



# Poradnik

## UPS, ZESPOŁY PRĄDOTWÓRCZE



Zasilanie sieci komputerowych i urządzeń domowych

Zasilacze DRUPS w systemach obiektów data center

Zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych

## 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



**Reklama:** Karolina Rosa, krosa@medium.media.pl,  
Hanna Witkowska, hwitkowska@medium.media.pl,  
Monika Piekut, mpiekut@medium.media.pl

**Redakcja:** Agata Kaczmarek, akaczmarek@elektro.info.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

## Partnerzy publikacji



## Spis treści

Zastosowanie zasilaczy UPS w układach zasilania urządzeń przeciwpożarowych . . . . .	4
Zasilacze UPS do zasilania sieci komputerowych i urządzeń domowych . . . . .	10
UPS ze zintegrowanym zasilaczem i interfejsem USB . . . . .	12
Dodatkowe funkcjonalności UPS-ów a realne oszczędności finansowe . . . . .	14
Przeciwpożarowy wyłącznik prądu i zagrożenia stwarzane przez wyłącznik EPO zasilaczy UPS oraz ich neutralizacja . . . . .	16
Zastosowanie zasilaczy UPS i zespołów prądowców w centrach przetwarzania danych . . . . .	22
Analiza techniczno-ekonomiczna stosowania dynamicznych zasilaczy bezprzerwowych UPS typu DRUPS w systemach zasilania gwarantowanego obiektów data center (część 1.) . . . . .	26
Analiza techniczno-ekonomiczna stosowania dynamicznych zasilaczy bezprzerwowych UPS typu DRUPS w systemach zasilania gwarantowanego obiektów data center (część 2.) . . . . .	34
Zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych . . . . .	42
Dobór zasilacza UPS do trudnych warunków eksploatacji . . . . .	48
Pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS-ów typu online oraz zasada oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej (część 1.) . . . . .	52
Pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS-ów typu online oraz zasada oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej (część 2.) . . . . .	58
Zasilacze UPS z podwójną konwersją . . . . .	64
Tryby pracy w zasilaczach UPS . . . . .	68
Wymagania stawiane pomieszczeniom przeznaczonym do instalacji zespołów prądowców i zasilaczy UPS . . . . .	72
UPS-y kompensacyjne	
Nowa generacja profesjonalnych urządzeń zasilania bezprzerwowego produkcji Benning . . . . .	78
Jakość energii elektrycznej w układach z zasilaczami UPS z uwzględnieniem kształtowania przebiegów wyjściowych – zagadnienia wybrane . . . . .	80
Lokalizacja zespołów prądowców ze względu na hałas i odprowadzanie ciepła . . . . .	84
Ogólne wymagania dotyczące zasilania w energię elektryczną oraz stosowania nowoczesnych technologii informatycznych w służbie zdrowia . . . . .	88
Nowa rodzina zasilaczy PowerWalker UPS VFI EVS 5 kVA z magazynami energii . . . . .	92
Magazynowanie energii w zasilaczach UPS . . . . .	96
Katalog firm . . . . .	102

# Zastosowanie zasilaczy UPS

## w układach zasilania urządzeń przeciwpożarowych

Zródła 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 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 skrótoowo 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 obiekty 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; a

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:

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 znajdujących

Kod	Grupa wyrobów
10	Stale urządzenia gaśnicze (wyroby do wykrywania i sygnalizacji pożaru, stale 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)

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 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 specy-

### 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.

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)	Do zastosowania w obiektach budowlanych	-	1
	Systemy sygnalizacji pożarowej – elementy składowe: ..., źródła zasilania,...			
	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,...			

<sup>1)</sup> 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 sporządzenia krajowej deklaracji właściwości użytkowych oraz wymagane dla tych grup krajowe systemy oceny i weryfikacji stałości właściwości użytkowych <sup>1)</sup>

fikacji 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 przesuwa datę obowiązku po-

siadania 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,
  - 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, niewyłączony UPS) dopuszcza się baterie akumulatorów lub zespoły prądowców.

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 za-

**pewnieniu 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 zapewniają bezpieczeństwo publiczne lub ochronę zdrowia, życia i 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 zasilające AC nie przekraczającej 1000 V 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 +/-2%, wilgotność względna 85%, bez kondensacji, praca do 1000 m n.p.m., ochrona baterii przed głębokim rozładowaniem.

**Dodatkowe wymagania:**

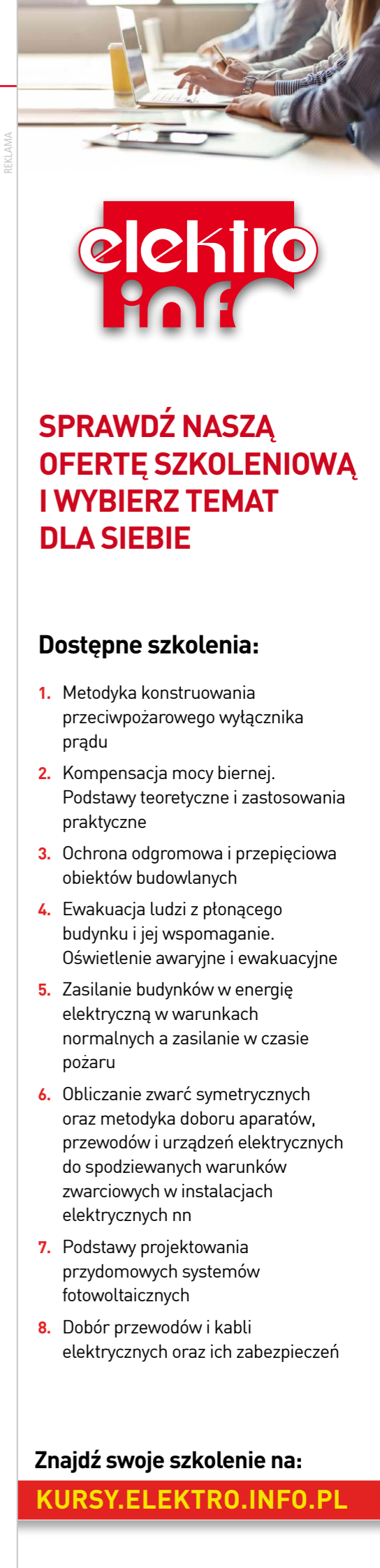
Wytrzymałość konstrukcji obudowy: Test wytrzymałości na nacisk, IP20, odporność obudowy na ciepło i płomień, test w temperaturze 850°C<sup>\*)</sup>, wszystkie połączenia pomiędzy elementami i komponentami zasilacza muszą być odpowiednio oznakowane. Szafa bateryjna powinna spełniać wymagania normy PN-EN 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. Temperaturowa 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 na-

<sup>\*)</sup> Takich wymagań nie przewiduje norma PN-EN 54-14 oraz PN-EN 12101-10. Zasilacze bada się w temperaturze nie większej niż 70°C.



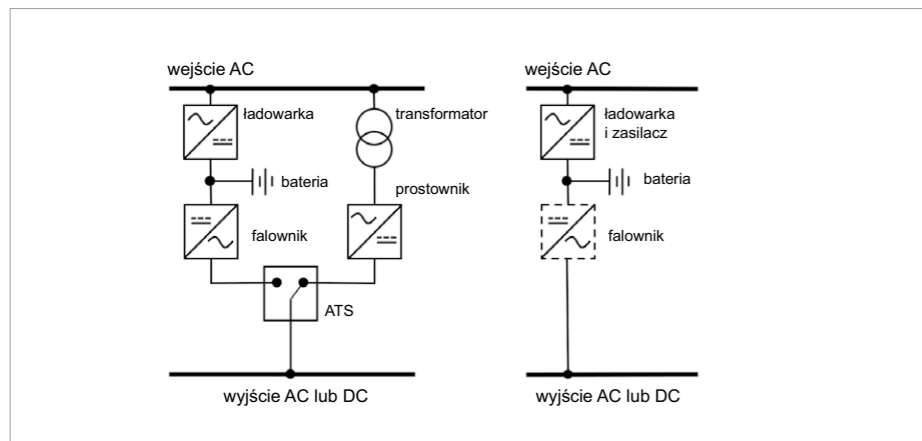
**SPRAWDŹ NASZĄ OFERTĘ SZKOLENIOWĄ I WYBIERZ TEMAT DLA SIEBIE**

**Dostępne szkolenia:**

1. Metodyka konstruowania przeciwpożarowego wyłącznika prądu
2. Kompensacja mocy biernej. Podstawy teoretyczne i zastosowania praktyczne
3. Ochrona odgromowa i przepięciowa obiektów budowlanych
4. Ewakuacja ludzi z płonącego budynku i jej wspomaganie. Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne
5. Zasilanie budynków w energię elektryczną w warunkach normalnych a zasilanie w czasie pożaru
6. Obliczanie zwarć symetrycznych oraz metodyka doboru aparatów, przewodów i urządzeń elektrycznych do spodziewanych warunków zwarciowych w instalacjach elektrycznych nn
7. Podstawy projektowania przydomowych systemów fotowoltaicznych
8. Dobór przewodów i kabli elektrycznych oraz ich zabezpieczeń

**Znajdź swoje szkolenie na:**

**KURSY.ELEKTRO.INFO.PL**



Rys. 1. Centralny system zasilania przełączający i centralny system bezprzerwowo rys. M. Miegoń

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

pięciu 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 ładowania, przerwy 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 + 1000 V 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 nie pogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej obiektu.

literatura do artykułu na [elektro.info.pl](http://elektro.info.pl)

**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](mailto:info@comex.com.pl)  
[www.comex.com.pl](http://www.comex.com.pl)

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

# Zasilacze UPS do zasilania sieci komputerowych i urządzeń domowych

Pierwotnie zasilacze UPS małej mocy były głównie wykorzystywane do zapewnienia zasilania serwerów i komputerów klasy PC, a następnie kas fiskalnych. W naszych domach bardzo często obserwujemy migotanie żarówek tradycyjnych w lampach. Ich przyczyną mogą być krótko i długotrwałe zaniki zasilania, przepięcia oraz spadki napięcia, a także zakłócenia spowodowane wyższymi harmonicznymi. Wszystkie te zjawiska mają duży wpływ na pracę na przykład komputera i mogą objawić się w różny sposób, od nieprawidłowej jego pracy w postaci zawieszenia lub restartu – nawet do jego uszkodzenia [1, 2].

Bezprzerwowe Zasilacze UPS to urządzenia przeznaczone do bezprzerwowej pracy urządzeń komputerowych, łączności oraz innych odbiorników elektrycznych o znaczeniu krytycznym w przypadku zaniku napięcia w sieci zasilającej. Zasilacze UPS (*Uninterruptible Power Supply*) należą obecnie do najbardziej rozpowszechnionych urządzeń podtrzymujących napięcie zasilania. Dodatkowo zapewniają one eliminację zakłóceń pochodzących z sieci elektroenergetycznej oraz mogą izolować galwanicznie odbiory od sieci energetycznej poprzez wbudowany transformator [2, 3].

Zasilacze UPS to urządzenia energoelektroniczne zapewniające bezprzerwową pracę urządzeń wrażliwych na przerwy w zasilaniu, wahania napięcia oraz zakłócenia występujące w sieci zasilającej. Przy doborze danego systemu zasilania należy uwzględnić typ zasilacza ze względu na jego niezawodność oraz sposób połączenia odbiorników i grup odbiorników. Przy doborze zasilacza UPS należy koniecznie uwzględnić rzeczywiste wartości prądu obciążenia, a nie tylko moc odbiorników [1, 4].

## I Pobór mocy

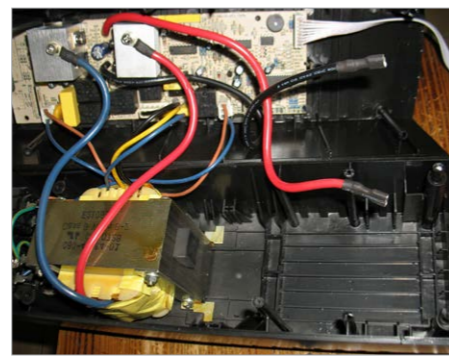
W latach dziewięćdziesiątych prawie wszystkie komputery charakteryzowały się niemal stałym poborem mocy. Główne przyczyny wahań mocy w komputerach były związane z rozprężaniem się napędów dyskowych oraz zmianami prędkości obrotowej wentylatorów wynikającymi z regulacji temperatury. Obciążenie

obliczeniowe procesorów oraz systemów pamięci powodowało pomijalne wahania całkowitego poboru mocy. W przypadku typowych komputerów przeznaczonych dla małych firm lub przedsiębiorstw całkowite wahania mocy miały wartość rzędu 5% i były całkowicie niezależne od obciążenia obliczeniowego [4, 6].

