu gwiazda-trójkąt, moc urządzenia można zmniejszyć aż do 40 kW (Rys. 2 - 2A – 2B) – wówczas program dobiera model CAT® DE50. Zespół jest prawidłowo obciążony, bo aż w 60%, a skala kosztów inwestycji jest znacząco mniejsza.

SPECSIZER – PROFESJONALNY DOBÓR

CAT® SpecSizer to narzędzie umożliwiające dobór optymalnego zespołu prądowórczego CAT® w oparciu o aktualne dane urządzeń z bazy CAT. Program generuje raporty z wykresami, obrazującymi obciążenie oraz czas reakcji urządzenia i pozwalającymi na dokładną analizę różnych scenariuszy obciążeń. Bogata baza typów odbiorów, również tych bardziej nietypowych jak windy, klimatyzacja czy oświetlenie ultrafioletowe pozwala precyzyjnie dopasować dobór do potrzeb danego obiektu.

Z programu od lat korzystają nasi specjaliści handlowi oraz własne biuro projektowe. Od niedawna aplikacja jest również dostępna dla firm i projektantów z nami współpracujących. Zaprojektowanie niezawodnego układu energetycznego to praca, która wymaga profesjonalnego i odpowiedzialnego podejścia. W świecie CAT'a rozumiemy to. CAT® SpecSizer to jedno z rozwiązań, które pomaga w tym ważnym zadaniu.

Skontaktuj się z nami w celu uzyskania dodatkowych informacji:
+48 22 201 36 56 agregaty@eneria.pl
Zapraszamy też na www.eneria.pl.

Agnieszka Zawadka
Sales Manager

Eneria - Wyłączny Przedstawiciel CATERPILLAR

Eneria **CAT**

Eneria Sp z o.o.
ul. Modlińska 11
Izabelin-Dziekanówek
05-092 Łomianki/Warszawa
agregaty@eneria.pl
www.eneria.pl

Specjaliści dla specjalistów

Niewyczerpane źródło fachowej wiedzy na temat zagadnień
związanych z elektrotechniką i elektroenergetyką

elektro.info.pl



GROMADZIMY



TWORZYMYP



DOSTARCZAMY

**rzetelne
informacje**



lokalizacja zespołów prądotwórczych ze względu na hałas i odprowadzanie ciepła

mgr inż. Karol Kuczyński

Zespoły prądotwórcze stanowią główny element systemu zasilania awaryjnego obiektów użyteczności publicznej typu szpitale, centra handlowe i banki oraz zakładów produkcyjnych. Niezawodna praca zespołu prądotwórczego jest uwarunkowana wieloma czynnikami, a przede wszystkim poprawną eksploatacją.

W związku z tym przed podjęciem decyzji o zakupie zespołu prądotwórczego należy uzgodnić z dostawcą sposób jego eksploatacji, a także miejsce instalacji. Aby korzystać z zasilania awaryjnego w postaci zespołu prądotwórczego, należy spełnić szereg wymagań – przyjrzyjmy się kilku z nich.

wymagania prawne

Podstawą rozpoczęcia prac projektowych w zakresie instalacji zespołu prądotwórczego jest dobór jego mocy. Przy projektowaniu instalacji zasilanej z generatora zespołu prądotwórczego lub zasilacza UPS bardzo istotnym problemem jest zachowanie warunków ochrony przeciwporażeniowej. Opis tych zagadnień wykracza poza ramy artykułu. Zainteresowani tymi problemami czytelnicy potrzebne informacje znajdą w „Poradniku projektanta elektryka”.

Projekt może opracować osoba mająca odpowiednie uprawnienia budowlane, będąca jednocześnie członkiem Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa. Projekt budowlany agregatorni, zgodnie z art. 12–16 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jednolity DzU z 2016 r., poz. 290 z późniejszymi zmianami), musi być wykonany przez osobę mającą odpowiednie kwalifikacje, w konkretnej specjalności – w szczególności elektrycznej.

Natomiast nadzorowanie prac musi być wykonywane przez osobę mającą uprawnienia do kierowania pracami budowlanymi w odpowiedniej specjalności.



Fot. 1. Układ sterowania zespołu prądotwórczego zabudowanego w kontenerze

streszczenie

W artykule omówiono kwestie emisji hałasu i odprowadzania ciepła podczas eksploatacji zespołów prądotwórczych.

Układ wentylacji i dostarczania paliwa powinien być uzgodniony międzybranżowo przez specjalistów m.in. wentylacji, instalacji paliwowych i przeciwpożarowych.

Podstawę opracowania stanowią warunki zabudowy (w odniesieniu do obiektów użyteczności publicznej są to warunki lokalizacji inwestycji celu publicznego) wydane przez właściwy urząd administracji państwowej oraz warunki techniczne instalacji wydane przez przedsiębiorstwo energetyczne [2].

Pamiętać należy, że zgodnie z art. 7 ust. 1 Ustawy Prawa budowlanego (DzU z 2018 r. poz. 1202 z późniejszymi zmianami) [1], do przepisów techniczno-budowlanych zalicza się Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2], którego należy bezwzględnie przestrzegać.

Zgodnie z § 181 ust. 1 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity DzU z 2019 r. poz. 1065), „Budynek, w którym zanik napięcia w elektroenergetycznej sieci zasilającej może spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, poważne zagrożenie środowiska, a także znaczne straty materialne, należy zasiląć co najmniej z dwóch niezależnych, samoczynnie załączających się źródeł energii elektrycznej oraz wyposażać w samoczynnie załączające się oświetlenie awaryjne (zapasowe lub ewakuacyjne). W budynku wysokościowym jednym ze źródeł zasilania powinien być zespół prądotwórczy”.

Projekt należy opracować zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (tekst jednolity DzU z 2018 r. poz. 1935). Projekt budowlany po wykonaniu należy uzgodnić z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż. oraz z rzeczoznawcą ds. bhp. Opracowany projekt podlega uzgodnieniu i sprawdzeniu w zakresie zgodności z wydanymi warunkami technicznymi przyłączenia w przedsiębiorstwie energetycznym, które wydało warunki techniczne przyłączenia.

Kolejnym krokiem jest wystąpienie przez inwestora do właściwego terytorialnie Urzędu Nadzoru Budowlanego, w celu uzyskania pozwolenia na budowę. Instalacja i wykonanie wszelkich prac związanych z instalacją zespołu prądotwórczego może nastąpić po uprawnieniu się wydanego pozwolenia na budowę [2, 4].

warunki instalowania zespołu

Zespół prądotwórczy pracujący w układach zasilania awaryjnego może być instalowany w kontenerze ustawianym na fundamencie betonowym poza budynkiem lub w specjalnie do tego celu przygotowanym pomieszczeniu, powszechnie nazywanym agregatornią.

Zarówno w pierwszym, jak i w drugim przypadku instalacja zespołu wymaga czerpni powietrza oraz odprowadzenia spalin i odpowiedniej wentylacji pomieszczenia. Problem ten powinien zostać rozwiązany przez projektanta instalacji sanitarnych na podstawie wymagań określonych przez producenta zespołu. Szczególnie w przypadku zabudowy zespołu w pomieszczeniu należy zapewnić odpowiednią kubaturę pomieszczenia i wentylację uwzględniającą ciepło wydzielanego przez blok silnika. Również przy adaptowaniu pomieszczenia do celów instalacji zespołu prądotwórczego należy spełnić wszelkie wymagania określone przez producenta. Pomieszczenie to powinno być łatwo dostępne, dobrze wentylowane, suche i w razie potrzeby ogrzewane, aby minimalna temperatura przy braku pracy silnika napędowego zespołu wynosiła co najmniej 5°C. Natomiast w przypadku zespołu prądotwórczego instalowanego przez producenta w kontenerze mamy kompletne urządzenie pod względem elektrycznym oraz sanitarnym [2, 4].

Instalacja odbiorcza budynku objętego zasilaniem awaryjnym powinna być przystosowana do zasilania z zespołu prądotwórczego. W tym celu obwody objęte układem zasilania awaryjnego muszą spełniać warunki ochrony przeciwporażeniowej zarówno przy zasilaniu z sieci elektroenergetycznej, jak również przy zasilaniu z generatora zespołu prądotwórczego.

Dobierając parametry zespołu należy uwzględnić: rodzaj, moc i tryb pracy odbiorów, np. prądy rozruchowe silników, pobór mocy biernej, odkształcenie prądu oraz niesymetrię obciążenia [3, 4].

Pomieszczenie, w którym zostanie zainstalowany zespół prądotwórczy, należy wyposażyć również w rozdzielnicę zasilania potrzeb własnych, oświetlenie, gniazda odbiorcze oraz instalację elektryczną sterowania wentylacją oraz innymi urządzeniami uwzględnionymi w projekcie w zależności od potrzeb [2, 6].

Układ automatyki SZR zespołu pracującego w układzie zasilania awaryjnego należy wyposażyć w blokadę elektryczną i mechaniczną oraz odpowiednio oznakować. Blokady te mają uniemożliwić podanie napięcia z dwóch źródeł jednocześnie oraz uniemożliwić wsteczne podanie napięcia z generatora zespołu prądotwórczego do wyłączanej spod napięcia sieci elektroenergetycznej.

W polu linii zasilania podstawowego powinna być kontrolowana obecność napięcia. Jeśli zespół może być uruchamiany zdalnie lub samoczynnie, to w jego pobliżu należy przewidzieć możliwość wprowadzania blokady przed zdalnym lub samoczynnym uruchomieniem, na przykład podczas prac konserwacyjnych.

Zespoły prądotwórcze powinny być wyposażone w układ do normalnego zatrzymywania ręcznego lub automatycznego, który odcina dopływ paliwa (silnik wysokoprężny) lub wyłącza zapłon (silnik o zapłonie iskrowym). Urządzenie do awaryjnego zatrzymywania (ręcznego

lub samoczynnego) jest wymagane w przypadku zespołów spalinowo-elektrycznych zdalnie sterowanych oraz zespołów w obudowie, do wnętrza której mają dostęp ludzie. W drugim przypadku przycisk do awaryjnego zatrzymywania powinien być umieszczony zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz obudowy.

Ręcznie sterowany układ do awaryjnego zatrzymywania jest wymagany, jeżeli można zatrzymać zespół prądotwórczy w czasie krótszym niż przy zastosowaniu układu do normalnego zatrzymywania. Dopuszcza się rezygnację z układu do awaryjnego zatrzymywania zespołów spalinowo-elektrycznych małej mocy (0,8–12(20) kW) [3, 4].

Zespoły ruchome należy przyłączać przewodami giętkimi o żyłach miedzianych, o izolacji przeznaczonej do ciężkich warunków pracy o zwiększonej grubości, odpornej na działanie wody [3].

tłumienie drgań

Dla wielu zastosowań masywny fundament dla zespołu prądotwórczego nie jest konieczny. Agregaty z wbudowanymi izolatorami drgań mogą zredukować przekazywane drgania o 60–80%, a umieszczenie stalowych sprężynowych izolatorów pomiędzy generatorem wraz z silnikiem napędowym i ramą nośną konstrukcji zespołu może odizolować więcej, niż 95% drgań [4]. W zastosowaniach, w których wielkość przekazywania drgań do budynku jest bardzo ważna, może być wymagane mocowanie zespołu prądotwórczego na niezależnym fundamencie izolującym od drgań pozostałą część budynku.

Silnik i alternator zespołu prądotwórczego muszą być odizolowane od konstrukcji mocującej, na której są zamontowane. Niektóre zespoły prądotwórcze, szczególnie modele o mocy do około kilkuset kW, wykorzystują izolatory drgań z gumy, które są wstawiane do maszyny pomiędzy silnik/alternator i podstawę. Metalowa rama tych zespołów prądotwórczych zwykle może być przykręcana bezpośrednio do fundamentu, podłogi lub konstrukcji pośredniej [4, 6].

Zespoły prądotwórcze, które nie zawierają wbudowanych wibroizolatorów, powinny być zainstalowane za pomocą elementów izolujących drgania, takich jak: elastyczne podkładki antywibracyjne, wibroizolatory sprężynowe lub wibroizolatory powietrzne.

Elastyczne podkładki antywibracyjne mają różną tłumienność, a w przybliżeniu ich skuteczność przyjmuje się 75%. Zależnie od budowy, mogą one również mieć różną tłumienność w zależności od temperatury, ponieważ w niskich temperaturach gumowy czynnik izolujący jest znacznie mniej elastyczny, niż w temperaturach wyższych [4].