Znaczące obniżenie poboru mocy wymaga współpracy systemu BIOS, układu chipsetu, procesora i systemu operacyjnego. W takim systemie z funkcją zarządzania zasilaniem, za każdym razem, gdy wykorzystanie procesorów spada poniżej 100%, system operacyjny wprowadza tryb bezczynności, co powoduje przejście procesorów w stan niskiego poboru mocy. Ilość czasu spędzonego w trybie niskiego poboru mocy jest odwrotnie proporcjonalna do obciążenia obliczeniowego systemu, tj. procesor pracujący przy wykorzystaniu 20% mocy obliczeniowej będzie przez 80% czasu znajdował się w stanie niskiego poboru mocy [4, 6].

Rozwiązania stosowane w celu osiągnięcia stanów niskiego poboru mocy różnią się pomiędzy producentami i rodzinami procesorów, niemniej jednak te najczęściej spotykane polegają na obniżaniu częstotliwości lub ograniczeniu taktowania zegara oraz wyłączaniu lub obniżaniu napięcia zasilającego różne elementy procesora, układów chipset i pamięci. Inną jeszcze metodą polega na dostosowywaniu częstotliwości taktowania oraz poziomu napięcia zasilającego procesor do jego obciążenia w trybie innym niż bezczynność [4, 6].

Warto zaznaczyć, że każde rozwiązanie, które warunkowo obniża moc procesora, redukuje jedynie średnią moc pobieraną przez system podczas gdy moc maksymalna pozostaje na niezmiennym poziomie. Należy również zdawać sobie sprawę, że w przypadku, gdy udział



Fot. 1. Przykład wnętrza zasilacza UPS o mocy 700 VA  
fot. JT

mocy procesora w całkowitym poborze mocy komputera wzrasta, wahania całkowitego poboru mocy przez zasilacz komputerowy powodowane obciążeniem obliczeniowym stają się procentowo odpowiednio większe.

## I Technologie zasilaczy UPS

Współczesne komputery stacjonarne ze względu na znaczną moc obliczeniową charakteryzują się zwiększonym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, dlatego do zapewnienia ciągłości zasilania wymagają zasilaczy UPS o minimalnej mocy ok. 700–1200 VA.

Ze względu na technologie zasilaczy UPS dzieli się najczęściej na [2, 3]:

- » VFD (*Voltage Frequency Dependent*) – określane jako Off-Line, Stand-By,
- » VI (*Voltage Independent*) – nazywane Line-Interactive, On-Line, Single Conversion,
- » VFI (*Voltage Frequency Independent*) – On-Line, Double Conversion, True On-Line.

W trybie VFD zespół kontrolujący zasilacza UPS nadzoruje napięcie sieci. Jeżeli mieści się ono w dopuszczalnych granicach tolerancji, to stycznik łączy napięcie sieciowe na wyjście UPS-a. Równocześnie prostownik ładuje baterie. Nato-

miast w przypadku zaniku napięcia zasilacz przechodzi na zasilanie baterijne i zostaje załączony falownik, z którego napięcie podawane jest na wyjście urządzenia. Czas załączenia na pracę baterijną wynosi od 2 do 10 ms. Zasilacze UPS wykonane w technologii offline nie mają układów automatycznej regulacji napięcia zasilającego, dlatego podawane jest ono bezpośrednio na wyjście wraz z wszelkimi zakłóceniami. Urządzenia te nie mają wewnętrznego bypassu (obejścia umożliwiającego podawanie napięcia sieciowego bezpośrednio na wyjście UPS-a) oraz charakteryzują się brakiem synchronizacji zasilania po przywróceniu napięcia w sieci [2, 4]. W zasilaczu UPS pracującym w trybie VI stosuje się dwie pętle regulacji. Pierwsza kontroluje napięcie wyjściowe i porównuje je z sinusoidalnym napięciem odniesienia, a układ regulacji sprawia, że napięcie wyjściowe ma wartość praktycznie stałą, o częstotliwości zsynchronizowanej z napięciem sieci zasilającej urządzenie. Druga pętla kontroluje napięcie i proces ładowania baterii akumulatorów. Przy braku napięcia w sieci prądu przemiennego lub gdy parametry napięcia zasilającego nie mieszczą się w przedziale dopuszczalnych wartości, następuje wyłączenie przełącznika statycznego oraz przejście zasilania odbiorników przez baterię akumulatorów oraz falownik. Przy powrocie napięcia w sieci zasilającej i jego ustabilizowaniu falownik synchronizuje się z napięciem sieci, a przełącznik statyczny zostaje ponownie włączony. W czasie normalnej pracy falownik jest cały czas włączony nadzoruje i stabilizuje napięcie wyjściowe oraz pełni funkcję prostownika ładowania baterii, chociaż większość energii przepływa bezpośrednio z sieci [3, 4]. Czas przełączania z sieci na baterie wynosi około 2–4 ms, natomiast przełączenie z pracy baterijnej na sieciową odbywa się bezprzerwowo. Aktualnie dostępne są zasilacze UPS typu VI z czystą sinusoidą na wyjściu co zapewnia dobrą współpracę z urządzeniami elektrycznymi czułymi na zakłócenia. Urządzenia bezprzerwowego zasilania o podwójnej konwersji – typu VFI – składają się z prostownika, baterii akumulatorów oraz falownika. W czasie normalnej pracy prostownik zasila falownik oraz baterię akumulatorów. W czasie zaniku napięcia przemiennego w sieci zasilającej energia do odbiorników jest dostarczana z baterii. Przejście zasilania z sieciowego na baterijne oraz odwrotnie dokonuje się bez przerwy w zasilaniu odbiorników.

## I Zastosowane technologie

Współczesne urządzenia RTV i audio wymagają zasilania bezprzerwowego z czystą sinu-

soidą na wyjściu. Z tego względu są one często wyposażone w układ sterowania DSP odpowiedzialny za kształt i parametry napięcia na wyjściu zasilacza UPS. Dodatkowo zastosowane transformator niskonapięciowy oraz filtr EMI i ogranicznik przepięć na wejściu zabezpieczają tranzystory falownika przed uszkodzeniem spowodowanych zakłóceniami z sieci zasilającej.

Przy przeglądaniu katalogów firmowych możemy spotkać wiele różnych zastosowanych technologii mających zapewnić niezawodne zasilanie odbiorników. Istnieje min. możliwość uruchomienia zasilacza bez podłączonej sieci – tak zwany „zimny start” – i zasilania podłączonych do niego urządzeń do czasu pojawienia się napięcia sieciowego lub do wyczerpania się baterii. Inną ciekawostką jest układ automatycznej regulacji napięcia (AVR – *Automatic Voltage Regulation*). W zasilaczach typu line-interactive i niektórych trybach zasilaczy on-line umożliwia on podwyższenie lub obniżenie wartości napięcia bez konieczności czerpania energii z akumulatora [4, 5]. Możemy również spotkać wiele różnych systemów ładowania baterii zapewniających możliwie długą ich eksploatację. Mają one na celu zapewnienie odpowiedniego prądu ładowania oraz temperatury, w której ono się odbywa.

## Zasilanie stanowisk komputerowych

W zasilaczach UPS małej mocy (do 3 kVA) jako ochronę uzupełniającą można zastosować urządzenie różnicowoprądowe, ponieważ wymagana niezawodność zasilania zwykle nie jest wysoka oraz istnieją uzasadnione obawy, że może dojść do nie zachowania ciągłości przewodu ochronnego spowodowanego przez nieostrożność użytkowników, niemających kwalifikacji i świadomości zagrożeń. Zasilacze UPS małych mocy posiadają najczęściej topologię off-line lub line-interactive, czyli w trybie pracy normalnej pracują na torze obejściowym [7]. Do jednego obwodu zwykle przyłącza się gniazda kilku stanowisk komputerowych. Praktyka pokazuje, że najczęściej do zabezpieczenia przeciwporażeniowego gniazd wtoczkowych stanowisk komputerowych stosuje się wyłączniki różnicowoprądowe typu A lub B. Zaleca się, aby z jednego obwodu nie było zasilanych więcej niż cztery stanowiska komputerowe. Jeśli z obwodu zasilanych będzie więcej komputerów lub zostaną zastosowane inne wyłączniki różnicowoprądowe, mogą nastąpić nieuzasadnione wyłączenia spowodo-



Fot. 2.



Fot. 3.

wane zadziałaniem wyłącznika różnicowoprądowego [3].

## I Literatura

1. A. Baranecki, Jakość zasilania – niezawodność systemów zasilania gwarantowanego – uwagi dla projektantów, t. 3, Poradnik Inżyniera Elektryka, WNT, Warszawa 2005.
2. J. Wiatr, M. Orzechowski, Poradnik projektanta elektryka, Dom Wydawniczy MEDIUM, Warszawa 2012.
3. T. Sutkowski, Rezerwowe i bezprzerwowe zasilanie w energię elektryczną – urządzenia i układy, COSiW SEP, Warszawa 2007.
4. K. Kuczyński „Zasilacze UPS w zastosowaniach domowych”, „Ekspert budowlany” nr 1/2020.
5. Materiały firmy Ever.
6. Materiały firmy APC by Schneider Electric.
7. Materiały firmy Eaton.

## ABSTRACT

UPS to power the computer and network appliances

The article discusses the most commonly used UPS architectures used to power the computer and network appliances.

# UPS ze zintegrowanym zasilaczem i interfejsem USB

**B**ezpieczne 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 rozwiązania: 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.

## I 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 zapewniającym 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 24VDC 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.

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 zrekomensować 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 podłączone najpierw do wyjścia UPS.



Rys. 3. Zasilacze TRIO UPS z wbudowanym zasilaczem



Rys. 4. Ogranicznik przepięć zwiększający bezpieczeństwo ciągłości zasilania

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

## Najwyższa forma bezpieczeństwa

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-zwiekszy-bezpieczenstwo-ciaglosci-zasilania-maszyn-i-urazden/>



Rys. 1. TRIO UPS z wbudowanym zasilaczem



Rys. 2. QUINT4 UPS z EtherNet/IP

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

**PHOENIX CONTACT**  
INSPIRING INNOVATIONS

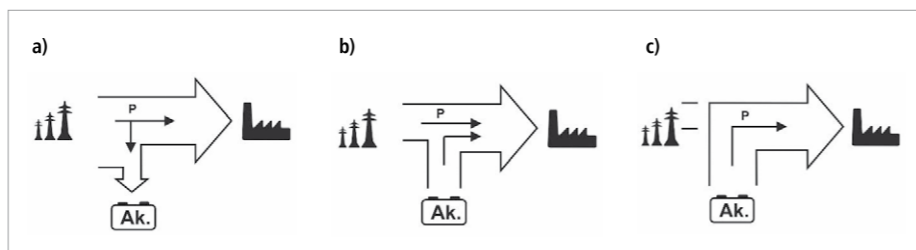
Phoenix Contact Sp. z o.o.  
ul. Bierutowska 57-59  
Budynek nr 3/A  
51-317 Wrocław  
tel. 71 398 04 29  
[www.phoenixcontact.pl](http://www.phoenixcontact.pl)

# Dodatkowe funkcjonalności UPS-ów a realne oszczędności finansowe

Układy zasilania gwarantowanego (UPS) w wielu sytuacjach są ważnymi elementami systemu zasilania, pozwalającymi uzyskać prawidłowe funkcjonowanie zabezpieczanych odbiorników. Bardzo ważnym elementem w jego funkcjonowaniu jest zapewnienie ciągłości oraz prawidłowych parametrów zasilania elektrycznego, czyli dostarczenie energii o właściwej jakości. Oprócz podstawowego zadania, jakim jest podtrzymanie zasilania podczas zaników napięcia sieciowego oraz bieżącej poprawy jakości zasilania i filtracji zakłóceń, zasilacze UPS marki EVER z serii POWERLINE GREEN 33 PRO oferują dodatkowe funkcjonalności, dzięki którym można uzyskać oszczędności finansowe.

## I Kompensacja mocy biernej

Jedną z takich funkcjonalności jest kompensacja mocy biernej. We wszystkich zasilaczach UPS obwody wejściowe zawierają kondensatory, czyli pobierana jest przez nie z sieci obok mocy czynnej (użytecznej) moc bierna pojemnościowa. Stosowane są w nich często układy PFC, poprawiające współczynnik mocy  $\cos \varphi$  (przy zalecanym poziomie obciążenia osiąga on wartości bliskie 0,99), jednak cały czas pobierana jest pewna energia bierna pojemnościowa (a za każdą użytą kvarh naliczana jest użytkownikowi opłata około trzykrotnie wyższa niż za energię czynną – użyteczną). Kompensacja mocy biernej w UPS EVER POWERLINE GREEN 33 PRO jest realizowana w zupełnie inny sposób. Obwód wejściowy zasilacza pracuje jednocześnie jako elektroniczny przesuwnik fazowy, czyli wejściowa moc bierna pojemnościowa jest sprowadzana do zera. Eliminuje się dzięki temu całkowicie opłaty za pobór mocy biernej pojemnościowej przez UPS. Ewidencją



Rys. 1. Schematy przepływu energii (bilans mocy) w poszczególnych trybach pracy UPS EVER POWERLINE GREEN 33 PRO: a) praca sieciowa, b) praca hybrydowa, c) praca rezerwowa

korzyścią, wynikającą z zastosowania tej funkcjonalności, jest obniżenie rachunków za energię elektryczną.

## I Praca hybrydowa

Kolejną właściwością, wpływającą na oszczędności, zasilaczy UPS EVER POWERLINE GREEN 33 PRO jest praca hybrydowa pozwalająca na wydłużenie czasu podtrzymania zasilania odbiorników. W powszechnie spotykanych rozwiązaniach systemów zasilania gwarantowanego UPS on-line zakres zmian napięcia

wejściowego dla pracy sieciowej (w której energia pobierana z sieci po przetworzeniu przez układ prostowniczy i falownik przekazywana jest do odbiorników, a jednocześnie jej część służy do doładowania akumulatorów) jest wąski. Gdy wartość napięcia sieciowego (zasilającego UPS) przekroczy dolny lub górny próg tego zakresu, system przechodzi do trybu rezerwowego i w podanym czasie do odbiorników dostarczana jest energia zgromadzona w modułach bateryjnych (przetworzona przez falownik) do chwili wyczerpania się akumulatorów.

Zasilacze POWERLINE GREEN 33 PRO posiadają szeroki zakres napięcia wejściowego i możliwość realizacji trybu hybrydowego. W celu pokrycia mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki (na wyjściu zasilacza) podczas zmniejszania się wartości napięcia sieciowego następuje zwiększanie prądu pobieranego z sieci, do osiągnięcia wartości  $I_{max}$ . W tym czasie UPS pozostaje w trybie pracy sieciowym (normalnym). Po przekroczeniu wartości prądu maksymalnego dla obwodu prostownika (przy napięciu sieciowym wyższym od dolnego progu podanego szerokiego zakresu) następuje przejście UPS w tryb hybrydowy. Z sieci pobierana jest wówczas moc ograniczona maksymalnym prądem wejściowym, a pozostała część mocy zapotrzebowanej



micznej (funkcjonowania w trybie rezerwowym) dla określonego (akceptowalnego) przedziału degradacji parametrów napięcia sieciowego (bardzo szerokie wejściowe okno napięciowe), co dodatkowo skutkuje wydłużeniem trwałości eksploatowanych akumulatorów (dzięki częściowemu odciążeniu pracy akumulatorów przez dostarczanie części energii z sieci o złych parametrach).

## Wysoka sprawność w szerokim zakresie zmian obciążenia

Inną pozytywną zaletą zasilaczy z serii POWERLINE GREEN 33 PRO jest uzyskiwanie wysokiej sprawności w szerokim zakresie zmian obciążenia. Jest ona skutkiem stosowania wysokiej klasy podzespołów, niskostratnych, o niskiej zawartości zniekształceń, o wysokiej stabilności parametrów i długiej żywotności, jak również dynamicznego algorytmu sterowania chłodzeniem (dostosowanie wydajności układu chłodzenia do aktualnego stanu urządzenia, a w efekcie ograniczenie kosztów wynikających z zapotrzebowania na chłodzenie). Korzyścią wynikającą z tej cechy jest zmniejszenie strat mocy, a zatem obniżenie kosztów eksploatacyjnych.

Dzięki wprowadzeniu trybu pracy hybrydowej osiąga się wydłużenie czasu pracy autono-



Dzięki wykorzystaniu dodatkowych funkcjonalności UPS-ów uzyskuje się realne oszczędności finansowe, będące efektem racjonalnego gospodarowania energią oraz zwiększenie niezawodności zasilanych urządzeń.



EVER Sp. z o.o.  
60-003 Poznań, Polska, ul. Wołczyńska 19  
tel. 61 65 00 400, faks 61 65 10 927  
ups@ever.eu  
www.ever.eu

REKLAMA

## SPRAWDŹ NASZĄ OFERTĘ SZKOLENIOWĄ I WYBIERZ TEMAT DLA SIEBIE

elektro  
info  
20 lat

### Dostępne szkolenia:

- Metodyka konstruowania przeciwpożarowego wyłącznika prądu
- Kompensacja mocy biernej. Podstawy teoretyczne i zastosowania praktyczne
- Ochrona odgromowa i przepięciowa obiektów budowlanych
- Ewakuacja ludzi z płonącego budynku i jej wspomaganie. Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne
- Zasilanie budynków w energię elektryczną w warunkach normalnych a zasilanie w czasie pożaru)
- Obliczanie zwarć symetrycznych oraz metodyka doboru aparatów, przewodów i urządzeń elektrycznych do spodziewanych warunków zwarciowych w instalacjach elektrycznych nn
- Podstawy projektowania przydomowych systemów fotowoltaicznych
- Dobór przewodów i kabli elektrycznych oraz ich zabezpieczeń



mgr inż. Marcin Orzechowski, mgr inż. Julian Wiatr

# Przeciwpożarowy wyłącznik prądu i zagrożenia stwarzane przez wyłącznik EPO zasilaczy UPS oraz ich neutralizacja

Problematyka przeciwpożarowego wyłącznika prądu była wielokrotnie opisywana w literaturze. Mimo to w dalszym ciągu spotykamy się z wątpliwościami w zakresie projektowania i wykonywania tego urządzenia. Szczególnym problemem jest kwestia związana z przeciwpożarowym wyłącznikiem prądu dla zasilaczy UPS. Niniejszy artykuł stanowi próbę przybliżenia tego zagadnienia.

## I Wymagania prawne

W Polsce nie ma wymagań w zakresie wyłączenia przeciwpożarowego zasilaczy bezprzewodowych „UPS” (ang. *uninterruptible power supply*) oraz urządzeń posiadających baterie akumulatorów stanowiących zasobnik energii. Żaden z obowiązujących aktów prawnych w Polsce nie wymienia zasilaczy UPS jako elementu systemu zasilania budynku. Zgodnie z obowiązującymi przepisami [4; 20] zasilacze stosowane w instalacjach bezpieczeństwa muszą uzyskać świadectwo dopuszczenia, wydane przez CNBOP – PIB w Józefowie. Zakres badań tych zasilaczy definiują normy przedmiotowe PN-EN 54-4:2001/A2:2007 Systemy sygnalizacji pożarowej. Część 4: Zasilacze [9] oraz norma PN-EN 12101-10:2007 Systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła. Część 10: Zasilacze [8]. W odniesieniu do zasilaczy UPS, normy przedmiotowe nie formułują takich wymagań, co powoduje, że ze względów formalnych zasilacze UPS, pomimo swoich zalet, nie mogą być stosowane w obwodach bezpieczeństwa (w przypadku instalacji zasilacza UPS w osobnej strefie pożarowej wymaganej przez §209 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [3] może on zostać wykorzystany do zasilania urządzeń przeciwpożarowych bez dopuszczenia wydanego przez CNBOP-PIB<sup>1)</sup>). W przypadku przeprowadzenia stosownych badań i uzyskania świadectwa dopuszczenia sytuacja zmienia się diametralnie. W praktyce jednak żaden z producentów nie zabiega o wykonanie wymaganych badań oraz uzyskanie świadectwa dopuszczenia z uwagi na dostępność na rynku zasilaczy UZS powszechnie nazywanych przeciwpożarowymi.

Natomiast Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. z 2019 roku, poz. 1065 z późniejszymi zmianami) [3], nakazuje stosowanie Przeciwpożarowego Wyłącznika Prądu w budynkach

zawierających strefy pożarowe o kubaturze przekraczającej 1000 m<sup>3</sup> oraz w budynkach zawierających pomieszczenia zagrożone wybuchem bez względu na kubaturę. Jednocześnie stawia wymóg zapewnienia zasilania urządzeń elektrycznych wspomagających prowadzenie akcji ratowniczo-gaśniczej (zgodnie z Rozporządzeniem MSWiA [5] pomieszczenie zagrożone wybuchem występuje wówczas, gdy spodziewany przyrost ciśnienia przekracza wartość 5 kPa).

<sup>1)</sup> Prawny zakaz stosowania zasilaczy UPS w obwodach bezpieczeństwa dotyczy systemów sygnalizacji pożaru oraz wentylacji pożarowej. W odniesieniu do innych urządzeń p.poż. nie ma żadnych przeciwwskazań w zakresie stosowania zasilaczy UPS.

W praktyce eksploatacyjnej, z uwagi na parametry napięcia zasilającego niegwarantujące ciągłego zasilania czułych odbiorników energii elektrycznej, pomimo zgodności z wymaganiami normy PN-EN 50160:2011 *Parametry jakościowe napięcia w publicznych sieciach rozdzielczych*, wielokrotnie zachodzi konieczność instalacji zasilaczy UPS.

Instalacja zasilacza w układzie zasilania budynku stanowi dla zasilanych z niego odbiorników źródło odmienne od systemu elektroenergetycznego, które wymaga odmiennego podejścia w zakresie projektowania ochrony przeciwporażeniowej oraz ochrony przeciwpożarowej.

Należy zwrócić uwagę, że decyzję o wyłączeniu urządzenia podejmuje osoba kierująca akcją ratunkową. Zatem od chwili wykrycia

pożaru do rozpoczęcia działań ratowniczo-gaśniczych upływa pewien czas (po przybyciu do miejsca pożaru dowódca akcji ratowniczo-gaśniczej przed przystąpieniem do działań ratowniczych prowadzi rozpoznanie sytuacji bojowej, a następnie podejmuje decyzję o rozstawieniu sił i środków).

Jeżeli funkcjonujący w budynku zasilacz UPS nie służy do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, podlega wyłączeniu.

## Zdalne awaryjne wyłączenie zasilacza UPS

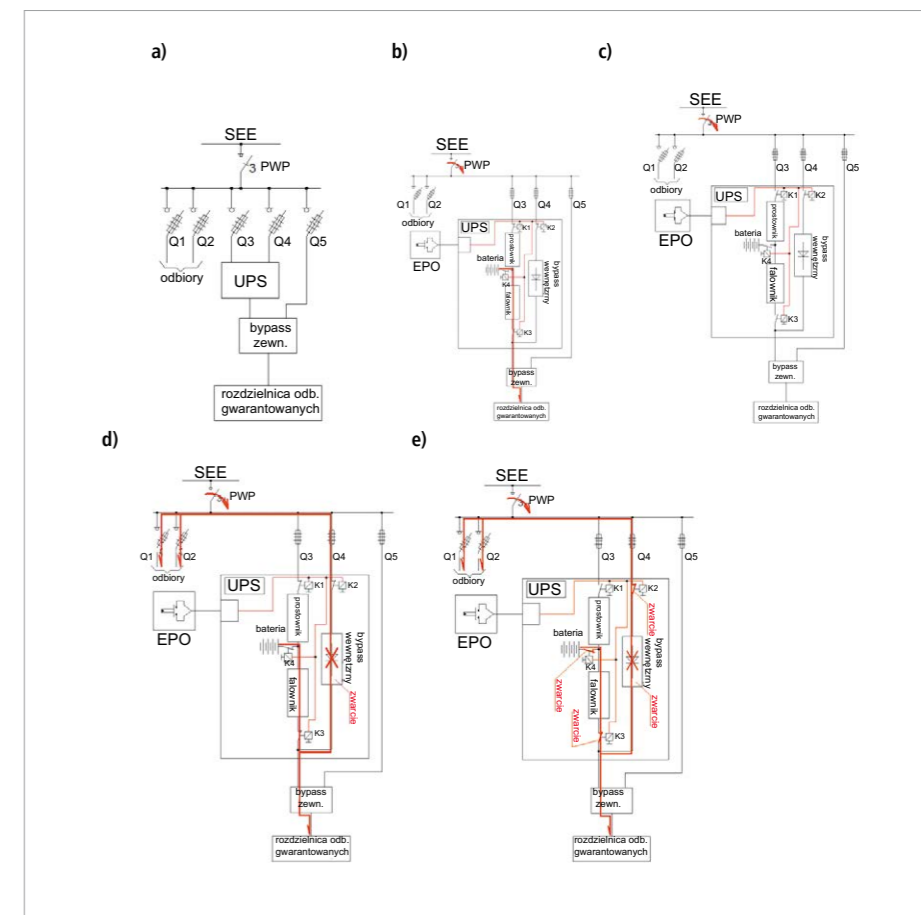
Każdy zasilacz UPS posiada możliwość wyłączenia z poziomu panelu operatorskiego, jednak należy pamiętać, że pomieszczenie, w którym się on znajduje, może być zabezpieczone przed dostępem osób nieuprawnionych lub po prostu dostęp do niego będzie utrudniony ze względu na topologię obiektu. Dlatego też producenci sprzętu opracowali wyłącznik awaryjny określany jako EPO (ang. *Emergency Power Off*), umożliwiając zdalne wyłączenie zasilacza. Norma dotycząca zasilaczy UPS określa go natomiast jako „awaryjny aparat przerywający” (odłączający) [12]. Zasilacz UPS musi być wyposażony w pojedynczy zintegrowany aparat przerywający lub zaciski przeznaczone do połączenia zdalnego awaryjnego aparatu przerywającego, który zapobiega dalszemu zasilaniu odbiorów przez UPS-a w dowolnym trybie pracy zasilacza UPS. Powyższe wymagania nie dotyczą:

- » systemów przetwarzania danych o znaczeniu krytycznym,
- » źródła zasilania UPS o mocy nie większej niż 750 VA,
- » lub obwodów bateryjnych zintegrowanych z urządzeniem elektronicznym.