Dla zapewnienia skutecznej izolacji, wibroizolatory typu sprężynowego muszą być prawidłowo dobrane i zainstalowane. Masa zespołu prądotwórczego powinna dostatecznie ścisnąć izolator dla umożliwienia swobody ruchu, ale nie można dopuścić do tzw. „dobijania”

Lp.	Rodzaj Terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]			
		Drogi lub linie kolejowe		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		$L_{Aeq D}$ przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	$L_{Aeq N}$ przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	$L_{Aeq D}$ przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym	$L_{Aeq N}$ przedział czasu odniesienia równy 1 najmniej korzystnej godzinie nocy
1	a) Strefa ochronna „A” uzdrowiska b) Tereny szpitali poza miastem	50	45	45	40
2	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej jednorodzinnej b) Tereny zabudowy związanej ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży c) Tereny domów opieki społecznej d) Tereny szpitali w miastach	61	56	50	40
3	a) Tereny zabudowy mieszkaniowej wielorodzinnej i zamieszkania zbiorowego b) Tereny zabudowy zagrodowej c) Tereny rekreacyjno-wypoczynkowe d) Tereny mieszkaniowo-usługowe	65	56	55	45
4	Tereny w strefie śródmiejskiej miast powyżej 100 tys. mieszkańców	68	60	55	45

Tab. 1. Dopuszczalne poziomy hałasu według rozporządzenia [6] w odniesieniu do jednej doby

wibroizolatora do podłoża podczas pracy. Uzyskuje się to poprzez dobieranie typu wibroizolatorów i ich liczby do masy zespołu prądotwórczego wraz z osprzętem [4].

układ chłodzenia i wentylacji

Silnik spalinowy, generator oraz układ wydechowy są źródłami ciepła mającymi wpływ na pracę i wydajność całego zespołu prądotwórczego. Wzrastająca temperatura w pomieszczeniu zespołu prądotwórczego stanowi zagrożenie dla zgromadzonego tam paliwa. Niekontrolowany wzrost temperatury ponad dopuszczalne wartości (dla oleju napędowego 55°C) może spowodować samozapłon paliwa oraz uszkodzenie wyposażenia elektrycznego. W celu odprowadzenia nagrzanego powietrza i utrzymywania w pomieszczeniu odpowiedniej temperatury, konieczna jest wentylacja nawiewno-wywiewna. Powietrze chłodzące zasysane jest przez wentylator zamontowany na chłodnicy. Przekroje czerpni (wlotu) i wyrzutni (wylotu) muszą zapewniać swobodny przepływ powietrza do pomieszczenia i z pomieszczenia agregatorni. Orientacyjnie powierzchnia przekroju czerpni oraz wyrzutni powinny być większe o 50% od powierzchni wlotu chłodnicy. W celu sprawnego wyrzucania nagrzanego powietrza, agregatornia powinna być wyposażona w wentylator wyciągowy. Czerpnię i wyrzutnię należy chronić przed wpływami atmosferycznymi. W tym celu w otworach czerpni i wyrzutni instalowane są żaluzje sterowane automatycznie. Podczas gdy zespół prądotwórczy nie pracuje, żaluzje są zamknięte. Zostają one automatycznie otwarte z chwilą uruchomienia zespołu [2, 5].

Wraz z otwarciem żaluzji czerpni i wyrzutni automatycznie muszą zostać uruchomione wentylatory nawiewne i wywiewne. W przypadku zespołów pracujących w trybie

automatycznym, pomieszczenie agregatorni należy ogrzewać tak, aby utrzymywana była stała temperatura otoczenia wynosząca powyżej 5°C, jednakże niezależnie od pory roku – nie więcej niż 30°C [5]. Zaleca się instalowanie nagrzewnic elektrycznych wyposażonych w termostat, zasilanych z rozdzielnic potrzeb własnych agregatorni, która jest zasilana z sieci elektroenergetycznej. Po uruchomieniu zespołu prądotwórczego układ automatyki samorozruchu oraz samozatrzymania przełącza zasilanie agregatorni na zasilanie z zespołu prądotwórczego z jednoczesnym odłączeniem zasilania nagrzewnic [2, 4].

dopuszczalny hałas

W przypadku zespołów prądotwórczych posadowionych na fundamencie lub znajdujących się w pomieszczeniu agregatorni należy przeprowadzić analizę oddziaływania hałasu na obiekt oraz obiekty budowlane znajdujące się w pobliżu. Należy przewidzieć niezbędne środki ograniczające hałas w postaci tłumików drgań i w układzie wyrzutu spalin. Następnie najlepiej sprawdzić rzeczywiste poziomy hałasu poprzez wykonanie stosownych pomiarów.

22 stycznia 2014 r. ogłoszone zostało w Dzienniku Ustaw obwieszczenie Ministra Środowiska z dnia 15 października 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Środowiska w sprawie dopuszczalnych poziomów hałasu w środowisku (DzU z 2014r. poz. 112).

W rozporządzeniu [6] określono obiekty i rodzaje działalności będące źródłem hałasu oraz dopuszczalne dla nich poziomy hałasu.

W § 1. Rozporządzenia [6] określone zostały:

- 1) zróżnicowane dopuszczalne poziomy hałasu określone wskaźnikami hałasu L_{DWN} , L_N , $L_{Aeq D}$ i $L_{Aeq N}$ dla następujących rodzajów terenów przeznaczonych:
 - a) pod zabudowę mieszkaniową,
 - b) pod szpitale i domy opieki społecznej,
 - c) pod budynki związane ze stałym lub czasowym pobytem dzieci i młodzieży,
 - d) na cele uzdrowiskowe,
 - e) na cele rekreacyjno-wypoczynkowe,
 - f) na cele mieszkaniowo-usługowe;
- 2) poziomy hałasu z uwzględnieniem rodzaju obiektu lub działalności będącej źródłem hałasu;
- 3) okresy, do których odnoszą się poziomy hałasu, jako czas odniesienia.

Natomiast dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku są określone w załączniku do rozporządzenia [6]. Dopuszczalne poziomy hałasu w środowisku powodowane przez poszczególne grupy źródeł hałasu, z wyłączeniem hałasu powstałego na skutek startu, lądowania i przelotu statków powietrznych oraz przez linie elektroenergetyczne, wyrażone wskaźnikami

L_{AeqD} i L_{AeqN} które to wskaźniki mają zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby przedstawia **tabela 1.** [6].

podsumowanie

Poprawnie dobrane zespoły prądowórcze, które są zainstalowane przez producenta w kontenerze lub poprawnie zaprojektowanej agregatorni, spełniają większość wymagań stawianych układom zasilania awaryjnego stosowanych często w rozbudowanych układach zasilania budynków. Właściwy dobór parametrów zespołu prądowórczego zapewnia dobrą jakość dostarczanej energii elektrycznej. Z drugiej strony zespoły, zwłaszcza te o większych mocach znamionowych, mają również swoje wady. Głośna praca (średnio 65–80 dB), znaczne masy i duże rozmiary, odpowiedniej wielkości zbiornik paliwa, układ zasilania powietrzem i układ wydechowy, wszystko to powoduje, że urządzenia te powinny być instalowane w osobnych budynkach, z dala od budynków mieszkalnych bądź miejsc pracy ludzi tak aby spełnione były warunki ochrony ppoż i bhp [4, 5].

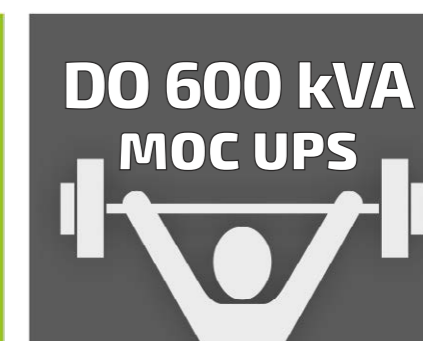
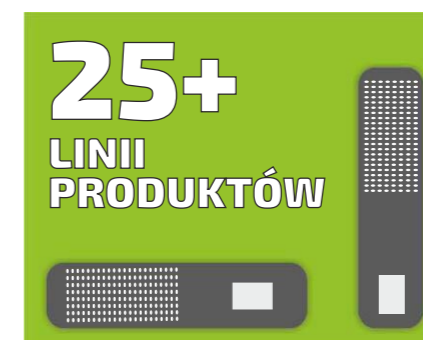
Artykuł nie jest gotową receptą na zasilanie awaryjne budynku przy zastosowaniu zespołu prądowórczego. Zwraca on uwagę na pewne istotne problemy, które należy rozwiązać aby zapewnić niezawodne zasilanie obiektu budowlanego.

literatura do artykułu na
elektro.info.pl

abstract

Location of power generator due to noise and heat dissipation

The article discusses the problem of noise and heat dissipation during operation of power generator



UPS-y kompensacyjne

nowa generacja profesjonalnych urządzeń zasilania bezprzerwowego produkcji Benning

Benning Power Electronics Sp. z o.o.

Urządzenia zasilania bezprzerwowego są niezbędnym elementem układów zasilania wrażliwych odbiorów, procesów technologicznych, zasilania centrów danych i układów automatyki. Środowisko techniczne, w jakim te urządzenia funkcjonują, opisują normy na urządzenia odbierające energię z sieci energetycznej oraz normy i wymagania na sieć zasilającą, w szczególności wymagania na jakość energii elektrycznej dostarczanej przez operatora systemu dystrybucji energii OSD.

Normy na urządzenia zasilające dość precyzyjnie definiują parametry urządzeń i ich oddziaływanie na sieć zasilającą. Wymagania dotyczące jakości dostarczanej energii poza zakresem zmian napięcia i częstotliwości sprowadzają się głównie do jej dostępności. Na podkreślenie zasługuje fakt, iż zaniki napięcia zasilania na poziomie pojedynczych minut nie są uwzględniane jako parametr obniżający jakość dostarczanej energii elektrycznej przez OSD. Odbiorca może się zatem spodziewać całego szeregu zdarzeń wymuszających na nim stosowanie urządzeń UPS, głównie dla poprawy jakości dostarczanej z sieci energii elektrycznej. Odbiorca musi jednak uważać na dodatkowy aspekt korzystania z energii elektrycznej. Są nim opłaty, a raczej kary za ponadumowny tzw. „pobór mocy biernej”, związany z przekroczeniem umownego tgj. Tangens kąta j (kąt mocy) związany jest ze zwiększonym prądem płynącym do obciążenia, gdy występuje przesunięcie pomiędzy przebiegiem napięcia i prądu. Wprowadzono pojęcie tzw. „poboru” mocy biernej, indukcyjnej i pojemnościowej, za który obciążony jest odbiorca komercyjny. Sposobem uniknięcia tych kar jest stosowanie odbiorników o charakterze rezystancyjnym lub kompensowanie odbiorów układami kompensatorów.



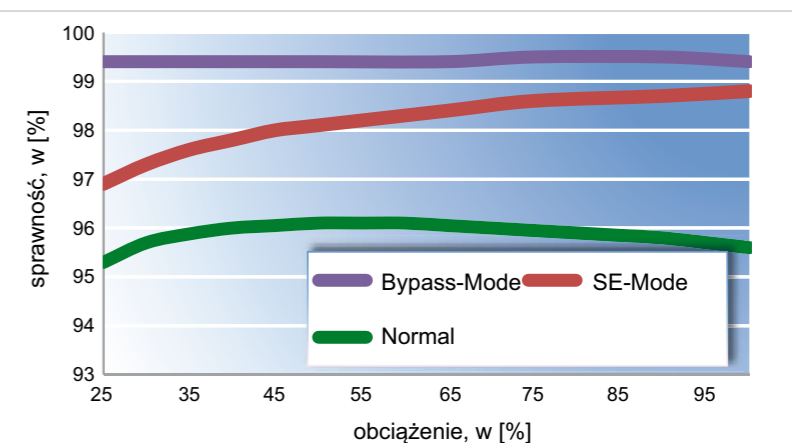
Fot. 1. Wielomodułowy UPS 200 kW z modułami Enertronic modular SE

Firma Benning obydwie te sposoby realizuje w nowej generacji UPS-ów serii Enertronic modular SE.

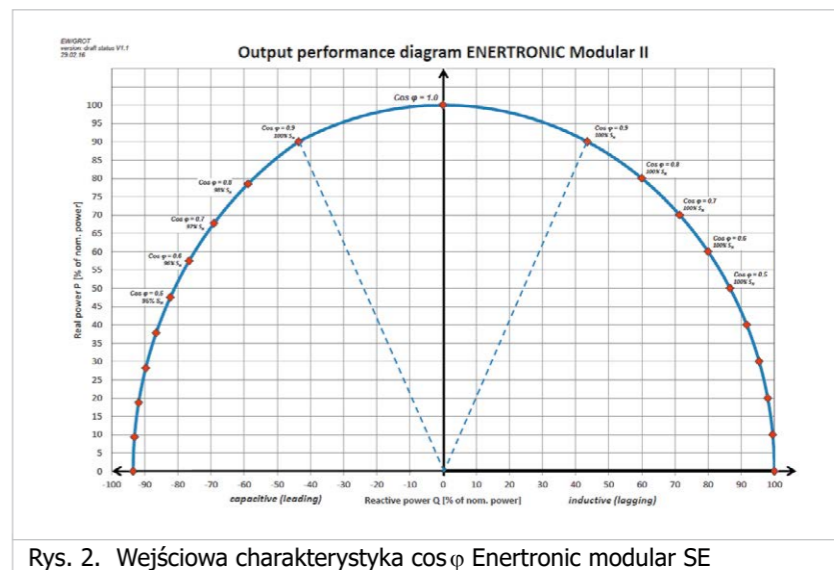
Do doskonałych parametrów wyjściowych specjalistycznego UPS-a dochodzi funkcjonalność kompensacji mocy biernej „pobieranej” przez UPS-a z sieci zasilającej. W urządzeniu można sterować zmianą wejściowego kąta j tak, by urządzenie mogło kompensować grupę odbiorów zarówno o charakterze pojemnościowym, jak i indukcyjnym. W zakresie zmian wejściowego $\cos \varphi = -0.9$ do 0.9 urządzenie dysponuje pełną wyjściową mocą czynną.

UPS Enertronic modular SE potrafi także oddać do sieci zasilającej energię zgromadzoną w baterii. Do wyjątkowych właściwości tego urządzenia należy współpraca z bateriami. Każdy moduł UPS-a będący w pełni niezależnym UPS-em z własnym układem kompensacji, z własnym układem obejściowym, można połączyć z niezależną baterią lub kilkoma łańcuchami baterii. W zależności od producenta baterii, w systemie 1 MW, zbudowanym z modułów 40 kW (25 × 40 kW × 10 bat) do 250 łańcuchów baterii. Urządzenie może współpracować z bateriami ołowowymi, niklowo-kadmowymi i litowo-jonowymi.

Wymienione wyżej właściwości Enertronic modular SE czynią go prekursorem nowej generacji profesjonalnych UPS-ów kompensacyjnych dla klientów komercyjnych.



Rys. 1. Wykres sprawności Enertronic modular SE



Rys. 2. Wejściowa charakterystyka $\cos \varphi$ Enertronic modular SE

reklama
BENNING
World Class Power Solutions

BENNING
Power Electronics Sp. z o.o.
05-503 Głusków
ul. Korczunkowa 30
tel. 22 757 84 53
tel. 22 757 36 68-70
faks 22 757 84 52
biuro@benning.biz
www.benning.pl

zastosowanie zasilaczy UPS w układach zasilania urządzeń przeciwpożarowych

mgr inż. Mirosław Miegoń

Źródła zasilania, jakie mogą być stosowane do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, muszą spełniać wymagania prawne określone przez rozporządzenia Parlamentu Europejskiego, ustaw sejmowych i rozporządzeń rządowych. Zasilacze powinny przede wszystkim spełniać dyrektywy i przepisy prawne dla sprzętu elektrycznego instalowanego w budynkach i nie mogą w żaden sposób stanowić niebezpieczeństwa zarówno dla osób użytkujących budynek, jak i dla ekip ratunkowych i pożarowych.

Deklaracje zgodności CE muszą spełniać poniższe dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady Europy:

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia (dyrektywa niskonapięciowa),
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/WE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej (dyrektywa EMC) oraz Komunikat Komisji w ramach wdrażania dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/30/UE w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej (Publikacja tytułów i odniesień do norm zharmonizowanych na mocy prawodawstwa harmonizacyjnego Unii (2016/C 293/03),
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE z dnia 8 czerwca 2011 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dyrektywa RoHS o ograniczeniu stosowania substancji szkodliwych).

Poza powyższymi podstawowymi dla urządzeń elektrycznych wytycznymi, grupa zasilaczy elektrycznych przeznaczonych do zasilania urządzeń przeciwpożarowych powinna spełniać wymagania nakreślone w powyższych

streszczenie

Regulacje prawne na polskim rynku budowlanym związane z wykorzystaniem zasilaczy UPS w układach zasilania urządzeń przeciwpożarowych. Przegląd norm, ustawodawstwa UE oraz obowiązujących lokalnych ustaw i rozporządzeń.

dyrektywach, jeśli nie zostały one uwzględnione lub zdefiniowane w dokumencie: Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r., ustanawiającym zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG

Wprowadzanie wyrobów budowlanych na polski rynek regulowane jest przez Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG oraz Ustawę z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych. Rozporządzenie 305/2011 obowiązuje w całości od 1 lipca 2013 r., a jego przepisy stosowane są bezpośrednio we wszystkich państwach członkowskich Unii Europejskiej. **Rozporządzenie określane jest skrótowo CPR** (ang. *Construct Product Regulation*).

Rozporządzenie Parlamentu i Rady Europy 305/2011 dotyczy wyrobów budowlanych. **Celem rozporządzenia** zapisanym na wstępie w założeniach dokumentu: **mając na uwadze, co następuje:**

(1) Przepisy państw członkowskich wymagają, **by objekty budowlane były projektowane i wykonywane w sposób niezagrażający bezpieczeństwu ludzi, zwierząt domowych ani mienia oraz niewywierający szkodliwego wpływu na środowisko.**

(10) Usunięcie przeszkód technicznych w dziedzinie budownictwa możliwe jest wyłącznie poprzez **ustanowienie zharmonizowanych specyfikacji technicznych służących do oceny właściwości użytkowych wyrobów budowlanych.**

(11) Te zharmonizowane **specyfikacje techniczne** powinny obejmować badania, obliczenia i inne środki **zdefiniowane w normach zharmonizowanych oraz w europejskich dokumentach oceny do celów oceny właściwości użytkowych w odniesieniu do zasadniczych charakterystyk wyrobów budowlanych.**

Artykuł 2 Definicje na użytek niniejszego rozporządzenia stosuje się następujące definicje:

1) „**wyrób budowlany**” oznacza każdy **wyrób lub zestaw** wyprodukowany i wprowadzony do obrotu **w celu trwałego wbudowania w obiektach budowlanych** lub ich częściach, którego właściwości wpływają na właściwości użytkowe obiektów budowlanych w stosunku do podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych;

Rozdział IV Zharmonizowane specyfikacje techniczne rozporządzenia definiuje, na jakiej podstawie i jakie parametry powinna zawierać specyfikacja techniczna wyrobów budowlanych.

p. 1 odwołuje się do załącznika I do dyrektywy 98/34/WE wymieniającego organa europejskie wydające normy. Są to: CEN – Europejski Komitet Normalizacyjny, CENELEC

– Europejski Komitet Normalizacyjny Elektrotechniki, ETSI – Europejski Instytut Norm Telekomunikacyjnych.

3. Normy zharmonizowane określają metody i kryteria oceny właściwości użytkowych wyrobów budowlanych w odniesieniu do ich zasadniczych charakterystyk.

Artykuł 19 Europejski dokument oceny

1. W następstwie wniosku o wydanie europejskiej oceny technicznej, złożonego przez producenta, organizacja **JOT opracowuje i przyjmuje europejski dokument oceny dla każdego wyrobu budowlanego nieobjętego lub nie w pełni objętego normą zharmonizowaną**, którego właściwości użytkowe w odniesieniu do jego zasadniczych charakterystyk nie mogą być w pełni ocenione zgodnie z istniejącą normą zharmonizowaną, ponieważ między innymi:

- a) dany wyrób nie jest objęty zakresem żadnej istniejącej normy zharmonizowanej;
- b) w odniesieniu do co najmniej jednej zasadniczej charakterystyki tego wyrobu metoda oceny przewidziana w normie zharmonizowanej nie jest właściwa; lub
- c) norma zharmonizowana nie przewiduje żadnej metody oceny w odniesieniu do co najmniej jednej zasadniczej charakterystyki tego wyrobu.

Artykuł 21 Obowiązki JOT otrzymującej wniosek dotyczący europejskiej oceny technicznej:

1. JOT otrzymująca wniosek dotyczący europejskiej oceny technicznej informuje producenta, jeżeli dany wyrób budowlany jest w całości lub w części objęty zharmonizowaną specyfikacją techniczną w następujący sposób:

- a) **jeżeli wyrób jest w pełni objęty normą zharmonizowaną**, JOT informuje producenta, że zgodnie z art. 19 ust. 1 **europejska ocena techniczna nie może być wydana dla tego wyrobu**;
- b) **jeżeli wyrób jest w pełni objęty europejskim dokumentem oceny**, JOT informuje producenta, że ten **dokument będzie służył jako podstawa europejskiej oceny technicznej**, która ma zostać wydana;
- c) **jeżeli wyrób nie jest objęty lub nie jest w pełni objęty żadną zharmonizowaną specyfikacją techniczną**, JOT stosuje procedury określone w załączniku II lub ustanowione zgodnie z art. 19 ust. 3 (zmiana załącznika II).

Jednym z podstawowych wymagań dotyczących obiektów budowlanych w rozporządzeniu 305/2011 jest wymieniony w załączniku I:

Załącznik I Podstawowe wymagania dotyczące obiektów budowlanych

2. Bezpieczeństwo pożarowe

Obiekty budowlane muszą być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w przypadku wybuchu pożaru:

Kod	Grupa wyrobów
10	Stale urządzenia gaśnicze (wyroby do wykrywania i sygnalizacji pożaru, stałe urządzenia gaśnicze, wyroby do kontroli rozprzestrzeniania ognia i dymu oraz do tłumienia wybuchu)
31	Kable zasilania, sterujące i komunikacyjne
35	Wyroby do zatrzymywania ognia, uszczelniające i ochrony ogniowej, wyroby hamujące palność

Tab. 1. Załącznik IV – grupy wyrobów i wymagania dotyczące jednostek ds. oceny technicznej grupy tabela 1 – grupy wyrobów)

- a) nośność konstrukcji została zachowana przez określony czas;
- b) powstawanie i rozprzestrzenianie się ognia i dymu w obiektach budowlanych było ograniczone;
- c) rozprzestrzenianie się ognia na sąsiednie obiekty budowlane było ograniczone;
- d) osoby znajdujące się wewnątrz mogły opuścić obiekt budowlany lub być uratowane w inny sposób;
- e) uwzględnione było bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Wyroby budowlane zostały podzielone na grupy w załączniku IV (**tab. 1.**), a kolejne załączniki określają systemy oceny stałości wartości użytkowych wyrobów. Pośród grup znajdują się wyroby prefabrykowane z betonu, materiały termoizolacyjne, kominy, wyroby gipsowe, kruszywa, kleje budowlane; kable zasilania, sterujące i telekomunikacyjne; wyroby do zatrzymywania ognia, uszczelniające i ochrony ogniowej, wyroby hamujące palność.

W zestawieniu załącznika znajduje się także grupa związana z ochroną przeciwpożarową.

Zalecenia Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Europy zostały uregulowane prawnie w Polsce poprzez Ustawę z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych.

W art. 1. p. 1. ustawa określa zasady wprowadzania do obrotu lub udostępniania na rynku krajowym wyrobów budowlanych, zasady kontroli wyrobów budowlanych wprowadzonych do obrotu lub udostępnianych na rynku oraz określa właściwość organów w zakresie wykonywania zadań administracyjnych i obowiązków wynikających z rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych.

Art. 1. P. 2 Do akredytacji, autoryzacji i notyfikacji jednostek uczestniczących w procesie oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych stosuje się odpowiednio przepisy rozdziału 4 i 5 ustawy z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku (DzU poz. 542 i 1228).

Ustawa z dnia 13 kwietnia 2016 r. o systemach oceny zgodności i nadzoru rynku (DzU 20016 poz. 542) wprowadza wymagania dotyczące wprowadzenia wyrobów budowlanych.

Rozdział 2 Ocena zgodności wyrobów określa, jakie wymagania muszą spełniać produkty wprowadzone na rynek.

Art. 5. Wyroby wprowadzane do obrotu lub oddawane do użytku muszą spełniać wymagania.

Art. 6. Oznakowanie CE, a w przypadku przyrządów pomiarowych także dodatkowe oznakowanie metrologiczne, umieszcza się na wyrobie podlegającym obowiązkowi oceny zgodności po przeprowadzeniu tej oceny i potwierdzeniu zgodności wyrobu z wymaganiami, a przed wprowadzeniem wyrobu do obrotu lub oddaniem go do użytku.