Na **rysunku 1.** przedstawiono przykład połączenia obwodu EPO.

Łącznik stanowiący element wykonawczy EPO powinien posiadać odpowiednie zabezpieczenia uniemożliwiające przypadkowe jego uruchomienie.

Zadziałanie przycisku EPO powoduje podanie sygnału na jednostkę sterującą zasilacza UPS i w konsekwencji wygenerowanie stanów, które spowodują otwarcie wszystkich styczników lub przekaźników (na wejściu i wyjściu torów prądowych) oraz zamknięcie jednostki UPS, co jest równoznaczne z wyłączeniem załownika. Dodatkowo wszystkie konwertery zostają rozłączone, **ale co ważne, energia w nich zgromadzona pozostanie.**



Rys. 3. Ilustracja zagrożenia stwarzanego przez napięcie wsteczne pojawiające się po zadziałaniu PWP: a) uproszczony schemat instalacji; b) rozplyw prądu po zadziałaniu PWP (EPO jest nie aktywne) przy sprawnym zabezpieczeniu od podania wstecznego napięcia; c) prawidłowy stan układu zasilania po zadziałaniu PWP oraz EPO; d) rozplyw prądu po zadziałaniu PWP (EPO jest nie aktywne) i uszkodzeniu zabezpieczenia od podania wstecznego napięcia; e) rozplyw prądu po zadziałaniu PWP oraz EPO i uszkodzeniu zabezpieczenia od podania wstecznego napięcia rys. M. Orzechowski, J. Wiatr

Zadziałanie EPO odłącza odbiorniki w każdym stanie pracy UPS-a: gotowości lub w stanie zamykania UPS-a, następuje także anulowanie dowolnych sygnałów i poleceń wydawanych przez jednostkę sterującą, panel operatorski lub dowolny moduł zasilacza UPS. Wymagania dotyczące wyłącznika awaryjnego obowiązujące w Europie zawiera dokument zharmonizowany HD-384-48 S1 [11].

Konstrukcja EPO musi uniemożliwiać ponowne załączenie zasilacza UPS w sposób przypadkowy przez użytkownika będącego w pobliżu urządzenia, nieświadomego istniejącego zagrożenia do odbiorników w dowolnym trybie pracy zasilacza UPS-a, zasilanie w sieci elektrycznej musi być odłączone, gdy aktywowany jest wyłącznik awaryjny. Wyłącznik EPO nie może być galwanicznie połączony z obwodami sieci zasilającej.

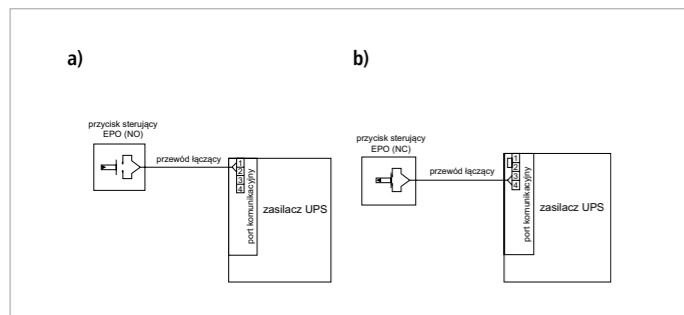
**Zatem wyłącznik awaryjny określany w skrócie jako EPO może pełnić funkcję wyłącznika przeciwpożarowego prądu (w myśl**

**[3] § 183.2.) dla zasilacza UPS oraz obwodów zasilanych z niego.**

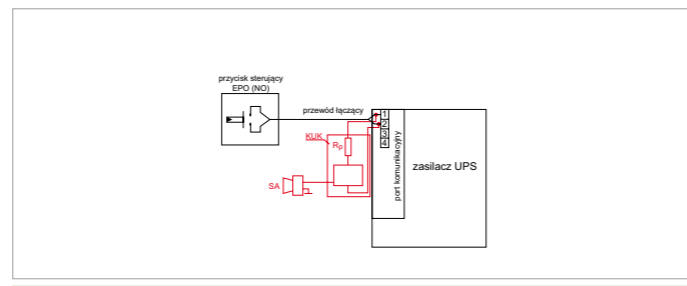
## Zagrożenia stwarzane przez zdalne awaryjne wyłączenie zasilacza UPS lub urządzenia o pochodnej konstrukcji

**Wyłącznik EPO skonfigurowany w układzie styków NC (rys. 1b).** Otwarcie (rozwarcie) obwodu powoduje podanie sygnału do jednostki sterującej UPS i jego wyłączenie. Jest to podobna sytuacja jak w przypadku wyzwalacza podnapięciowego dla aparatów elektrycznych (rozłączniki, wyłączniki), stosowanych jako element sterujący PWP. Rozwiązanie to posiada również podobne wady [8]:

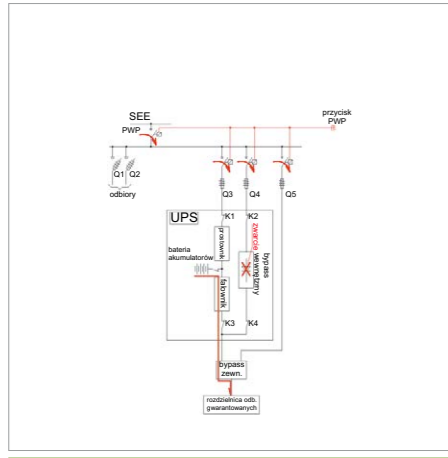
- » uszkodzenie któregoś z elementów w układzie (przewód sterujący, przycisk czy połączenia) powoduje natychmiastowe wyłączenie UPS-a i pozbawienie odbiorników zasilania,
- » z drugiej strony, jeśli nastąpi zwarcie w obwodzie (np. na przewodzie łączącym przy-



Rys. 1. Przykład połączenia obwodu EPO: a) styk normalnie otwarty (NO), b) styk normalnie zamknięty (NC) rys. M. Orzechowski, J. Wiatr



Rys. 2. Przykład realizacji układu sygnalizacji stanu i kontroli ciągłości wyłącznika EPO, gdzie: UK – kasetka układu kontroli stanu wyłącznika EPO, SA – sygnalizator akustyczny,  $R_p$  – rezystor pomiarowy o wartości rezystancji nie mniejszej niż 20Ω, PP – przekaźnik prądowy rys. M. Orzechowski, J. Wiatr



Rys. 4. Realizacja dodatkowego zabezpieczenia od „napięcia zwrotnego” rys. M. Orzechowski, J. Wiater

cisk EPO z portem komunikacyjnym), to wówczas układ zostanie pozbawiony możliwości zdalnego wyłączenia.

**Wyłącznik EPO skonfigurowany w układzie styków NO (rys. 1a).** Zamknięcie (zwarcie) obwodu powoduje podanie sygnału do jednostki sterującej UPS i jego wyłączenie. Układ zachowuje się podobnie jak wyzwalacz wzrostowy dla aparatów elektrycznych (rozłączniki, wyłączniki), stosowanych jako element sterujący PWP. Z oczywistych względów posiada również podobne wady [16]:

- » zwarcie lub przerwa w obwodzie powoduje natychmiastowe wyłączenie UPS-a i pozbawienie odbiorników dostaw energii elektrycznej,
- » przerwa w obwodzie (np. na przewodzie łączącym przycisk EPO z portem komunikacyjnym), pozbawia możliwości zdalnego wyłączenia zasilacza UPS.

#### Komentarz:

Rozwiązanie oparte na EPO w układzie styków NC jest z pewnością bardziej wrażliwe na niekontrolowane zadziałanie. Z drugiej strony, EPO w układzie styków NO nie ma całkowitej pewności zadziałania.

#### Niezadziałanie zdalnego wyłączenia EPO.

Jest to sytuacja, która zawsze może się zdarzyć w pracującym układzie. Nawet najlepszy projekt i jego realizacja, a później regularne przeglądy instalacji niestety nie zapewniają 100 % gwarancji zadziałania EPO w sytuacji zagrożenia.

**Wyłącznik EPO skonfigurowany w układzie styków NO, zdaniem autorów jest najlepszym rozwiązaniem z punktu widzenia niezawodności działania układu zasilania gwarantowanego. Taki układ powinien zostać uzupełniony o element kontroli ciągłości obwodu oraz sygnalizacji stanu,**

**analogicznie jak proponowany dla PWP, co było już opisane w [16].** Na rysunku 2. przedstawiono przykład realizacji takiego rozwiązania.

Innym zagrożeniem wynikającym z konstrukcji układu EPO jest jego wrażliwość na wzrost rezystancji przewodu łączącego przycisk EPO z portem komunikacyjnym zasilacza UPS. Z uwagi na fakt, że obwód EPO charakteryzuje się bardzo niskim napięciem pracy ( $U \leq 24V$ ), oznacza to, że bardzo krytyczne stają się parametry jakościowe sygnału EPO. W tej sytuacji nie wystarczy jedynie zapewnienie „ciągłości sygnału” EPO, które jest jedynie warunkiem koniecznym wymagającym uzupełnienia o warunek dostateczny. Czyli gwarancja nieprzekroczenia dopuszczalnej wartości dopuszczalnego spadku napięcia. Z tego powodu producenci podają dla obwodu wyłącznik EPO:

- » przekrój przewodu łączącego i jego maks. długość;
- » lub maksymalną rezystancję obwodu (najczęściej:  $\leq 10\Omega$ ).

Należy pamiętać, że podczas pożaru rezystancja przewodu może wzrosnąć ponad 5 razy (pożar rozwinięty). Zatem jeśli przewód łączący będzie narażony na działanie wysokiej temperatury (nawet bez oddziaływania bezpośredniego ognia), to w zależności od konfiguracji styków wyłącznika EPO układ może np.:

- » dla styków normalnie otwartych (NO) nie zadziałać w chwili podania sygnału z przycisku z powodu zbyt dużej rezystancji przewodu łączącego;
- » może też dojść do błędnego jego zadziałania (pozbawiając tym samym zasilania odbiorników) z uwagi na zabezpieczenie wewnątrz zasilacza polegające na jego wyłączeniu w przypadku przekroczenia dopuszczalnej rezystancji pętli obwodu (dla styków normalnie zamkniętych (NC));
- » dla styków normalnie zamkniętych (NC) nie zadziałać z uwagi na uszkodzenie (zwarcie) przewodu na jego trasie.

Dlatego też podczas doboru przewodu do wyłącznika EPO należy uwzględnić wzrost rezystancji przewodu spowodowanego temperaturą pożaru zgodnie z prawem Wiedemanna-Franza-Lorentza [15]. W praktyce dostatecznie dobre rezultaty dają obliczenia wykonywane za pomocą wzoru wykładniczego [15]:

$$R_{T_k} = R_{20} \cdot \left( \frac{T_k}{293} \right)^{1,16} \quad (1)$$

gdzie:

$R_{T_k}$  – rezystancja przewodu w temperaturze  $T_k$ , w  $[\Omega]$ ,

$T_k$  – temperatura końcowa, w której oblicza się rezystancję przewodu  $R_{T_k}$ , w  $[K]$ ,

$R_{20}$  – rezystancja przewodu w temperaturze  $20^\circ C$ , w  $[\Omega]$ .

#### Przykład 1

Należy wyznaczyć maksymalną długość przewodu typu HDGS 2x1,5 (PH90) łączącego tablicę zaciskową zasilacza UPS z przyciskiem EPO. Maksymalna wartość rezystancji pętli może wynosić  $10\Omega$ . Trasa linii sterującej będzie ułożona w jednej strefie pożarowej. W przykładzie założono wzniesienie pożaru w jednej strefie pożarowej. Do obliczeń przyjęto temperaturę, jaka może wystąpić po 30 minutach w przypadku pożaru celulozowego  $822^\circ C$  (według „Krzywej normowej „temperatura-czas” [15].

$$R_{822} = \frac{2 \cdot L_{\max}}{\gamma \cdot S} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow L_{\max} = R_{822} \cdot \gamma \cdot S / 2 =$$

$$= 2,17 \cdot 55 \cdot 1,5 / 2 = 89m$$

$$R_{T_{k,\max}} = R_{20} \cdot \left( \frac{T_k}{293} \right)^{1,16} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_{20} = \frac{R_{T_{k,\max}}}{\left( \frac{T_k}{293} \right)^{1,16}} =$$

$$= \frac{10\Omega}{\left( \frac{822+273}{293} \right)^{1,16}} = 2,17\Omega$$

gdzie:

$L_{\max}$  – maksymalna długość przewodu łączącego tablicę zaciskową UPS z przyciskiem;

$R_{20}$  – dopuszczalna rezystancja przewodu w warunkach niepożarowych (temperatura  $20^\circ C$ ),  $[\Omega]$ ,

$R_{T_{k,\max}}$  – maksymalna rezystancja przewodu, jaką może on uzyskać w temperaturze  $T_k$ , w  $[\Omega]$ ,

$T_k$  – temperatura końcowa (pożaru), w której oblicza się rezystancję przewodu  $R_{T_{k,\max}}$ , w  $[K]$ ,

Gdyby nie uwzględnić temperatury w czasie pożaru, to wówczas maksymalna długość przewodu mogłaby wynosić:

$$R_{20} = \frac{2 \cdot L_{\max}}{\gamma \cdot S} \Rightarrow L_{\max} =$$

$$= R_{20} \cdot \gamma \cdot S / 2 = 10 \cdot 55 \cdot 1,5 / 2 = 412m$$

#### Wniosek:

W przypadku wyłącznika EPO bardzo istotną sprawą jest zachowanie parametrów jakościowych napięcia zasilającego. Jak wskazano w powyższym przykładzie, w przypadku przewodu o przekroju żyły  $1,5\text{ mm}^2$  maksymalna

jego długość przy uwzględnieniu wzrostu rezystancji w warunkach pożaru nie może być większa niż 89 m. Jest to długość stosunkowo niewielka, biorąc pod uwagę typowe długości trasy przewodów w budynkach komercyjnych i użyteczności publicznej. **Należy zwrócić uwagę, że wzrost rezystancji przewodu w wyniku oddziaływania temperatury w warunkach pożaru spowodował zmniejszenie teoretycznej długości ponad 4,5-krotnie!** Gdyby założyć temperaturę końcową pożaru wynoszącą ponad  $1000^\circ C$ , ten wzrost byłby jeszcze większy (nawet o 5,5!).

Powyższe uwagi mają szczególne znaczenie w przypadku układu EPO dla styków normalnie otwartych (NO), gdyż jeśli wzrost rezystancji nie zostanie uwzględniony, to w chwili podania napięcia (zwarcie przycisku) układ nie zadziała.

### Zagrożenia wynikające z pojawienia się napięcia wstecznego w instalacji przed UPS-em [13]

Norma PN EN 62040 [12] zobowiązuje producentów zasilaczy UPS do stosowania zabezpieczenia wstecznego w torze obejściowym UPS-a przed pojawieniem się tzn. „napięcia wstecznego” w przypadku uszkodzenia przełącznika statycznego (bypassu wewnętrznego). Zasilacz UPS musi być zabezpieczony przed pojawieniem się niebezpiecznych napięć i energii na zaciskach wejścia AC zasilacza UPS po odcięciu zasilania wejściowego (z sieci elektroenergetycznej), co ma miejsce np. w przypadku zadziałania przeciwpożarowego wyłącznika prądu. W myśl zapisów PN EN 62040 [12] niebezpieczeństwo porażenia nie może występować na zaciskach wejściowych dłużej niż po 15 sekundach dla zasilaczy UPS podłączonych na stałe, a po 1 sekundzie dla zasilaczy z połączeniami wtykowymi. Zgodność z wymaganiami jest sprawdzana przez badanie urządzenia i oddzielnych obwodów oraz symulację warunków awaryjnych zgodnie z „Aneksiem I”, powyższej normy. Jeśli projektowany UPS nie jest wyposażony w taki układ zabezpieczający to obowiązkiem Projektanta jest zaprojektować to baze elementów zewnętrznych (np. jak na **rysunku 4.**)

Na **rysunku 3.** przedstawiono sytuację, w której po zadziałaniu PWP i pozostawieniu działającego zasilacza UPS na wydzieloną instalację zasilania gwarantowanego może dojść do zagrożenia porażeniowego. Na **rysunku 3.** styczniki oznaczone K1-K4 stano-

wią elementy wykonawcze wyłącznika awaryjnego EPO.

Należy pamiętać, że w części zasilaczy UPS elementami zabezpieczającymi przez wstecznym podaniem napięcia, są elementy półprzewodnikowe. Niestety elementach półprzewodnikowych uszkodzenie może polegać zarówno na:

a) rozwarciu elementu (wzrost rezystancji do wartości powodującej rozwarcie obwodu) co w tym przypadku oznaczało by odłączenie obwodu (przypadek korzystny);

b) ale również może polegać na zwarciu elementu (rezystancja przejścia o bardzo małej wartości) i w konsekwencji trwałemu połączeniu instalacji, co oznacza bezpośrednie zagrożenie.

**Oczywiście panel sterowania zasilacza UPS sygnalizuje uszkodzenie jednak układy czas pracy.** Jest to tylko informacja dla obsługi do podjęcia działań serwisowych. Jak pokazuje praktyka, taki stan układu może być niezauważony przez bardzo długi czas. Jeśli w czasie tego uszkodzenia dojdzie do:

- » zaniku zasilania;
- » zadziałania PWP;

to w takiej sytuacji zasilacz UPS będzie zasiliał instalację elektryczną, tak jak pokazano to na **rysunku 3d.** To może stanowić zagrożenie dla osób uczestniczących w akcji ratowniczo-gaśniczej.

Czas, w jakim zasilacz UPS będzie w tej sytuacji będzie zasiliał instalację obiektu, zależy od:

- a) bezpośrednio do mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki pozostałe jako załączone w momencie zadziałania PWP,
- b) energii zgromadzonej w bateriach układu zasilania gwarantowanego.

**Przed takim zagrożeniem powinny chronić zabezpieczenia wewnętrzne UPS-a (na etapie produkcji) oraz zewnętrzne zaprojektowane przez projektanta instalacji zasilania gwarantowanego.**

Należy podkreślić, że w takiej sytuacji nie ma możliwości uzyskania skutecznej ochrony przeciwporażeniowej za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie [15], przy zastosowaniu jedynie aparatów zabezpieczających, takich jak: bezpieczniki topikowe, wyłączniki instalacyjne i/lub wyłączniki mocy, a stosowanie wyłączników różnicowoprądowych jest niezalecane [15].

Zalecane rozwiązania:

- a) w torach zasilających zasilacze UPS należy stosować aparaty wyposażone w cewki wzrostowe. Przykład takiego rozwiązania przed-

stawiono na **rysunku 4.** Jest to rozwiązanie droższe, jednak podnoszące bezpieczeństwo użytkownika instalacji;

b) **należy podkreślić, że w takiej sytuacji nie ma możliwości uzyskania skutecznej ochrony przeciwporażeniowej za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym przez normy czasie [15]** przy zastosowaniu jedynie aparatów zabezpieczających, takich jak: bezpieczniki topikowe, wyłączniki instalacyjne i/lub wyłączniki mocy, a stosowanie wyłączników różnicowoprądowych jest niezalecane [15]. Jedynym skutecznym środkiem ochrony przeciwporażeniowej w tej sytuacji będzie obniżenie spodziewanego napięcia na częściach przewodzących dostępnych poniżej wartości napięcia dopuszczalnego długotrwałe. Ta kwestia zostanie omówiona w ostatniej części tego artykułu.

### I Ochrona przeciwporażeniowa

Projektując ochronę przeciwporażeniową przy zasilaniu z zasilacza UPS należy uwzględnić następujące czynniki:

- » układ TN-S jest preferowany do zasilania urządzeń funkcjonujących w czasie pożaru. Pozostałe układy sieci (TT, IT) nie są zalecane z uwagi na ich ograniczenia techniczne, co zostało szczegółowo omówione w [15],
- » dopuszczalny czas wyłączenia w układzie TN nie może być dłuższy niż 0,4 s,
- » wyłącznik różnicowoprądowy jest środkiem niezalecanym [15],
- » napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe, jakie może wystąpić na częściach przewodzących dostępnych, powinno spełniać warunek  $U_L \leq 25V$  (ac) lub  $U_L \leq 60V$  (dc). Wynika to z faktu, że ekipa ratownicza oraz ewentualne osoby znajdujące się w budynku objętym akcją ratunkową będą znajdowały się w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego (stres, wysoka temperatura itp.). Jeśli podczas akcji ratowniczej jej uczestnicy mogą mieć bezpośredni kontakt z wodą (np. instalacja tryskaczowa), to w takiej sytuacji napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe powinno spełniać warunek  $U_L \leq 12V$  (ac) lub  $U_L \leq 30V$  (dc).

W wielu przypadkach uzyskanie skutecznej ochrony przeciwporażeniowej nie jest możliwe za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania w wymaganym czasie [15] przy zastosowaniu jedynie aparatów zabezpieczających, takich jak: bezpieczniki topikowe, wyłączniki instalacyjne i/lub wyłączniki mocy. Należy pamiętać, że stosowanie wyłączników różni-



Fot. 1. Pomieszczenie baterijne zasilacza UPS po wybuchu wodoru spowodowanego prądem zwarciovym fot. M. Orzechowski, J. Wiatr

cowoprądowych w obwodach instalacji przeciwpożarowych ze względu na wymaganą wysoką niezawodność jest zabronione [15]. Zatem zgodnie z wymaganiami określonymi w normie [6], ochronę przeciwporażeniową należy uznać za skuteczną, jeżeli napięcie dotykowe  $U_{ST}$  nie przekracza wartości napięcia dopuszczalnego długotrwałe  $U_L$  w danych warunkach środowiskowych, czyli [14, 15]:

$$U_{ST} = I_a \cdot Z_{PE} \leq U_L \quad (2)$$

gdzie:

$I_a$  – prąd wyłączający zabezpieczenie chronionego odbiornika w czasie określonym [6], w [A],  
 $Z_{PE}$  – wartość impedancji przewodu ochronnego PE między rozpatrywaną częścią przewodzącą dostępną a głównym połączeniem wyrównawczym, w [ $\Omega$ ],  
 $U_L$  – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwałe, w [V].

Wymagany przekrój przewodu ochronnego, łączącego chronione urządzenie z główną szyną uziemiającą (GSU), należy wyznaczyć ze wzoru (2), który uzyskuje się w wyniku przekształceń, przy założeniu, że  $U_{ST} = U_L$  oraz  $Z_{PE} = R_{PE}$  [14] następująca postać:

$$S_{PE} \geq \frac{k_p \cdot I_a \cdot l}{U_L \cdot \gamma} \quad (3)$$

gdzie:

$S_{PE}$  – wymagany przekrój żyły przewodu ochronnego, w [ $mm^2$ ],  
 $l$  – długość przewodu ochronnego PE między rozpatrywaną częścią przewodzącą dostępną a głównym połączeniem wyrównawczym, w [m],  
 $k_p$  – współczynnik wzrostu rezystancji przewodu w wyniku oddziaływania temperatury podczas pożaru określony wzorem (4) [15], w [-]

$$k_p = \frac{R_{T_k}}{R_{20}} = \left( \frac{T_k}{293} \right)^{1,16} \quad (4)$$

$R_{20}$  – rezystancja przewodu w temperaturze 20°C, w [ $\Omega$ ],

$R_{T_k}$  – rezystancja przewodu w temperaturze  $T_k$ , w [ $\Omega$ ],

$T_k$  – temperatura końcowa, w której oblicza się rezystancję przewodu  $R_{T_k}$ , w [K],

$R_{20}$  – rezystancja przewodu w temperaturze 20°C, w [ $\Omega$ ].

$\gamma$  – konduktywność materiału żyły przewodzącej przewodu, w [ $m/(\Omega \cdot mm^2)$ ].

Często można spotkać się ze stwierdzeniem, że UPS-y o niewielkiej mocy (lub urządzenia o zbliżonej konstrukcji) przyłączane za pomocą gniazda wtyczkowego nie stanowią zagrożenia porażeniowego ze względu na niewielką pojemność baterii akumulatorów, jakie wykorzystują. Typowe rozwiązanie stosowane w tych zasilaczach to akumulatory o napięciu 12V i pojemności np. 7 Ah. Akumulatory w celu zwiększenia napięcia łączy się szeregowo. Natomiast dla zwiększenia pojemności łączy się je równolegle. W praktyce spotykamy połączone równolegle gałęzie akumulatorów połączone szeregowo. Jeśli w szereg zostanie połączonych min. 3 takie akumulatory, to sumaryczne napięcie na ich zaciskach (36 Vdc) przekroczy napięcie dopuszczalne długotrwałe w warunkach środowiskowych gdzie może dojść do bezpośredniego kontaktu z wodą ( $U_L \leq 30$  V (dc)). Pojemność akumulatorów podawana jest w [Ah] lub przez prąd rozładowania w czasie 20 godzin w temperaturze 20°C, do osiągnięcia napięcia końcowego pojedynczego ogniwa 1,7 V (oznaczenie 0,05C). Prąd o wartości 30 mA płynący przez ciało człowieka podczas rażenia z pojedynczego akumulatora o pojemności 7 Ah mógłby płynąć przez

czas bardzo długi, skutkując śmiertelnym porażeniem:

$$t = \frac{Q}{I} = \frac{7}{0,03} = 233 \text{ h}$$

gdzie:

$t$  – czas przepływu prądu podczas rozładowania akumulatora, w [h],

$Q$  – pojemność dysponowana przez akumulator w temperaturze 20°C, w [Ah],

$I$  – prąd rozładowania, w [A].