Art. 7. 1. Obowiązkowej ocenie zgodności przed wprowadzeniem do obrotu lub oddaniem do użytku podlegają wyroby, dla których określono wymagania w bezpośrednio stosowanym unijnym prawodawstwie harmonizacyjnym lub przepisach wdrażających unijne prawodawstwo harmonizacyjne, w tym w przepisach wydanych na podstawie art. 12.

Art. 12. Minister kierujący działem administracji rządowej właściwym ze względu na przedmiot oceny zgodności określi, w drodze rozporządzenia:

- 1) wymagania dla wyrobów podlegających ocenie zgodności określonych w dyrektywach nowego podejścia, Dziennik Ustaw – 6 – Poz. 542
- 2) procedury oceny zgodności,
- 3) zakres dokumentacji technicznej wyrobów,
- 4) sposób oznakowania wyrobów,
- 5) elementy deklaracji zgodności,
- 6) dodatkowe warunki udzielania autoryzacji jednostkom oceniającym zgodność, jeśli takie warunki są określone w dyrektywach nowego podejścia – biorąc pod uwagę rodzaje wyrobów oraz stopień stwarzanych przez nie zagrożeń, a także inne wymagania zawarte w dyrektywach nowego podejścia.

USTAWA z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (tj. DzU z 2019 r. poz. 266.)

Art. 5.

1. Wyrób budowlany objęty normą zharmonizowaną lub zgodny z wydaną dla niego europejską oceną techniczną, może być wprowadzony do obrotu lub udostępniany na rynku krajowym wyłącznie zgodnie z rozporządzeniem Nr 305/2011. Wzór oznakowania CE określa załącznik II do rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r. ustanawiającego wymagania w zakresie akredytacji i nadzoru rynku odnoszące się do warunków wprowadzania produktów do obrotu i uchylającego rozporządzenie (EWG) nr 339/93 (Dz. Urz. UE L 218 z 13.08.2008, s. 30).

3. Wyrób budowlany nieobjęty zakresem przedmiotowym zharmonizowanych specyfikacji technicznych, o których mowa w art. 2 pkt 10 rozporządzenia Nr 305/2011 (aut. art.2 pkt 10. 'harmonised technical specifications' means harmonised standards and European Assessment Documents), może być udostępniany na rynku krajowym, jeżeli został legalnie

wprowadzony do obrotu w innym państwie członkowskim Unii Europejskiej lub w państwie członkowskim Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu (EFTA) – stronie umowy o Europejskim Obszarze Gospodarczym oraz w Turcji, a jego właściwości użytkowe umożliwiają spełnienie podstawowych wymagań przez obiekty budowlane zaprojektowane i budowane w sposób określony w przepisach techniczno-budowlanych oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej. Wraz z wyrobem budowlanym udostępnianym na rynku krajowym dostarcza się informacje o jego właściwościach użytkowych oznaczonych zgodnie z przepisami państwa, w którym wyrób budowlany został wprowadzony do obrotu, instrukcje stosowania, instrukcje obsługi oraz informacje dotyczące zagrożenia dla zdrowia i bezpieczeństwa, jakie ten wyrób stwarza podczas stosowania i użytkowania.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INWESTYCJI I ROZWOJU^{*)} z dnia 13 czerwca 2018 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym Ministra Infrastruktury i Budownictwa z dnia 17 listopada 2016 r. w sprawie sposobu deklarowania właściwości użytkowych wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (DzU poz. 1966). Rozporządzenie zmienia listę wyrobów oraz przesunęła datę obowiązku posiadania krajowej deklaracji właściwości użytkowych wyrobów budowlanych.

§ 14. Producent wyrobu budowlanego wymienionego w załączniku nr 1 do rozporządzenia, który zgodnie z przepisami obowiązującymi do dnia 31 grudnia 2016 r. nie był objęty obowiązkiem znakowania znakiem budowlanym, nie jest obowiązany do dnia 30 czerwca 2019 r. sporządzać krajowej deklaracji przy wprowadzaniu do obrotu lub udostępnianiu na rynku krajowym tego wyrobu budowlanego.”

Załącznik do rozporządzenia Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 13 czerwca 2018 r. (poz. 1233)

Krajowy system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych 1 (**tab. 2.**):

- 1) Działania producenta:
 - a) zakładowa kontrola produkcji,
 - b) badanie próbek w zakładzie produkcyjnym zgodnie z ustalonym planem.
- 2) Ocena i weryfikacja przeprowadzona przez jednostkę certyfikującą:
 - a) ocena właściwości użytkowych wyrobu na podstawie próbek, obliczeń i dokumentacji wyrobu,
 - b) wstępna inspekcja zakładu produkcyjnego i zakładowej kontroli produkcji,

^{*)} W dniu oddania do druku funkcjonował projekt rozporządzenia zmieniającego dzień 30 czerwca 2019 roku na dzień 31 grudnia 2020 roku.

Lp.	Grupa wyrobów budowlanych	Zamierzone zastosowanie wyrobów budowlanych	Klasy	Krajowy system oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych
10	Stale urządzenia przeciwpożarowe (wyroby do wykrywania i sygnalizacji pożaru, wyroby do kontroli rozprzestrzeniania ciepła i dymu oraz tłumienia wybuchu, systemy ewakuacyjne)			
	Systemy sygnalizacji pożarowej – elementy składowe: ..., źródła zasilania,...	Do zastosowania w obiektach budowlanych	–	1
	Systemy tłumienia i gaszenia pożaru – elementy składowe: ... urządzenia sterujące i sygnalizujące, źródła zasilania,...			
	Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – elementy składowe: ..., źródła zasilania,...			
	Systemy ewakuacyjne – elementy składowe: ..., źródła zasilania,...			

¹⁾ **Obowiązek** sporządzenia krajowej deklaracji właściwości użytkowych dotyczy wyrobów budowlanych nieobjętych art. 5 ust. 1 oraz art. 5 ust. 3 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych, co oznacza, że wyroby budowlane objęte normami zharmonizowanymi lub zgodne z wydanymi dla nich europejskimi ocenami technicznymi, które wprowadzane są do obrotu lub udostępniane na rynku krajowym zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającym zharmonizowane warunki wprowadzenia do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającym dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. Urz. UE L 88 z 04.04.2011, str. 5, Dz. Urz. UE L 103 z 12.04.2013, str. 10, Dz. Urz. UE L 157 z 27.05.2014, str. 76 i Dz. Urz. UE L 159 z 28.05.2014, str. 41), zwanym dalej „rozporządzeniem Nr 305/2011”, oraz wyroby budowlane wprowadzone do obrotu na tzw. „zasadzie wzajemnego uznawania” nie są objęte zakresem niniejszego załącznika.

Tab. 2. Grupy wyrobów budowlanych objęte obowiązkiem sporządzania krajowej deklaracji właściwości użytkowych oraz wymagane dla tych grup krajowe systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych ¹⁾

Urządzenia do uruchamiania urządzeń przeciwpożarowych, wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej		
Lp.	Nazwa wyrobu	Techniczny dokument odniesienia
12	2) Zasilacze urządzeń przeciwpożarowych	Wymagania techniczno-użytkowe

Tab. 3. Załącznik nr 1 WYKAZ WYROBÓW

- c) wydanie krajowego certyfikatu stałości wartości użytkowych,
- d) kontynuacja nadzoru, oceny i ewaluacji zakładowej kontroli produkcji.

PN-EN 12101-10:2007 Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła.

Część 10: Zasilacze

Dotyczy wymagań i metody badań podstawowego i rezerwowego, elektrycznego i pneumatycznego zasilacza stosowanego w systemach kontroli rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w obiektach budowlanych. Jako rezerwowe źródła zasilania poza siecią energetyczną (może być więcej źródeł podstawowych, niewykluczony UPS) dopuszcza się baterie akumulatorów lub zespoły prądotwórcze.

Norma nie przewiduje stosowania innych urządzeń, jednak w przypadku ograniczeń środowiskowych (zanieczyszczenie powietrza lub hałas) alternatywnym rozwiązaniem mogłyby być magazyny energii, coraz częściej wykorzystywane w obiektach budowlanych, pozwalające ograniczyć szczyty poboru mocy i wykorzystywać energię ze źródeł alternatywnych lub tańszych taryf energetycznych).

Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (DzU Nr 143/2007, poz. 1002 z późniejszymi zmianami)

§1. Rozporządzenie określa:

1) wykaz wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywanych przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyrobów stanowiących podręczny sprzęt gaśniczy, zwanych dalej „wyrobami”, które mogą być **stosowane wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania;**

„Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 27 kwietnia 2010 zmieniające rozporządzenie w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania.”

Zmienia wykaz wyrobów objętych rozporządzeniem oraz ich wymagania techniczno-użytkowe. Dopuszczenie do użytkowania wydaje jednostka dopuszczająca. Wyroby wyprodukowane i dopuszczone do obrotu w innych krajach otrzymują dopuszczenie po potwierdzeniu przez jednostkę dopuszczającą, że wyrób zapewnia bezpieczeństwo publiczne lub ochronę zdrowia i życia oraz mienia na poziomie nie niższym, niż zostało to określone w załączniku do rozporządzenia (**tab. 3.**).

Zasilacze urządzeń przeciwpożarowych stosowane w systemach sygnalizacji alarmu pożarowego powinny spełniać wymagania normy PN-EN 54-4.

Zasilacze urządzeń przeciwpożarowych stosowane w dźwiękowych systemach ostrzegawczych powinny spełniać wymagania normy PN-EN 54-4 z wyłączeniem długości czasu pracy awaryjnej.

Zasilacze urządzeń przeciwpożarowych stosowane w systemach wentylacji pożarowej powinny spełniać wymagania normy PN-EN 12101-10.

Spełnienie wymagań powinno być potwierdzone stosownym dokumentem.

W rozporządzeniu szczególną uwagę zwraca się na sygnalizację wysokiej rezystancji wewnętrznej baterii i przyłączonych do niej elementów obwodu (zgodnie z EN-54-4) oraz na wykonywanie badań funkcjonalnych dla dolnej granicy napięcia publicznej sieci zasilającej –15% (zgodnie z EN-12101-10).

Zasilacze UPS stosowane w centralnych systemach zasilania

Zasilacze UPS stosowane w centralnych systemach zasilania dla niezależnego zasilania urządzeń bezpieczeństwa w budynku powinny spełniać normę PN-EN 50171:2007 Centralne układy zasilania. Norma obejmuje systemy zasilania podłączone na stałe do sieci zasilającej AC nie przekraczającej 1000V i które używają baterii akumulatorów jako alternatywnego źródła zasilania. Centralne systemy zasilania przeznaczone są do awaryjnego oświetlenia

ewakuacyjnego w przypadku awarii podstawowego systemu zasilania i do zasilania wymaganych urządzeń bezpieczeństwa jak np.:

- obwodów elektrycznych instalacji automatycznego gaszenia pożarów,
- systemów powiadamiania i sygnalizacji instalacji bezpieczeństwa,
- urządzeń oddymiających,
- systemów ostrzegania przed tlenkiem węgla,
- specyficznych instalacji bezpieczeństwa wymaganych dla specyficznych budynków, np. obszary podwyższonego ryzyka.

Gdy UPS jest wykorzystywany do powyższych systemów, bezpieczeństwa musi spełniać wymagania normy EN 62040-1 i w odnośnych częściach i wymagań normy EN 50171:2001.

Z normy wyłączone są zasilacze przeciwpożarowych systemów alarmowych objętych normą EN 54. Odnośnie rozporządzenia ministrów wykluczają zastosowanie zasilaczy UPS, które nie spełniają norm wymaganych dla zasilaczy stosowanych w systemach wentylacji pożarowej EN-12101-10.

Centralne systemy zasilania dzielą się na dwie grupy związane z trybem zasilania: przełączające i bezprzerwowe. Pierwsze posiadają dopuszczalną przerwę w zasilaniu do 0,5 sekundy, dla drugich czas z natury wynosi 0 sekund.