Ponadto definiuje się w teorii i technice ochrony przeciwporażeniowej zagrożenia porażenia energią zgromadzona w akumulatorze zasilacza UPS lub urządzenia o podobnej konstrukcji, o czym podczas projektowania układów zasilania zapomina się. Najbardziej groźne są prądy zwarciove, które mogą się pojawić przy zalaniu wodą podczas akcji gaśniczo-ratowniczej szaf lub stojaków baterijnych. Nie można wykluczać ich powstania w warunkach normalnej eksploatacji. Stają się one bardzo groźne w przypadku braku wentylacji przedziału baterijnego lub jej uszkodzenia ze względu na wydzielający się wodór z baterii, pomieszczenie te w tym przypadku stają się zagrożone wybuchem. Skutki lekceważenia zagrożeń stwarzanych przez baterie akumulatorów przez wydzielany wodór podczas zwarc przedstawia **fotografia 1**.

### Wnioski

1. Wyłącznik awaryjny określany w skrócie jako EPO może pełnić funkcję wyłącznika przeciwpożarowego prądu (w myśl § 183.2. Rozporządzenia [3]) dla zasilacza UPS oraz obwodów zasilanych z niego.
2. W każdym przypadku należy zastosować środki, które zapobiegają pojawieniu się wstecznego napięcia na instalacji nieobjętej zasilaniem

gwarantowanym. Samo odłączenie zasilania do zasilacza UPS nie gwarantuje, że instalacja w obiekcie zostanie pozbawiona zasilania.

3. Zadziałanie przycisku EPO powoduje podanie sygnału na jednostkę sterującą zasilacza UPS i w konsekwencji wygenerowanie stanów, które spowodują otwarcie wszystkich styczników lub przełączników (na wejściu i wyjściu torów prądowych) oraz zamknięcie jednostki UPS, co jest równoznaczne z wyłączeniem falownika. Dodatkowo wszystkie konwertery zostają wyłączone. Zadziałanie EPO odłącza odbiorniki w każdym stanie pracy UPS-a: gotowości lub w stanie zamykania UPS-a, następuje także anulowanie dowolnych sygnałów i poleceń wydawanych przez jednostkę sterującą, panel operatorski lub dowolny moduł zasilacza UPS. Baterie akumulatorów zostają rozładowane.
4. Zadziałanie przycisku EPO nie spowoduje rozładowania baterii akumulatorów, co oznacza, że **energia w nich zgromadzona pozostanie**. Jest to jeden z powodów, dla których te urządzenia (UPS-y) powinny być instalowane w wydzielonych strefach pożarowych.
5. Stwierdzenie, że „małe” UPS-y (lub urządzenia o zbliżonej konstrukcji) nie stanowią za-

grożenia porażeniowego nie są zagrożeniem z powodu niewielkiej pojemności baterii akumulatorów jest nieprawdziwe. W każdym przypadku należy sprawdzić skuteczność ochrony porażeniowej zarówno dla warunków normalnych jak i zwiększonego zagrożenia porażeniowego.

6. Zasilacz UPS musi być wyposażony w pojedynczy zintegrowany aparat przerywający lub zaciski przeznaczone do połączenia zdalnego awaryjnego aparatu przerywającego, który zapobiega dalszemu zasilaniu odbiorców przez UPS-a w dowolnym trybie pracy zasilacza UPS. To rozwiązanie nie ma zastosowania (zgodnie z normą) dla:
  - systemów przetwarzania danych o znaczeniu krytycznym,
  - źródła zasilania UPS o mocy nie większej niż 750 VA,
  - lub obwodów baterijnych zintegrowanych z urządzeniem elektronicznym.
 W tej sytuacji konieczne jest podjęcie działań zmniejszających ryzyko jakie niosą ze sobą tego typu urządzenia. Do tych środków należą:
  - tablice informacyjne,
  - wydzielone strefy,

- zapewnienie skutecznej ochrony przeciwporażeniowej w warunkach zwiększonego zagrożenia porażeniowego.
7. Decyzja o sposobie sterowania wyłącznikiem EPO powinna należeć do projektanta instalacji elektrycznych, który podejmuje ją na podstawie uwarunkowań techniczno-ekonomiczno-budowlanych. Rolą rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń ppoż. oraz PSP jest wskazanie miejsca (miejs), w którym należy zabudować sterowanie (przycisk sterujący) tym wyłącznikiem tak, aby kierujący akcją gaśniczą bez wahania dokonał odłączenia obiektu od dopływu energii elektrycznej z tego źródła zasilania.
  8. Baterie akumulatorów stanowią zagrożenie pod czas pożaru. Ich wybuch może spowodować zwiększenie strat oraz narazić zdrowie i życie ludzi biorących udział w akcji ratowniczo-gaśniczej. Jest to jednoznaczny argument przemawiający za instalacją zasilacza UPS i urządzeń o podobnej konstrukcji w osobnych strefach pożarowych.

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

REKLAMA

**elektro info** Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

Ewakuacja ludzi z płonącego budynku i jej wspomaganie. Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne

**Dostępne od ręki o każdej porze i bez względu na to, gdzie jesteś!**

[www.kursy.elektro.info.pl](http://www.kursy.elektro.info.pl)

# Zastosowanie zasilaczy UPS i zespołów prądotwórczych w centrach przetwarzania danych

## Analiza niezawodności

Niejednokrotnie zastosowanie zasilania z dwóch niezależnych linii sieci elektroenergetycznej SN lub nn jest niewystarczające i należy instalować dodatkowe źródło energii w postaci zespołu prądotwórczego oraz zasilacze UPS. Obiekty wymagające zwiększonej niezawodności dostarczanego zasilania to: linie produkcyjne, centra handlowe, banki, centra przetwarzania danych, szpitale, metro, obiekty telekomunikacyjne oraz kompleksy biurowe w pełni sterowane przez układy inteligentnego budynku.

Tego typu obiekty wyposażone w urządzenia elektryczne, w tym IT o mocy rzędu kilkudziesięciu-kilkuset kVA, wymagają zastosowania specjalizowanych układów zapewniających zasilane odbiornikom, np. zasilaczy UPS, tandemów zasilaczy UPS i zespołów prądotwórczych lub dynamicznych układów zasilania wyposażonych w kinematyczny zasobnik energii. Rosnące zapotrzebowanie rynku w zakresie bezprzerwowych zasilaczy UPS dużych mocy i zespołów prądotwórczych pracujących w systemach o zwiększonej niezawodności powoduje, że producenci oferują urządzenia w zakresie mocy od 10 do 2000 kVA. [1, 2, 3].

### I Niezawodność zasilania

Wszystkie urządzenia charakteryzują się współczynnikiem pewności pracy na poziomie zbliżonym do jedności. Istnieje wiele różnych miar niezawodności pracy urządzeń. Jedną 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, 4]. Natomiast średni czas naprawy urządzenia rozumiany jako wartość oczekiwana czasu między wystąpieniem awarii a chwilą ponownej zdolności do realizacji funkcji okre-

śla współczynnik MTTR (*Mean Time To Repair*). Najczęściej jest również wyrażany w jednostkach czasu, np. godzinach.

Zasilacze UPS i zespoły prądotwórcze charakteryzują się najczęściej bardzo wysokim współczynnikiem MTBF. Jednak aby określić współczynnik MTBF w jednostkach względnych dla konkretnej instalacji urządzeń zasilania gwarantowanego i awaryjnego 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, 4].

Wartość MTBF dla urządzeń produkowanych przez różnych producentów jest różna. Można przyjąć, że dla pojedynczego urządzenia dobrej marki wartość MTBF wynosi 99,99790%. Jednak zmienia się wartość współczynnika MTBF dla grupy urządzeń pracujących równolegle z redundancją, w zależności od ich liczby w grupie. Wydawać by się mogło, że im większa liczba jednostek w zestawie, tym wartość MTBF większa. W tym przypadku awaria jednej jednostki UPS lub zespołu prądotwórczego nie powoduje przerwy w zasilaniu odbiorników. 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 zwiększa-



Fot. 1. Przykładowe rozwiązanie umieszczenia zespołu w pomieszczeniu fot. JT

nie liczby jednostek w układzie może spowodować, że wypadkowa wartość MTBF dla układu będzie mniejsza niż wartość MTBF dla pojedynczej jednostki [1, 4].

Należy tu jednak zaznaczyć, że współczynniki MTBF podawane przez producentów UPS-ów lub zespołów prądotwórczych dotyczą jedynie tych urządzeń, bez uwzględnienia pozostałych elementów układu zasilania, takich jak: układy rozdzielnic przed i za, 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.

### I Klasyfikacja data center

Klasyfikacja niezawodności dla obiektów typu data center zawiera istotne informacje związane z właściwym projektowaniem układów zasilania gwarantowanego. Klasy Tier zostały wprowadzone w celu podziału obiektów typu data center ze względu na ich fizyczną topologię infrastruktury, która wpływa na działanie systemów teleinformatycznych. Taki podział ułatwia określenie

wydajności obiektów data center, ich dostępności, skali inwestycji oraz ich kosztów [5].

Istnieją dwa podziały na klasy, oba zawierają cztery poziomy Tier. Pierwszy podział wprowadził Uptime Institute (UI) pod koniec lat 90. ubiegłego wieku oznaczony od Tier I do Tier IV. Podział zawiera różne topologie centrów przetwarzania danych wraz z ich poziomami dostępności oraz okresami niedostępności. Drugi podział na klasy został wprowadzony w roku 2005 przez Telecommunications Industry Association (TIA-942) należąca do American National Standards Institute (ANSI) i stosuje oznaczenia od Tier 1 do Tier 4. Podział powstał w oparciu o m.in. informacje zawarte w publikacjach UI. Zawiera standardy dla obiektów typu data center, minimalne wymagania dotyczące infrastruktury, metody przechowywania plików i ich archiwizacji, opis kontroli dostępu do sieci, metody dystrybucji treści oraz zasady zastosowania hostingu. Oba standardy, mimo iż są podobne do siebie ze względu na podział na klasy Tier, różnią się od siebie podejściem do zagadnienia projektowania obiektów typu data center. W standardzie TIA, aby osiągnąć pożądaną poziom dostępności czyli w efekcie daną klasę Tier, należy spełnić wszystkie wymogi zawarte w opisie tej klasy. Niespełnienie któregoś z wymogów może uniemożliwić zakwalifikowanie do danego poziomu. W przypadku standardu UI istnieje pewna dowolność rozwiązań stosowanych w poszczególnych zagadnieniach klas Tier pod warunkiem otrzymania wymaganego poziomu dostępności dla danej klasy [5].

Warto zwrócić uwagę na fakt, że Uptime Institute jest niezależną firmą konsultingową specjalizującą się w tematyce obiektów data center o wysokiej dostępności i tworzy standardy przede wszystkim opisowe, analizujące rozwiązania stosowane w nich pod kątem potrzeb biznesowych. Są to opracowania raczej o charakterze strategii postępowania niż opisujące konkretne rozwiązania techniczne [5]. Podstawowy dokument odnoszący się do rozważanej tematyki to Tier Standard: Topology. Drugi dokument to Tier Standard: Operational Sustainability, który określa procedury jakie należy stosować, aby zapewnić odpowiednią trwałość i niezawodność operacyjną centrum przetwarzania danych odpowiedniej klasy Tier. Podkreślić należy, że obecnie UI certyfikuje projektantów i obsługę układów zasilania i chłodzenia [6].

Klasyfikacja Tier wg Uptime Institute wyróżnia 4 poziomy niezawodności zasilania data center [5]:

- » 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.

### Współpraca zespołu prądotwórczego z UPS-em

Moc zespołu prądotwórczego należy dobrać 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 mocy znamionowej. Przy zastosowaniu zespołu prądotwórczego 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 agregatu. Jest to konsekwencją zniekształceń THD<sub>i</sub> 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].



Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

„Podstawy projektowania przydomowych systemów fotowoltaicznych”

Dostępne od ręki o każdej porze i bez względu na to, gdzie jesteś!

kursy.elektro.info.pl

## I Warunki instalowania zespołu

Zespół prądowładczy pracujący w układach zasilania awaryjnego może być instalowany w kontenerze ustawianym na fundamentie 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 czepni 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 instalowany przez producenta w kontenerze stanowi kompletne urządzenie pod względem elektrycznym oraz sanitarnym. Natomiast w przypadku adaptowania pomieszczenia do celów instalacji zespołu prądowładczy, należy spełnić wszelkie wymagania określone przez producenta [2]. Na fotografii 1. został przedstawiony przykład instalacji zespołu prądowładczy w pomieszczeniu.