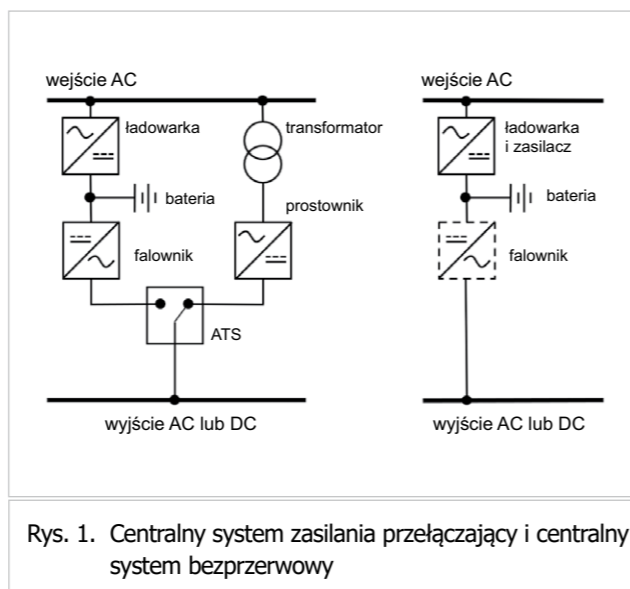
Wymagania dotyczące zasilaczy centralnych:

- napięcie znamionowe sieci publicznej,
- tolerancja częstotliwości 50 Hz $\pm 2\%$,
- wilgotność względna 85%, bez kondensacji,
- praca do 1000 m n.p.m.,
- ochrona baterii przed głębokim rozładowaniem.

Dodatkowe wymagania:

Wytrzymałość konstrukcji obudowy: Test wytrzymałości na nacisk, IP20, odporność obudowy na ciepło i płomień, test w temperaturze 850°C^{*)}, wszystkie połączenia pomiędzy

^{*)} Takich wymagań nie przewiduje norma PN-EN 54-14 oraz PN-EN 12101-10. Zasilacze bada się w temperaturze nie większej niż 70°C.



Rys. 1. Centralny system zasilania przełączający i centralny system bezprzerwowy

elementami i komponentami zasilacza muszą być odpowiednio oznakowane. Szafa bateryjna powinna spełniać wymagania normy PN-EN 50272-2.

Prostowniki i ładowarki baterii:

Powinny spełniać wymagania norm EN 60146-1-1 oraz EN 50272-2. Ładowarki powinny naładować automatycznie rozładowane baterie dla zapewnienia minimum 80% czasu podtrzymania w ciągu 12 godzin.

W czasie trybu pracy, gdzie odbiornik jest zasilany z prostownika, sumaryczny prąd pobierany na zasilanie odbiorników i prąd ładowania powinien wynosić co najmniej 110%, a napięcie nie może przekraczać maksymalnej wartości nominalnej odbiorników. Temperatura kompensacja napięcia ładowania powinna być zapewniona, jeżeli jest wymagana przez producenta baterii akumulatorów. Baterie akumulatorów powinny być naładowane w ciągu 36 godzin przy minimalnym dopuszczalnym napięciu znamionowym wejściowym. Zwarcie na wyjściu ładowarki nie może powodować żadnych uszkodzeń urządzenia. Zgodność z powyższymi wymaganiami powinna być potwierdzona testami.

Przełączniki i aparaty zabezpieczające

Przełączniki automatyczne i przełączające urządzenia elektroniczne powinny spełniać normy EN 60947-4-1 i EN 50272-2 i ich działanie odpowiednie do kategorii odbiorników. Czasy przełączania powinny odpowiadać wymaganiom normy EN 1838. Wyłączniki wejściowe powinny spełniać normy EN 60898 oraz EN 60947-2.

Falowniki centralne:

Powinny spełniać następujące wymagania:

- kompatybilność z zasilanymi urządzeniami, szczególnie w odniesieniu do częstotliwości, kształtu napięcia, mocy i współczynnika mocy obciążenia,
- zakres regulacji napięcia $\pm 6\%$ napięcia nominalnego w zakresie obciążenia 20–100% w okresie znamionowego czasu rozładowania. Przy skokowej zmianie obciążenia napięcie wyjściowe może się zmieniać w zakresie $\pm 10\%$ w czasie do 5 s,
- falowniki powinny zasilac odbiorniki mocą 120% przez znamionowy czas podtrzymania oraz umożliwiać załączenie zasilania systemu przy pełnym obciążeniu w czasie jak dla trybu przy zaniku zasilania określonego w normie EN 1838,
- falowniki powinny posiadać ochronę zapobiegającą uszkodzeniu komponentów, inną niż bezpieczniki lub aparaty zabezpieczające, spowodowaną odwróceniem biegunów baterii akumulatorów.

Zgodność z powyższymi wymaganiami powinna być potwierdzona testami.

Falownik powinien spowodować zadziałanie bezpiecznika lub wyłącznika podłączonego na jego wyjściu o maksymalnej deklarowanej wartości, jednocześnie nie powodując

zadziałania zabezpieczeń wewnętrznych lub uszkodzenie falownika, po czym falownik powinien powrócić do pracy przy pełnym napięciu w ciągu 5 s.

Monitorowanie i testowanie urządzenia:

Kontrola napięcia ładowanie, przerwany obwód ładowania, awaria ładowarki, tryb pracy, ostrzeżenie na 10 minut przed głębokim rozładowaniem, zadziałanie ochrony przed głębokim rozładowaniem. Jeżeli zainstalowano w systemie, monitorowane powinny być układy pomiaru izolacji (wskaźnik upływności), awarii systemu wentylacji dla szafy bateryjnej lub opcji baterii. Zdalny panel monitorujący wskazujący poprzez styki beznapięciowe:

- praca systemu,
- zasilanie z baterii,
- zakłócenia pracy systemu jako alarm zbiorowy.

Pomiary wartości napięć i prądów DC powinny być wykonywane w klasie dokładności 1,5, natomiast dla napięć i prądów AC – w klasie 2,5.

Wytrzymałość dielektryczna:

Urządzenie powinno przetestowane napięciem $2U + 1000V$ przez 1 minutę, po naładowaniu baterii i pracy przy pełnym obciążeniu przez 1 godzinę.

Urządzenie zasilające powinno być odpowiednio oznakowane, a następujące informacje widoczne po instalacji: producent, typ, numer seryjny, parametry napięcia wejściowego, prąd znamionowy zabezpieczenia wejściowego, parametry wyjściowe: znamionowe wartości napięcia, prądu, mocy, napięcie minimalne po czasie podtrzymania, czas podtrzymania przy obciążeniu znamionowym, temperatura znamionowa pracy baterii, typ baterii i ilość ogniw.

Centralny falownik powinien być oznakowany i zawierać dodatkowe informacje dotyczące wyjścia: zakres współczynnika mocy, opis kształtu przebiegu napięcia, jeśli nie sinusoidalny, zakłócenia harmoniczne i jeśli dotyczy maksymalny prąd składowych okresowych wejściowego prądu baterii. Centralne systemy zasilania powinny być testowane w obiekcie po zainstalowaniu, tylko małe systemy mogą posiadać testy typu.

Zasilacze UPS mogą być stosowane natomiast do zasilania pozostałych urządzeń wykorzystywanych dla bezpieczeństwa ludzi i mienia oraz wykorzystywane przez ekipy ratownicze i pożarowe. Obowiązek sporządzenia krajowej deklaracji właściwości użytkowych dotyczy wyrobów budowlanych nieobjętych art. 5 ust. 1 oraz art. 5 ust. 3 ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych, co oznacza, że zasilacze UPS objęte normami zharmonizowanymi mogą być wykorzystane w powyższym zakresie.

W indywidualnych, uzasadnionych przypadkach, zasilacze UPS mogą być stosowane w zakresie ochrony przeciwpożarowej. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów umożliwia takie rozwiązanie w §1.2 W przypadkach szczególnie uzasadnionymi uwarunkowaniami lokalnymi, wskazanymi w ekspertyzie technicznej rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych, dopuszcza się, w uzgodnieniu z właściwym miejscowo komendantem wojewódzkim Państwowej Straży Pożarnej, stosowanie rozwiązań zamiennych, zapewniających niepogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

abstract

Application of UPS in the power supply systems of fire-fighting equipment

Legal regulations on the Polish construction market related to the application of UPS in the supply systems of fire-fighting equipment. Review of the standards, the EU legislation and the applicable local laws and regulations.

analiza układów zasilania obiektów użyteczności publicznej o różnym stopniu niezawodności (część 2.)

dr hab. inż. Paweł Piotrowski – Politechnika Warszawska

Budynki użyteczności publicznej to obiekty o często bardzo różnych wymaganiach niezawodnościowych. Układów zasilania stosowanych w praktyce dla tego typu obiektów jest również wiele. Obiekty wymagające największej niezawodności zasilania, jak np. szpitale lub obiekty data center, wymagają wyjątkowo wysokiej dostępności systemu. Wymaga to zastosowania rozbudowanych układów zasilania bezprzerwowego. Wśród budynków użyteczności publicznej występują budynki, dla których wymagania niezawodnościowe są stosunkowo niskie i nie wymagają one konieczności zastosowania układów zasilania bezprzerwowego. Przykładem może być szkoła lub muzeum.

układy zasilania obiektów użyteczności publicznej z zasilaniem bezprzerwowym

Do elementów istotnych z punktu widzenia poprawy pewności zasilania obiektów użyteczności publicznej należą: zwiększanie liczby linii zasilających, rezerwa utajona (różnica między mocą znamionową zespołów wytwórczych a mocą pobieraną przy typowym obciążeniu), sekcjonowanie szyn zbiorczych lub stosowanie rezerwowych źródeł zasilania w postaci zespołów prądowórczych i zasilaczy UPS. Elementem zwiększającym szybkość przełączeń i skrócenie przerw zasilania są układy automatyki SZR [23]. Zapewnienie bardzo wysokiej niezawodności dostaw energii elektrycznej przy jednej linii zasilającej wymaga bardzo dużych nakładów inwestycyjnych [23].

Wysoki poziom niezawodności układu uzyskuje się natomiast stosunkowo niskim kosztem dzięki zwiększeniu liczby ciągów zasilających. W takim przypadku koszty układu zasilania u odbiorcy są niższe, ponieważ wykorzystuje się istniejącą sieć energetyki zawodowej. Należy unikać zasilania obiektów użyteczności publicznej długimi liniami napowietrznymi z powodu dużej wrażliwości na warunki atmosferyczne [23].

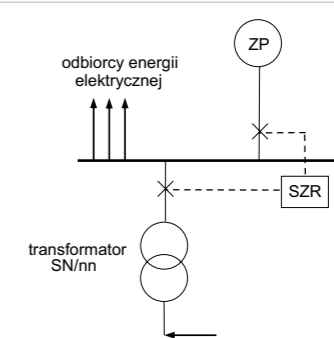
streszczenie

W dwuczęściowym artykule przedstawiono różne układy zasilania obiektów użyteczności publicznej. Scharakteryzowano różne standardy ciągłości zasilania. Przedstawiono klasyfikację odbiorców w zależności od wymagań niezawodnościowych. Sformułowano ponadto uwagi i wnioski końcowe.

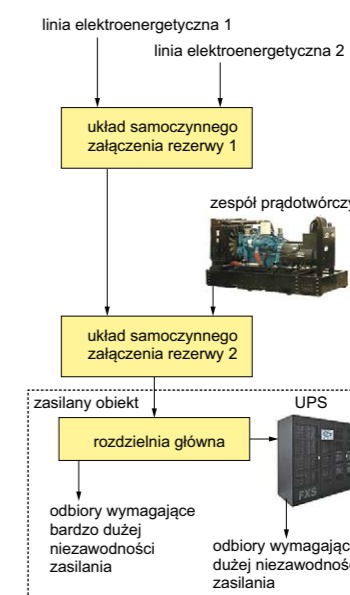
W praktyce często spotykanym układem zasilania budynków użyteczności publicznej o mniejszej mocy przyłączeniowej i stosunkowo **niskich wymaganiach niezawodnościowych** jest układ z zasilaniem podstawowym uzupełnianym o zespół prądowórczy. Układ zasilania przedstawiono na **rysunku 1**. Moc zespołu prądowórczego powinna być tak dobrana, aby zapewnić zapotrzebowanie na moc całego obiektu lub odbiorników, które bezwzględnie potrzebują ciągłości zasilania. Rozwiązanie to realizowane jest na podstawie układu automatyki SZR lub tzw. przełącznika „sieć-zespół prądowórczy”. Pierwsze rozwiązanie stosowane jest w przypadku, kiedy dopuszczalna przerwa ma być maksymalnie krótka, natomiast drugie rozwiązanie dopuszcza dłuższą przerwę w zasilaniu [15].

Układy zasilania **budynków szpitalnych** składają się z zasilania podstawowego oraz rezerwowanego (bezprzerwowo) dla wybranych odbiorów. Zasilanie podstawowe realizowane jest najczęściej przez doprowadzenie do budynku zasilania z dwóch różnych stacji SN/nn zasilanych (najlepiej) z dwóch różnych kierunków (GPZ-ów) [18]. Przy głównym złączu budynku powinien być zainstalowany SZR połączony z rozdzielnią główną budynku. W rozdzielni tej wydziela się obwody odbiorników III kategorii zasilania oraz kolejny obwód SZR, przeznaczony do współpracy z zespołem prądowórczym stanowiącym awaryjne źródło zasilania. Na **rysunku 2** przedstawiono przykładowy układ zasilania obiektu użyteczności publicznej o wysokich wymaganiach niezawodnościowych.