Instalacja odbiorcza powinna być przystosowana do zasilania rezerwowego z zespołu prądowładczy. W tym celu obwody wymagające zasilania rezerwowego powinny być wydzielone. Dobierając parametry zespołu należy uwzględnić: rodzaj, moc i tryb pracy odbiorów, np. prądy rozruchowe silników, pobór mocy biernej, odkształcenie prądu oraz niesymetrię obciążenia [3].

Zespół prądowładczy wraz z wyposażeniem zaleca się instalować w wydzielonym pomieszczeniu (fot. 1). Pomieszczenie to powinno być łatwo dostępne, dobrze wentylowane, suche i w razie potrzeby ogrzewane, aby temperatura wynosiła co najmniej kilka °C. Silnik spalinowy wymaga czepni i kanałów dolotowych świeżego powietrza, które zasysa, oraz przewodów odprowadzających spalinę oczyszczone w układzie wydechowym. Pomieszczenie, w którym zostanie zainstalowany zespół prądowładczy, należy wyposażać również w rozdzielnicę potrzeb własnych, oświetlenie, gniazda odbiorcze oraz instalację elektryczną sterowania wentylacją oraz innymi urządzeniami uwzględnionymi w projekcie w zależności od potrzeb [2].

Prądnicą powinna być zabezpieczona przed przeciążeniami i skutkami zwarć za pomocą układów zabezpieczających usytuowanych w jej pobliżu. Dopuszcza się umieszczenie urządzenia zabezpieczającego w najbliższej rozdzielnicy pod warunkiem, że odcinek przewodów między prądnicą a urządzeniem zabezpieczającym był odporny na zwarcia. Dla prądnic o dużej mocy znamionowej stosuje się ponadto zabezpieczenie

ziemnozwarciowe dobrane stosownie do zaleceń producenta.

Przełącznik zasilania rezerwowego i jego elementy napędowe powinny być należycie oznakowane. 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 spalinowo-elektryczne 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 prądowładczy w czasie krótszym niż przy zastosowaniu układu do normalnego zatrzymywania. Dopuszcza się rezygnację z układu do awaryjnego zatrzymywania zespołów spalinowo-elektrycznych małej mocy [3].

Ze względu na występujące wibracje zespoły ruchome oraz stacjonarne należy przyłączać przewodami giętkimi o żyłach miedzianych, przeznaczonymi do ciężkich warunków pracy z powłoką o zwiększonej grubości [3].

Przy przełączaniu przez układ SZR zasilania z sieci na zespół prądowładczy lub z powrotem nie może dojść do równoległego łączenia obu źródeł. Grozi to bowiem zwrotnym zasilaniem sieci zewnętrznej lub niekontrolowanym podwyższeniem potencjału przewodu neutralnego N albo przewodu ochronno-neutralnego PEN względem ziemi. Przełącznik zasilania powinien być usytuowany w takim miejscu układu instalacji, aby odbiory wymagające zasilania rezerwowego mogły być odłączone zarówno od sieci zewnętrznej, jak i od zespołu zasilania rezerwowego [3].

## I Układ chłodzenia i wentylacji

Silnik spalinowy, generator oraz układ wydechowy są źródłami ciepła mającymi wpływ na pracę i wydajność całego zespołu prądowładczy. Wzrastająca temperatura w pomieszczeniu zespołu prądowładczy stanowi zagrożenie dla zgromadzonego tam paliwa. Niekontrolowa-

ny wzrost temperatury ponad dopuszczalne wartości może spowodować samozapłon paliwa oraz uszkodzenie wyposażenia elektrycznego. W celu odprowadzenia nagrzanego powietrza i konieczności utrzymania 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 prądowładczy nie pracuje, żaluzje są zamknięte. Zostają one automatycznie otwarte z chwilą uruchomienia zespołu [2].

Wraz z otwarciem żaluzji czepni 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 10°C. Zaleca się instalowanie nagrzewnic elektrycznych wyposażonych w termostat, zasilanych z rozdzielnic potrzeb własnych agregatorni, która jest zasilana z sieci elektroenergetycznej. Po uruchomieniu zespołu prądowładczy układ automatyki samorozruchu oraz samozatrzymania przełącza zasilanie agregatorni na zasilanie z zespołu prądowładczy z jednoczesnym odłączeniem zasilania nagrzewnic [2].

## I Podsumowanie

Artykuł nie jest gotową receptą na zasilanie gwarantowane. Zwraca on uwagę na pewne istotne problemy, które należy rozwiązać, aby zapewnić niezawodne zasilanie obiektu. Przy doborze zespołu prądowładczy należy zwrócić również uwagę na rodzaj i moc zasilanych odbiorników, prąd znamionowy generatora oraz dopuszczalne przeciążenia. Ciekawym rozwiązaniem dla obiektów wymagających ciągłego zasilania jest zastosowanie dynamicznego systemu zasilania składającego się z zespołu prądowładczy połączonego sprzęgłem z kinematycznym zasobnikiem energii.



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

Doskonała technologia, efektywność i jakość



## UPS modułowy Enertronic modular SE

- idealny dla informatyki i przemysłu
- samoprogramowalne moduły
- niskie koszty eksploatacji
- wysoka niezawodność
- zwrot energii do sieci
- sprawność do 99%
- kompensacja mocy biernej
- pełny pomiar pojemności baterii
- moc czynna do 1000 kW  $\cos\phi=1$
- moduły wymienne podczas pracy

dr hab. inż. Paweł Piotrowski, prof. uczelni, Politechnika Warszawska, mgr inż. Przemysław Bassak – WSP Polska Sp. z o.o.

# Analiza techniczno-ekonomiczna stosowania dynamicznych zasilaczy bezprzerwowych UPS typu DRUPS w systemach zasilania gwarantowanego obiektów data center (część 1.)

W dwuczęściowym artykule przedstawiono porównawczą analizę techniczno-ekonomiczną systemów zasilania gwarantowanego dla przykładowego obiektu data center z wykorzystaniem dynamicznych zasilaczy UPS typu DRUPS oraz z wykorzystaniem zespołów prądowców i statycznych zasilaczy UPS.

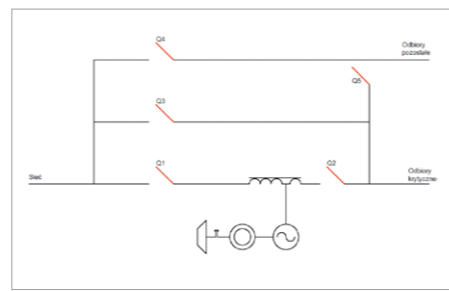
## I Charakterystyka urządzeń DRUPS

DRUPS (ang. *Diesel Rotary Uninterruptible Power Supply*) nazywany również zasilaczem dynamicznym UPS może stanowić jeden z elementów w systemach zasilania gwarantowanego. Jest to urządzenie pozwalające zapewnić ciągłość w dostępie do energii elektrycznej odbiorów, które wymagają bezprzerwowego zasilania. DRUPS są używane w przypadkach odbiorów dla których zakłócenie napięcia zasilania lub jego całkowity zanik jest wysoce niewskazany (wymagana jest bardzo wysoka dostępność zasilania). Charakteryzuje się bardzo wysoką sprawnością – około 97%. DRUPS stosowane są m.in. w obiektach typu data center, na lotniskach oraz w szpitalach. DRUPS przydatne są zdecydowanie tam, gdzie zapotrzebowanie na moc jest stosunkowo duże.

Systemy DRUPS uruchamiają się w przypadkach gdy dochodzi do przerw w zasilaniu oraz niestabilności parametrów sieci. Mogą to być awarie elektrowni, zerwanie linii elektroenergetycznych czy też przeciążenie systemu. Zasilanie odbiorów odbywa się z DRUPS, aż do mo-

mentu, gdy napięcie zasilania powróci i będzie spełniało wymagania jakościowe. W trybie normalnym DRUPS wykorzystywany jest jako filtr aktywny i stabilizator napięcia.

Główne elementy systemu DRUPS to [1,2,3,4]: silnik wysokoprężny, sprzęgło elektromagnetyczne, akumulator energii kinetycznej oraz maszyna synchroniczna. Silnik wysokoprężny zostaje uruchomiony w momencie zaniku zasilania. Gdy osiągnie odpowiednią prędkość obrotową znamionową, równą obrotom zasobnika energii kinetycznej, zostaje połączony z resztą układu przez sprzęgło elektromagnetyczne, które połączone z prądnicą zamienia energię mechaniczną na elektryczną. Wirnik główny obraca się z prędkością 1500 obr./min. przy częstotliwości 50 Hz lub z prędkością 1800 obr./min przy częstotliwości 60 Hz. Zasobnik ma uzwojenie trójfazowe AC i uzwojenie DC. Podczas pracy normalnej zasilane uzwojenie AC powoduje powstanie wirującego pola magnetycznego, które wprawia w ruch obrotowy wirnik zewnętrzny. W przypadku pracy awaryjnej następuje zasilanie uzwojenia DC. Energia kinetyczna wirnika zewnętrznego jest przekazywana do wirnika głównego w wyniku indukcji. Prąd płynący w obwodzie DC jest systematycznie regulowany. Następnie połączone z prądnicą dostarcza energię elektryczną do odbiorów. Cały system DRUPS znajduje się na ramie dzielonej między silnikiem a resztą układu. Pozwala to w razie awarii silnika wymienić tylko wadliwą część, a nie cały system. Rama w pewnym stopniu przyczynia się do minimalizacji drgań.

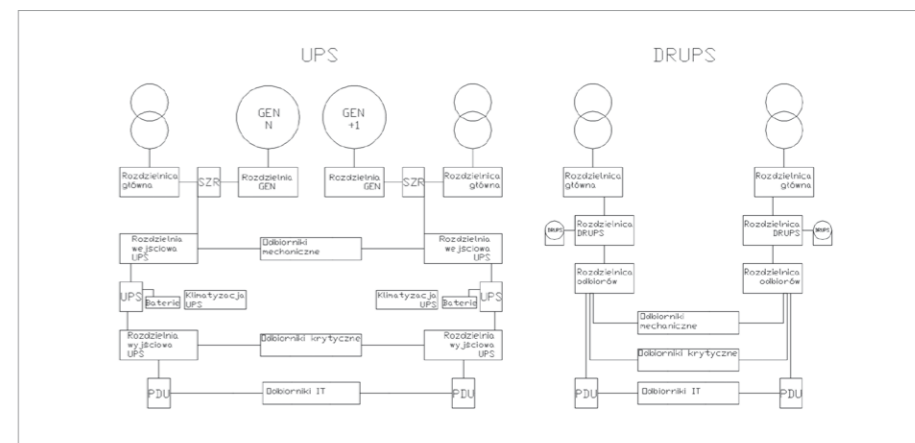


Rys. 1. Zasilanie z wykorzystaniem DRUPS w układzie z podwójnym wyjściem. Opracowano na podstawie [5]

DRUPS wyposażony w system czujników i mierników podłączony jest do systemów monitorowania i monitoringu oraz z panelem sterowania i monitoringu oraz z panelem mocy, w którym znajdują się filtr oraz bypass pozwalający na odłączenie DRUPS w celu konserwacji przy jednoczesnym nieprzerwanym przepływie napięcia zasilania. Oprogramowanie dedykowane umożliwia łatwy dostęp do wszelkich informacji. DRUPS posiada również zainstalowany system chłodniczy zapewniający optymalne warunki pracy dla wszystkich części układu zasilania. Zgodnie z danymi podanymi przez firmę Euro-diesel w trybie pracy normalnej przepływ powietrza powinien wynosić 1 250 m<sup>3</sup>/h przypadające na każde 100 kVA mocy instalacji [3].

Na rysunku 1. przedstawiono schemat zasilania odbiorów z systemu DRUPS w układzie z podwójnym wyjściem (wersja bardziej złożona niż system w układzie z pojedynczym wyjściem). Podczas pracy bez zakłóceń zamknięte są wyłączniki Q1 i Q2 i w ten sposób są zasilane odbiory wymagające ciągłego zasilania

lane odbiory wymagające ciągłego zasilania [1,4]. W przypadku odbiorów niewymagających ciągłego zasilania, napięcie płynie przez zamknięty wyłącznik Q4. Podczas awarii wyłącznik Q1 zostaje otwarty i uruchomiony zostaje silnik Diesla. Odbiory krytyczne dzięki energii kinetycznej zgromadzonej w zasobniku są zasilane przez zamknięty wyłącznik Q2 do momentu gdy silnik osiągnie odpowiednią prędkość obrotową. W momencie gdy silnik osiągnie wymaganą prędkość obrotową następuje połączenie silnika sprzęgłem elektromagnetycznym z resztą układu. W tym momencie możliwe jest zamknięcie wyłącznika Q5. Odbiory nie wymagające bezprzerwowego zasilania zostają ponownie zasilone dzięki systemowi DRUPS. Odbiory te zostają zasilone dopiero po załączeniu silnika, nie są zasilane z energii kinetycznej zgromadzonej w zasobniku. Energia ta jest przeznaczona wyłącznie dla odbiorów krytycznych, aby zapewnić ciągłość w dostarczanej energii do momentu połączenia silnika z resztą dynamicznego zasilacza UPS. Gdy powróci napięcie sieci elektroenergetycznej zamknięty ponownie zostaje wyłącznik Q4 zapewniając zasilanie odbiorów nie priorytetowych, a wyłącznik Q5 otwarty. Następnie zostaje zamknięty wyłącznik Q1 zasilający odbiory priorytetowe. Silnik przechodzi w stan jałowy i następuje jego schłodzenie i zatrzymanie. Wyłącznik Q3 podobnie jak w układzie z pojedynczym wyjściem pełni funkcję bypassa. Gdy wymagane jest odłączenie systemu DRUPS napięcie do odbiorów krytycznych płynie przez zamknięty wyłącznik Q3, a do pozostałych odbiorów przez wyłącznik Q4 [1,4].