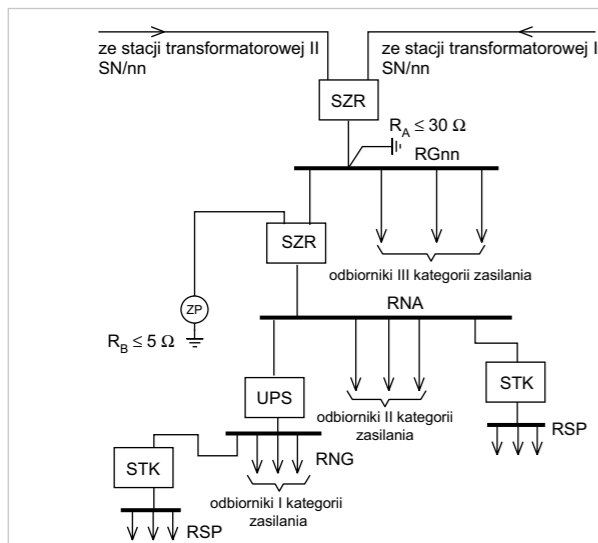
Potrzeba stosowania układów, gdzie należy wydzielić sekcję o podwyższonym poziomie niezawodności zawierającą zespół prądowórczy zachodzi również w obiektach takich jak: **kina, teatry, hotele, hale sportowe, stadiony, domy handlowe, banki oraz biurowce**. Ma to miejsce w sytuacji, gdy funkcja obiektu jest strategiczna z punktu widze-



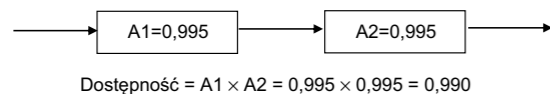
Rys. 1. Układ zasilania obiektu użyteczności publicznej o niskich wymaganiach niezawodnościowych. Opracowano na podstawie [15]



Rys. 2. Układ zasilania obiektu użyteczności publicznej o wysokich wymaganiach niezawodnościowych. Opracowano na podstawie [31]



Rys. 3. Przykład zasilania obiektu łączności [22]



Rys. 4. Obliczenie dostępności systemu w połączeniu szeregowym. Opracowano na podstawie [29]

nia działania całej organizacji, stwarza zagrożenie życia ludzkiego lub przerwa w zasilaniu może przynieść bardzo duże straty [15].
W obiektach użyteczności publicznej o charakterze **usługowym** wymagane jest wydzielenie obwodów. Działanie to ma na celu nie wprowadzanie paniki osób znajdujących się wewnątrz takiego obiektu w sytuacji wystąpienia jakiegoś nieprzewidzianego zdarzenia i ewentualnego spowodowania z tego tytułu niebezpieczeństwa utraty zdrowia [15].
Układy zasilania **obiektów łączności** mogą być z zasilaniem podstawowym jednostronnym, dwustronnym lub rezerwowanym w zależności od grupy niezawodnościowej. W każdym przypadku stosowane jest zasilanie rezerwowe (zespół prądotwórczy z rezerwą co najmniej trzygodzinną). Na **rysunku 3.** przedstawiono przykład zasilania obiektu łączności. Do wymagań dotyczących zasilania obiektu łączności zaliczamy [18]: przyłączy obiektu powinno być przystosowane do przyłączenia zespołu prądotwórczego stacjonarnego lub przewoźnego o odpowiedniej do potrzeb obiektu mocy, zainstalowanie SZR-a automatycznego lub zdalnego (obiekty bezoobsługowe).

Przy wyborze układów zasilania istotna jest korelacja pomiędzy kosztami rozwiązania a niezawodnością. Niewielkie zwiększenie nakładów inwestycyjnych na sieć o małej niezawodności w wyraźny sposób podnosi jej niezawodność [23]. W przypadku sieci o wysokiej niezawodności dalsze zwiększanie kosztów w celu jej poprawy przynosi niewielki procentowy stopień poprawy [23].

układy zasilania obiektów data center z zasilaniem bezprzerwowym

Wymagania wobec obiektów data center rosną niemal z dnia na dzień, wymagając od nich nieustannego poszukiwania nowych rozwiązań i sposobów na zwiększenie mocy obliczeniowej, oraz dostarczenie jeszcze wyższego poziomu bezpieczeństwa i lepszej efektywności w celu utrzymania konkurencyjności. Niezawodność zasilania jest jednym z kluczowych elementów prawidłowego funkcjonowania obiektów data center.

nia działania całej organizacji, stwarza zagrożenie życia ludzkiego lub przerwa w zasilaniu może przynieść bardzo duże straty [15].

W obiektach użyteczności publicznej o charakterze **usługowym** wymagane jest wydzielenie obwodów. Działanie to ma na celu nie wprowadzanie paniki osób znajdujących się wewnątrz takiego obiektu w sytuacji wystąpienia jakiegoś nieprzewidzianego zdarzenia i ewentualnego spowodowania z tego tytułu niebezpieczeństwa utraty zdrowia [15].

Układy zasilania **obiektów łączności** mogą być z zasilaniem podstawowym jednostronnym, dwustronnym lub rezerwowanym w zależności od grupy niezawodnościowej.

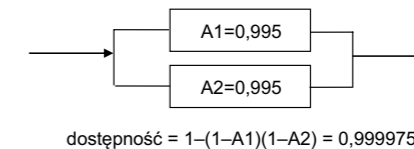
Napięcie zasilające obiekt data center zależy od mocy zapotrzebowanej. Podział obiektów jest następujący:

- małe obiekty data center o mocy poniżej 0,25 MW zasila się napięciem 230/400 V,
- duże obiekty data center o mocy powyżej 0,25 MW i poniżej 5 MW zasila się napięciem SN (15 kV/20 kV),
- bardzo duże obiekty data center o mocy powyżej 5 MW zasila się napięciem SN lub napięciem 110 kV.

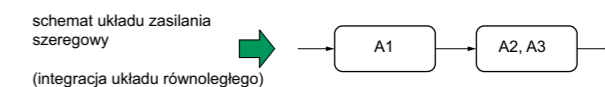
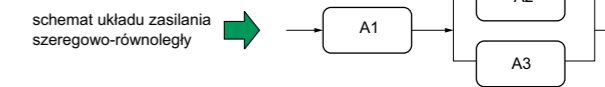
W zależności od napięcia zasilającego wybiera się układ zasilania o możliwie wysokiej niezawodności. Jeśli przy dwóch lub więcej ciągach zasilania występuje ich całkowita niezależność, to jeden (lub więcej) z tych ciągów może być traktowany jako zasilanie podstawowe, natomiast drugi (lub więcej) jako zasilanie rezerwowe z zewnętrznej sieci elektroenergetycznej [1].

W obiektach typu data center (i nie tylko w nich) w celu zwiększenia niezawodności zasilania, stosuje się w układzie zasilania dodatkowe źródła zasilania rezerwowego z urządzeń, których praca nie zależy od sieci elektroenergetycznej. Należą do nich zasilacze bezprzerwowe UPS oraz zespoły prądotwórcze. Elementy te w celu zwiększenia niezawodności są często dodatkowo stosowane w redundantacji.

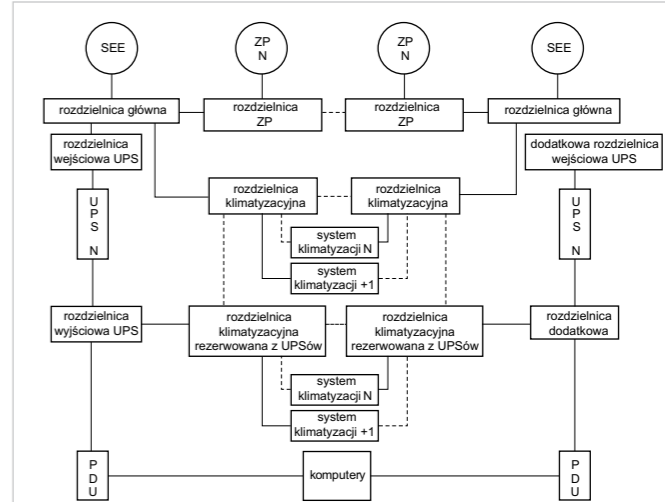
Dostępność (niezawodność) systemu zasilania bezprzerwowego zależą ściśle od zastosowanego układu redundancji (za-



Rys. 5. Obliczenie dostępności systemu w połączeniu równoległym. Opracowano na podstawie [29]



Rys. 6. Kolejne etapy obliczeń dostępności całości układu zasilania. Opracowano na podstawie [29]



Rys. 7. Przykładowa topologia systemu zasilania gwarantowanego klasy Tier IV. Opracowano na podstawie [25]

Rodzaj systemu gwarantowanego zasilania	Dostępność, w [%]
Sieć energetyczna bez wspomaganie zasilaczem UPS	99,9000
Pojedynczy UPS	99,9978
UPS z układami nadmiarowymi	99,9989
UPS modułowy	99,9990
System równoległy UPS 1+1	99,9992
System równoległy UPS 1+1 (praca niezależna każdego UPS)	99,9999

Tab. 1. System zasilania gwarantowanego a dostępność [33]

silacze UPS, zespoły prądotwórcze itd.) Dostępność urządzenia/systemu obliczana jest następująco (wzór 1) [32]:

$$P = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1)$$

gdzie:

MTBF – (ang. *Mean Time Between Failure*) średni czas pracy urządzenia pomiędzy awariami deklarowany przez producenta (np. w przypadku wysokiej klasy trójfazowego zasilacza UPS średniej mocy czas ten wynosi około 150 000 godzin). Przy jego stosowaniu trzeba pamiętać, iż nie oznacza on szacowanego okresu eksploatacji urządzenia (szczegóły w dalszej części tekstu),

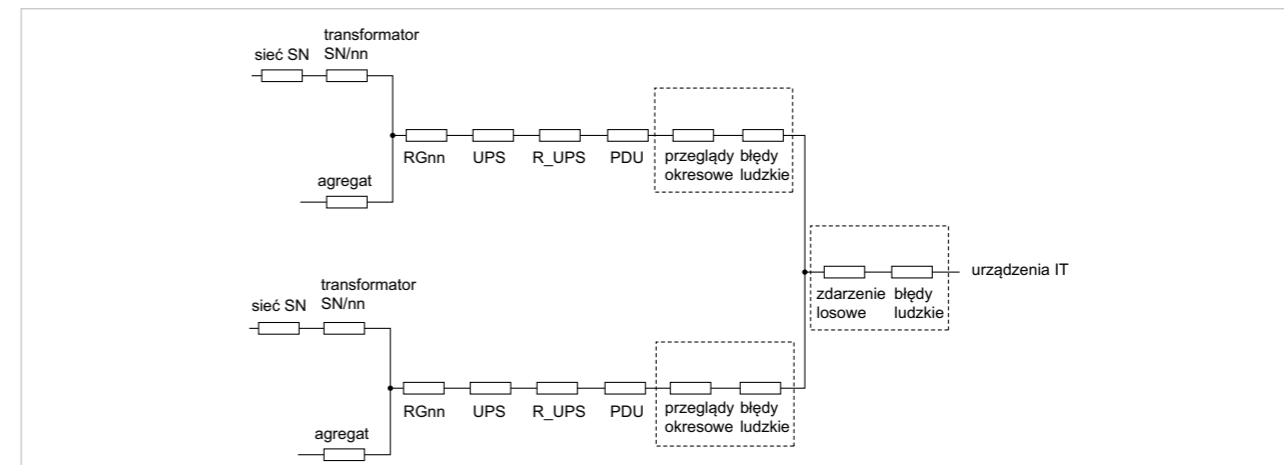
MTTR – (ang. *Mean Time to Repair*) – średni czas naprawy urządzenia (czas ten w praktyce stanowi suma czasu od momentu awarii do momentu rozpoczęcia naprawy oraz samego czasu naprawy – producenci typowo podają tylko czas średni samej naprawy urządzenia, warto o tym pamiętać). W przypadku rozważanego UPS czas naprawy wynosi typowo od 30 do 60 minut. Zastosowanie UPS-a o budowie modułowej może skrócić czas naprawy.

Poziom dostępności (niezawodności) systemu zależy więc nie tylko od niezawodności urządzeń, ale również od czasu naprawy – redundancja urządzeń zdecydowanie zwiększa dostępność systemu. W **tabeli 1.** przedstawiono zależność pomiędzy dostępnością a rodzajem systemu zasilania gwarantowanego.

Rysunek 4. przedstawia obliczanie dostępności w połączeniu szeregowym elementów wchodzących w skład układu zasilania. Natomiast **rysunek 5.** przedstawia obliczanie dostępności w połączeniu równoległym tych elementów (do prawidłowej pracy wymagane jest działanie co najmniej jednego z dwóch urządzeń). Dostępność systemu znacznie wzrasta w przypadku zastosowania połączenia równoległego np. dwóch zasilaczy UPS. Przy połączeniu szeregowym im więcej elementów, tym dostępność systemu maleje. Należy zwrócić uwagę na fakt, że nie da się usunąć z układu zasilania elementów połączonych szeregowo. Określoną statystycznie dostępność ma przecież wiele elementów połączonych szeregowo np. rozdzielnia, urządzenie PDU, sieć nn zasilająca obiekt itd.

W przypadku układów zasilania zawierających zarówno elementy połączone szeregowo, jak również elementy połączone równolegle, obliczenia wykonuje się krokowo upraszczając w kolejnych krokach strukturę aż do jednego elementu, którego dostępność jest dostępnością całego układu zasilania. Na **rysunku 6.** przedstawiono kolejne etapy obliczeń dostępności całości układu zasilania.

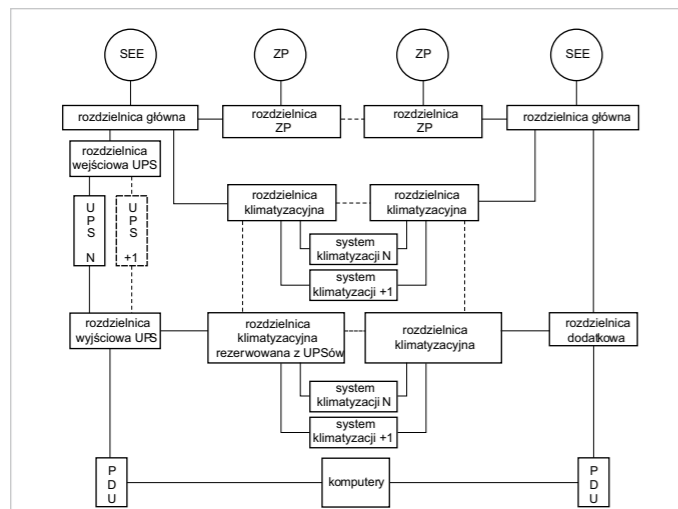
charakterystyka standardu Tier IV – obliczanie dostępności układu zasilania



Rys. 8. Schemat struktury niezawodności dla układu zasilania opartego na standardzie Tier IV 2N [32]

Na **rysunku 7.** przedstawiono przykładową topologię systemu zasilania gwarantowanego zgodnego z kategorią Tier IV [26]. Na **rysunku 8.** przedstawiono schemat struktury niezawodności dla układu zasilania opartego na standardzie Tier IV 2N. Struktura ta w kolejnych krokach zostaje zredukowana do jednego elementu, którego dostępność jest dostępnością całego układu zasilania. Topologia poziomu IV jest najdroższą i jednocześnie najbardziej niezawodną ze wszystkich topologii przedstawionych w klasyfikacji Uptime Institute. Na **rysunku 7.** przedstawiony został układ redundancji „2N”, ale możliwy jest także układ „2(N+1)” różniący się komponentami nadmiarowymi, których brakuje w układzie „2N”. Dwa niezależne od siebie źródła zasilania odbiorów powodują, że system nie ma wspólnych punktów decydujących o dostępności systemu. Cały sprzęt IT zgodnie z ustaleniami dla kategorii Tier IV powinien posiadać dwustronne zasilanie, aby zapewnić możliwość konserwacji systemu zasilania pomiędzy sprzętem IT a urządzeniem UPS bez przerwy w pracy systemu komputerowego. Każdy element systemu klimatyzacji i systemu zasilania może zostać usunięty na czas planowanego serwisu bez konieczności wyłączenia systemu komputerowego. Istotne jest również, że systemy uzupełniające się i linie zasilające muszą być całkowicie oddzielone w celu zapewnienia odpowiedniej niezawodności systemu. System jest odporny na awarię, ale należy pamiętać, że uruchomienie się alarmu przeciwpożarowego (pożar) lub awaryjne wyłączenie zasilania spowodują przerwę w działaniu systemu. Infrastruktura klasy Tier IV pozwala na zredukowanie liczby nieplanowanych zakłóceń do jednego w okresie pięciu lat, a czas jego trwania ograniczyć do 4 godzin. Zapewnia to 99,995% dostępności. Poziom ten wymagany jest dla firm, dla których wyłączenie obiektu data center oznacza duże straty finansowe. Mogą to być giełdy, systemy bankowe bądź instytucje mające zasięg globalny. Są to więc przede wszystkim przedsiębiorstwa wymagające bardzo wysokiego poziomu dostępności.

charakterystyka standardu Tier III – obliczanie dostępności układu zasilania



Rys. 9. Przykładowa topologia systemu zasilania gwarantowanego klasy Tier III. Opracowano na podstawie [6]

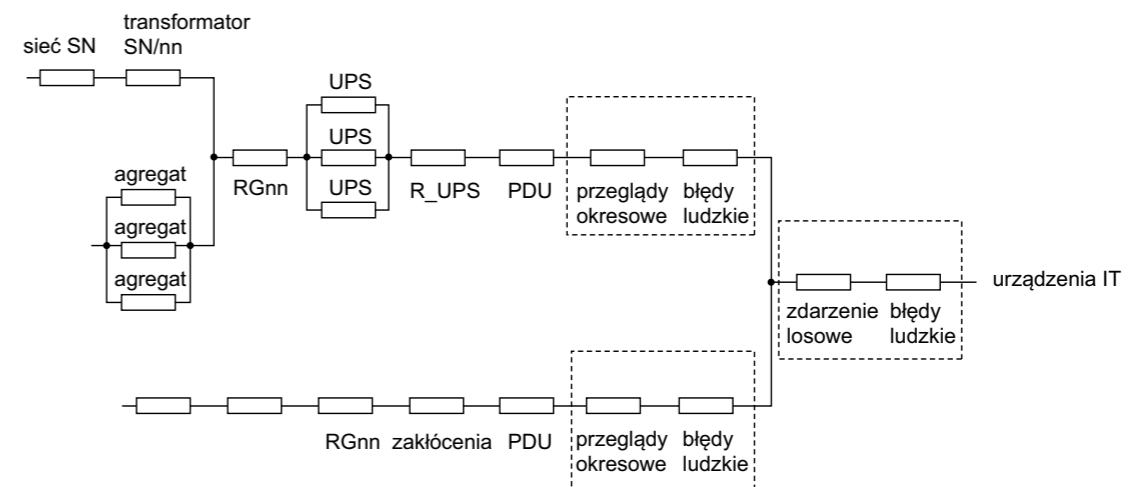
Infrastruktura zasilania gwarantowanego obiektów klasy Tier III jest wyposażona w kilka niezależnych linii zasilających, ale tylko jedna z nich ma komponenty nadmiarowe [26]. Dzięki takiemu rozwiązaniu, urządzenia IT mogą być wyposażone w dwa zasilacze i mieć dwustronne zasilanie. Należy jednak pamiętać, że mimo kilku ścieżek dystrybucji energii elektrycznej, tylko jedna z nich jest aktywna w danej chwili. Taka architektura sieci

	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Komponenty magazynujące energię	N	N+1	N+1	N po jakiegokolwiek awarii
Ścieżki dystrybucji	1	1	1 aktywna i jedna dodatkowa	2 jednocześnie aktywne
Bieżąca konserwacja	Nie	Nie	Tak	Tak
Tolerancja na awarie (pojedyncze zdarzenie)	Nie	Nie	Nie	Tak
Chłodzenie ciągłe	Zależy od gęstości	Zależy od gęstości	Zależy od gęstości	Tak (klasa A)

Tab. 2. Podsumowanie wymagań dla poszczególnych klas Tier [25]

Lp.	Opis	Wymagane dane	Algorytm obliczeń
Wymagania dotyczące mocy zapotrzebowanej – elektryczne			
1.	Znamionowe obciążenie krytyczne	Suma mocy znamionowej urządzeń IT (włącznie z systemami przeciwpożarowymi, bezpieczeństwa i monitorowania)	Suma mocy znamionowych poszczególnych urządzeń $\times 0,7$
2.	Obciążenia prognozowane	Moc znamionowa prognozowanych urządzeń	Suma mocy prognozowanych urządzeń [kVA] $\times 0,7$
3.	Szczytowy pobór mocy wynikający z wahań wartości obciążeń krytycznych	Całkowity pobór mocy dla odbiorników krytycznych w stanie ustalonym	Suma wartości pozycji 1 i 2 $\times 1,1$
4.	Sprawność zasilaczy UPS i ładowanie akumulatorów	Obciążenie rzeczywiste + obciążenie prognozowane	Suma wartości pozycji 1,2,3 $\times 0,3$
5.	Oświetlenie	Całkowita powierzchnia pomieszczenia data center	$0,0215 \times$ powierzchnia pomieszczeń w m ²
6.	Całkowita moc obciążeń elektrycznych (bez układu chłodzenia)		Suma pozycji 1,2,3,4,5
Wymagania dotyczące mocy zapotrzebowanej – systemy chłodzenia			
7.	Całkowita moc systemów chłodzenia		Wartość pozycji 6 \times współczynnik 0,7–1 (w zależności od zastosowanego systemu chłodzenia)
Wymagania dotyczące mocy zapotrzebowanej – całkowite			
8.	Całkowita moc odbiorów z systemami chłodzenia		Suma wartości 6 i 7

Tab. 3. Szacowanie mocy zapotrzebowanej w obiekcie data center. Opracowano na podstawie [14]



Rys. 10. Schemat struktury niezawodności dla układu zasilania opartego o standard Tier III [32]

sprawia, że każdy element zasilania gwarantowanego może być z niej usunięty nie powodując zakłóceń pracy odbiorów końcowych. Wszelkie naprawy i czynności konserwacyjne nie powodują zakłóceń pracy urządzeń IT, gdyż każdy element można zastąpić komponentem nadmiarowym przeznaczonym do przejścia obciążenia na czas napraw. Należy jednak pamiętać, że w czasie prowadzenia prac konserwacyjnych, ryzyko wystąpienia zakłóceń chwilowo wzrasta (maleje niezawodność). Wynika stąd, że okres prac konserwacyjnych powinien być maksymalnie krótki. Topologia klasy Tier III zapewnia możliwość bieżących napraw i konserwacji jej elementów bez przerw w zasilaniu. W praktyce oznacza to zmniejszenie czasu wystąpienia awarii do 4 godzin, raz na 2,5 roku, oznacza to 99,982% dostępności rocznie. Na **rysunku 9.** przedstawiono przykładową topologię systemu zasilania gwarantowanego zgodnego z klasą Tier III. W strukturze poziomą III (**rys. 9.**) widoczna jest dodatkowa linia zasilająca odbiory końcowe, nie posiada ona jednak elementów nadmiarowych. Dodatkowa ścieżka zasilania ma zapewnić redundancję linii podstawowej na wypadek jej uszkodzenia, serwisu bądź przerwy w zasilaniu spowodowanej awarią linii średniego napięcia. Z tego względu dodatkowe linie dystrybucji zasilania powinny być zasilane z innej linii średniego napięcia niż linia podstawowa. Na **rysunku 10.** przedstawiono schemat struktury niezawodności dla układu zasilania opartego na standardzie Tier III. Struktura ta w kolejnych krokach zostaje zredukowana do jednego elementu, którego dostępność jest dostępnością całego układu zasilania.

W **tabeli 2.** przedstawiono podsumowanie wybranych wymagań dla poszczególnych klas Tier. W przypadku obiektów data center o dużej niezawodności w praktyce stosowane są układy zasilania zgodne z Tier III lub Tier IV.

moc zapotrzebowana w obiektach data center

Podczas planowania budowy data center bardzo ważne jest właściwe oszacowanie całkowitej mocy potrzebnej do zasilania obiektu [13]. Wartość ta wynika z sumy zapotrzebowania na energię elektryczną systemów: teleinformatycznego, chłodzenia i klimatyzacji, oświetlenia zasilania awaryjnego, instalacji niskoprądowych i innych. W przypadku data center bardzo ważna jest także możliwość rozbudowy obiektu w przyszłości. Po uruchomieniu często bardzo trudne lub niemożliwe jest unieruchomienie centrum danych w celu remontu lub modernizacji. Dlatego wszystkie systemy należy projektować z pewnym zapasem.

Efektywność energetyczna data center obliczana jest przy użyciu współczynnika PUE (ang. *Power Usage Effectiveness*). Jest to stosunek mocy pobieranej przez wszystkie urządzenia zainstalowane w data center do mocy pobieranej jedynie przez urządzenia IT. W najnowocześniejszych data center udaje się uzyskiwać wartość PUE nawet na poziomie 1,3. W skrajnie odwrotnych przypadkach wartość ta wynosi nawet 3. Wartość PUE jest najczęściej dużo wyższa w okresie rozruchowym.

Podczas szacowania wymaganej mocy dla serwerowni należy przede wszystkim oszacować wartość sumaryczną mocy obciążeń krytycznych (systemy i urządzenia IT, systemy chłodzenia i zasilania gwarantowanego UPS oraz dystrybucji). Następnie należy dodać do tej wartości moc pozostałych systemów (oświetlenie itp.). Należy również oszacować wartość przyszłych obciążeń i dodać tę wartość do obciążenia podstawowego. Jakakolwiek rozbudowa infrastruktury fizycznej w fazie użytkowej Data Center jest niezwykle trudna i kosztowna, jeśli nie zostało to przewidziane na etapie planowania [13]. W **tabeli 3.** przedstawiono poglądowy przykład szacowania wymagań zapotrzebowania na moc w obiekcie data center.

dynamiczny rozwój obiektów data center w Polsce

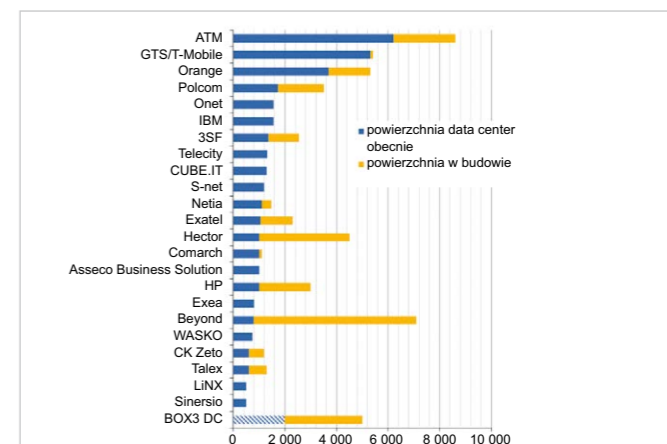
Według danych z raportu „Rynek centrów danych w Polsce 2015. Analiza rynku i prognozy rozwoju na lata 2015–2020”, opublikowanego w marcu 2015 roku przez firmę badawczą PMR, całkowita powierzchnia brutto centrów danych i serwerowni w Polsce według stanu na koniec 2014 r. wyniosła ok. 98 tys. m² [8]. Powierzchnia ta obejmuje, oprócz komór i pomieszczeń na szafy rack, również miejsce zajmowane przez systemy klimatyzacji, UPS-y i całą infrastrukturę niezbędną do funkcjonowania obiektu, jednak bez biur i powierzchni zapasowych. Spośród największych inwestycji tego typu w Polsce finalizacji doczekały się te realizowane przez 3S, ATM i Data Techno Park. Swoje centrum danych uruchomiła też grupa Cyfrowego Polsatu. Powierzchnie największych obiektów data center w Polsce przedstawiono na **rysunku 11.**

W 2013 roku wartość polskiego rynku centrów danych przekroczyła 1 mld zł i była o kilkanaście procent wyższa niż rok wcześniej – ocenia firma badawcza PMR [9]. Na **rysunku 12.** przedstawiono liczbę obiektów typu data center o powierzchni powyżej 300 m² (stan na rok 2015).

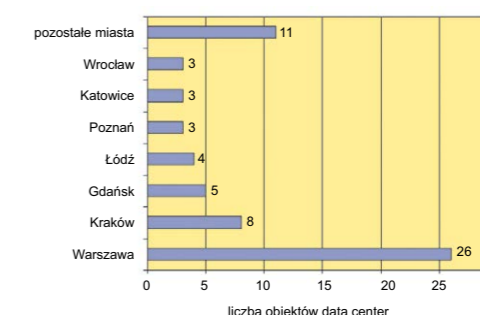
Rozwój rynku data center w Polsce napędzają z jednej strony zwiększające się wykorzystanie internetu przez firmy, stale rosnąca liczba przesyłanych i gromadzonych danych oraz wzrost zapotrzebowania na rozwiązania zwiększające bezpieczeństwo sektora ICT, a z drugiej trendy w technologiach teleinformatycznych, takie jak outsourcing serwerowni oraz chmura obliczeniowa. Warto dodać, że z usług chmury obliczeniowej korzystają już nie tylko małe i średnie przedsiębiorstwa, ale również największe firmy oraz, w coraz większym stopniu, administracja państwa [10]. Za przykład mogą posłużyć tutaj służba zdrowia czy Urzędy Skarbowe. Szacuje się, że już za cztery lata

wartość usług w chmurze, zarówno tej prywatnej, jak i publicznej wyniesie w Polsce 450 mln dol. Aby uzmysłowić sobie wielkość tej sumy, wystarczy wspomnieć, że będzie to ok. 11 proc. całego lokalnego rynku usług IT. Widok nowoczesnego obiektu data center w Alwarii pod Krakowem przedstawiono na **fotografii 1.**

W styczniu 2016 firma Polcom zakończyła budowę jednego z największych i najnowocześniejszych ośrodków przetwarzania danych w Europie [27]. Nowy obiekt, wart 63 mln zł, jest zlokalizowany w małopolskiej Alwerni znajdującej się przy autostradzie łączącej Katowice z Krakowem i wykorzystuje najbardziej zaawansowane technologie dla ośrodków tego typu. Nieco wcześniej firma Polcom zbudowała data center w odległej o 24 km Skawinie. Oba obiekty połączone są ze sobą światłowodami. Budowa



Rys. 11. Powierzchnie w m² największych obiektów data center w Polsce – stan w 2015 roku [11]



Rys. 12. Liczba obiektów data center w Polsce o powierzchni ponad 300 m². Opracowano na podstawie [11]



Fot. 1. Nowoczesne data center w Alwerni pod Krakowem zbudowane przez firmę Polcom [27]

drugiego ośrodka w Alwerni miała na celu dostarczanie jeszcze wyższej jakości usług w zakresie niezawodności. Dzięki data center Alwernia uruchomiono usługę *Redundant Enterprise Cloud Infrastructure* (RECI) – zapisane i przetwarzane dane podlegają replikacji synchronicznej. Taki system pozwala na niemal zerową utratę danych oraz ich przekaz bez żadnych przestojów. Bez drugiego ośrodka data center nie byłoby to możliwe w takim stopniu. Połączenie pracy dwóch ośrodków data center oznacza, że jeśli z jakichkolwiek przyczyn jeden z nich nagle przestanie działać, drugi będzie w stanie przejąć jego pracę. Oba obiekty, liczące łącznie ponad 12 000 m² powierzchni zlokalizowane są w bezpiecznych strefach, na ogrodzonych działkach obejmujących łącznie 6 ha powierzchni.

W ośrodku przetwarzania danych w Alwerni zastosowano innowacyjny system chłodzenia – DLC (*Direct Liquid Cooling*), który dzięki możliwości bezpośredniego chłodzenia serwerów wodą o wyższej średniej temperaturze pozwolił nam na zminimalizowanie kosztów zużycia energii elektrycznej oraz obniżył współczynnik PUE poniżej 1,2. Proces chłodzenia polega na bezpośrednim odprowadzaniu ciepła wytwarzanego przez urządzenia elektroniczne znajdujące się w data center przez ciecz. Za produkcję chłodu w całym procesie są odpowiedzialne agregaty turbo core, które poruszają się na łożyskach magnetycznych, dających podczas pracy efekt tzw. „lewitacji”, co w znaczny sposób niweluje tarcie, a finalnie zmniejsza ilość zużywanej przez agregaty energii elektrycznej [27].

podsumowanie

Obiekty użyteczności publicznej z uwagi na ich różnorodność wymagają indywidualnego doboru układu zasilania z wykorzystaniem analizy technicznej oraz ekonomicznej. Zapewnienie bezprzerwowego zasilania w budynku użyteczności publicznej jest najczęściej bardzo kosztowne. Konieczne jest wykonanie analizy technicznej, która powinna wskazać kilka wariantów układów zasilania spełniających wymagania dla obiektu danego rodzaju. Celem analizy ekonomicznej powinien być natomiast ostateczny wybór układu zasilania na podstawie wyników wielu wariantów analizy technicznej z uwzględnieniem ich kosztów. Warto podkreślić, że analiza ekonomiczna powinna również brać pod uwagę nie tylko nakłady inwestycyjne, ale również koszty funkcjonowania rozważanych wariantów w okresie wieloletnim. Wariant droższy na etapie budowy może okazać się korzystniejszy, jeśli uwzględni się również koszty funkcjonowania w okresie wieloletnim – koszty energii elektrycznej, koszty przeglądów, konserwacji, koszty spodziewanych przerw w zasilaniu itd.

Istotnym elementem, ważnym z punktu widzenia zarówno niezawodności, jak i optymalizacji nakładów inwestycyjnych, jest właściwe oszacowanie zapotrzebowania na moc w rozważanym obiekcie użyteczności publicznej z uwzględnieniem szacowanego wzrostu zapotrzebowania w kolejnych latach. Niedooszacowanie zapotrzebowania na moc może powodować problemy z zapewnieniem gwarantowanego zasilania, natomiast przeszacowanie zapotrzebowania na moc niepotrzebnie zwiększy koszty inwestycji.

literatura do artykułu na
elektroinfo.pl

Anmaro

05-090 Raszyn, ul. Stawowa 21A
tel. 22 378 17 49, faks: 22 378 17 50
www.anmaro.com.pl



Benning Power Electronics Sp. z o.o.

05-503 Głogów, Korczunkowa 30
tel. 22 757 84 53
biuro@benning.biz, www.benning.pl



COMEX SA

80-299 Gdańsk, ul. Galaktyczna 37
tel. 58 556 13 13
info@comex.com.pl, www.comex.com.pl



Riello Delta Power sp. z o.o.

02-849 Warszawa, ul. Krasnowolska 82R
Tel. 22 3791700
biuro.warszawa@deltapower.pl, www.riello-deltapower.pl



ENERIA Sp. z o.o.

05-092 Łomianki/Warszawa, Izabelin-Dziekanówek, Modlińska 11
tel. 22 201 36 60, faks 22 201 36 99
eneria@eneria.pl, www.eneria.pl



Delta Electronics (Poland) Sp. z o.o.

ul. Poleczki 23, 02-822 Warszawa
tel. 22 335 26 00
ups.poland@deltaww.com
www.deltapowersolutions.com



**Przedstawiciel w Polsce:
Electrical Power Quality Systems Sp. z o.o.**

ul. Chełmińska 103, 86-300 Grudziądz
+ 48 790 760 100
www.epqs.pl



Kruzer

ul. Tatrakowa 11, 51-516 Wrocław
tel. 531 026 666
biuro@kruzer.pl
www.kruzer.pl



EVER Sp. z o.o.

60-003 Poznań, ul. Wołczyńska 19
tel. 61 650 04 00, faks 61 651 09 27
ups@ever.eu
www.ever.eu



FAST Group Sp. z o.o.

00-391 Warszawa, Al. 3 Maja 12
tel. 22 625 10 18, faks 22 625 19 19
info@fast-group.com.pl
www.fast-group.com.pl



Phoenix Contact Sp. z o.o.

51-317 Wrocław, ul. Bierutowa 57-59
Budynek nr 3/A
tel. 71 398 04 29
www.phoenixcontact.pl



SOCOMEK Polska sp. z o.o.

02-823 Warszawa, ul. Salsy 2
tel. 22 825 73 60, faks 22 825 73 70
info.ups.pl@socomec.com
www.socomec.com



Schneider Electric Polska Sp. z o.o.

02-673 Warszawa, ul. Konstruktorska 12
Centrum Obsługi Klienta
tel.: +48 801 171 500 lub +48 22 511 84 64
faks +48 22 511 82 02
poland.helpdesk@schneider-electric.com
www.se.com/pl



Impakt Sp. z o.o.

62-050 Mosina, ul. Stanisława Lema 16
tel. 61 898 32 23, faks 61 898 32 23 w. 215
Powerwalker@impakt.com.pl, www.impakt.com.pl



elektro
info