Rys. 2. Porównanie instalacji opartej na zasilaczach statycznych UPS z zespołem prądowców oraz zasilaczy dynamicznych. Opracowano na podstawie [7]

Dynamiczne zasilacze bezprzerwowe UPS typu DRUPS można podłączyć na wiele różnych sposobów [1, 6]. Czynniki determinującymi, który sposób wybrać są m.in: moc odbiorów, rodzaj układu np. N lub 2N, dostępność miejsca dla układów DRUPS oraz budżet.

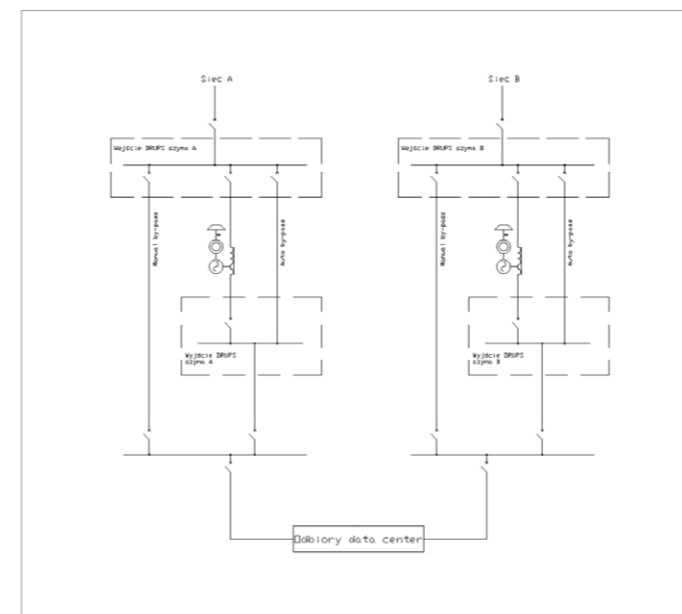
Typowym układem podłączenia pojedynczego zasilacza DRUPS jest układ z pojedynczym lub podwójnym wyjściem. Bardziej zaawansowanym układem jest konfiguracja typu master-slave z dwoma urządzeniami DRUPS. Układ bazuje na połączeniu równoległym, w którym jeden z DRUPS pełni funkcję układu nadrzędnego a drugi podrzędnego. Oba zasilacze muszą być ze sobą zsynchronizowane i odpowiada za to układ kontroli zasilaczy. DRUPS pełniący funkcję master jest punktem odniesienia dla pozostałych. Spotyka się również bardzo złożone i kosztowne układy typu cross-link zapewniające zasilanie do dwutorowych odbiorów. Połą-

czenie to zapewnia pewne zasilanie obu torów nawet w wypadku gdyby zasilanie jednego toru przestało działać [1, 6].

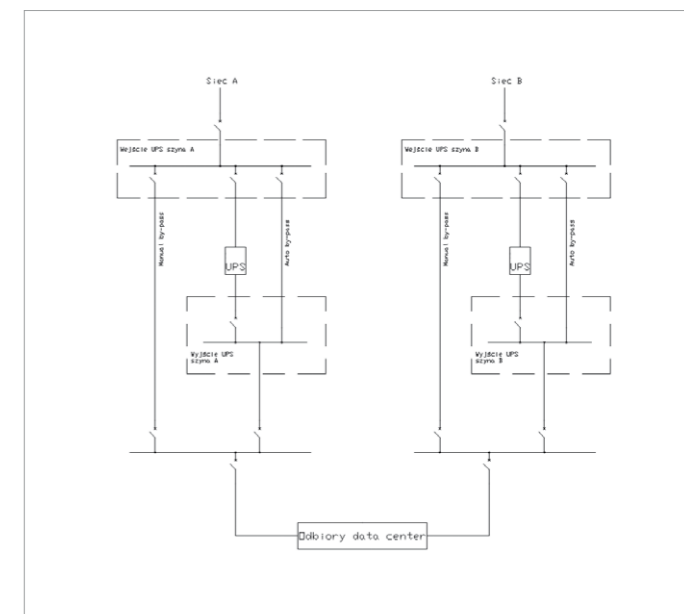
## I Zalety stosowania DRUPS

Korzystanie z dynamicznego zasilacza UPS ma wiele zalet, które sprawiają, że jest on w niektórych przypadkach rozwiązaniem lepszym od zasilacza statycznego UPS.

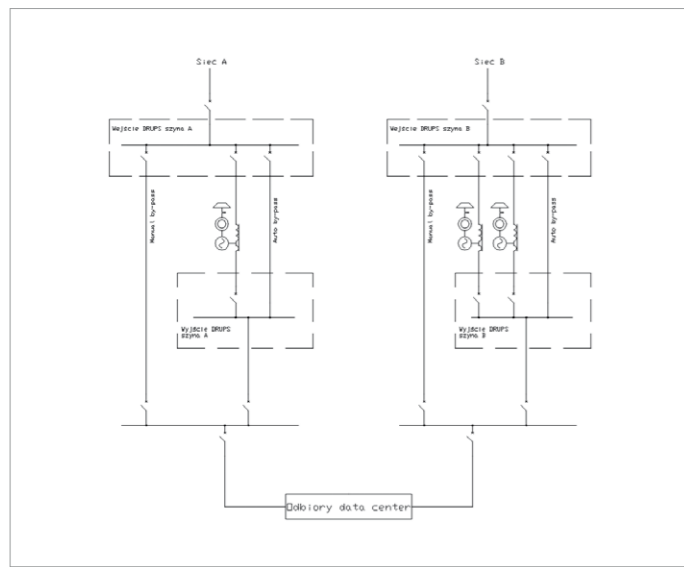
- » pierwsza zaleta to duża niezawodność DRUPS wynikająca z budowy całego systemu, który bazuje na prostej budowie mechanicznej z minimalną liczbą elementów które mogłyby ulec awarii. Do danych technicznych podawanych przez producentów DRUPS i związanych bezpośrednio z jego niezawodnością należą: MTBF (średni czas pomiędzy awariami) oraz MTTR (średni czas naprawy),
- » kolejną zaletą to brak baterii w konstrukcji DRUPS. Źródłem energii jest silnik wyso-



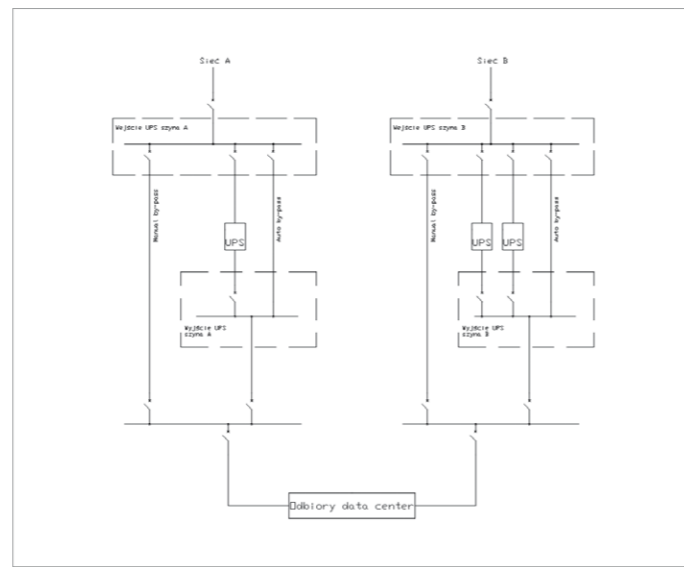
Rys. 3. Połączenie 1+1 z wykorzystaniem zasilaczy dynamicznych UPS typu DRUPS [1]



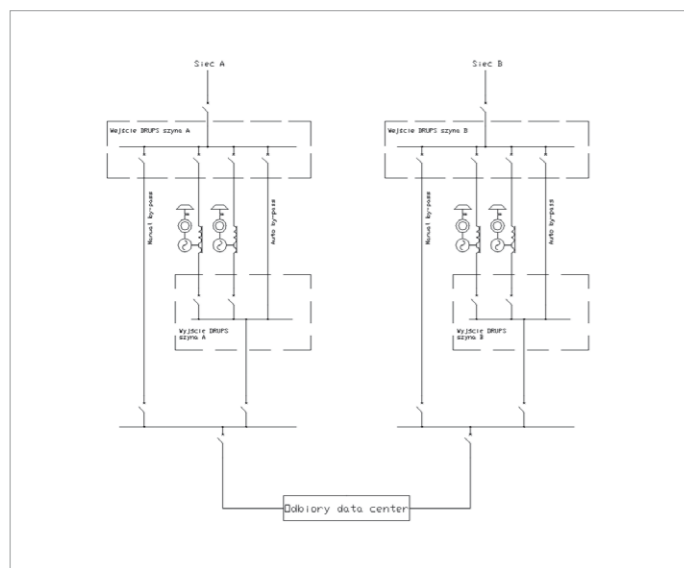
Rys. 4. Połączenie 1+1 z wykorzystaniem zasilaczy statycznych UPS [1]



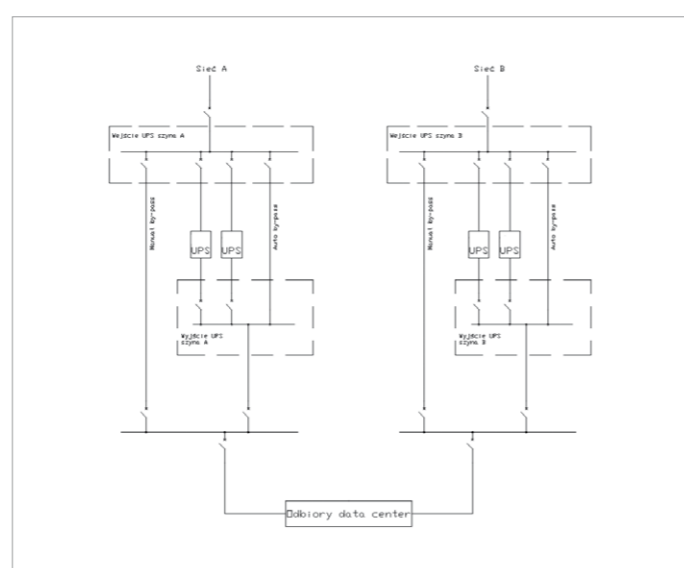
Rys. 5. Połączenie 2+1 z wykorzystaniem zasilaczy dynamicznych UPS typu DRUPS [1]



Rys. 6. Połączenie 2+1 z wykorzystaniem zasilaczy statycznych UPS [1]



Rys. 7. Połączenie 2+2 z wykorzystaniem zasilaczy dynamicznych UPS typu DRUPS [1]



Rys. 8. Połączenie 2+2 z wykorzystaniem zasilaczy statycznych UPS [1]

kopreżny, który charakteryzuje się wysoką sprawnością oraz dużą trwałością. Jedynym wymaganiem jest zapewnienie silnikowi paliwa (olej napędowy) [1, 7]. W przypadku zasilaczy statycznych zawsze mamy do czynienia z bateriami. Najczęściej są to baterie kwasowo-ołowiowe lub nikielowo-kadmowe. Związki zawarte w bateriach są powszechnie uznane

za szkodliwe. Dodatkowo czas życia baterii wynosi średnio tylko 3–4 lata. W przypadku dużych odbiorów liczba baterii rośnie a co za tym idzie wymagane jest dodatkowe, specjalne miejsce (pomieszczenie) w którym można takie baterie umieścić [1, 7].

» niewątpliwą zaletą jest fakt, że DRUPS nie wymaga dodatkowej klimatyzacji oraz sy-

stemów sterowania. Ponadto mniej elementów to większa niezawodność,

» w przypadku gdy w pomieszczeniu nie ma możliwości umieszczenia zasilacza DRUPS istnieje możliwość wstawienia go do specjalnie zaprojektowanego kontenera. Kontener jest tak zaprojektowany, aby zapewnić optymalne warunki pracy systemu. Przykładowo kontenery oferowane np. przez firmę Hitec wyposażone są w systemy chłodzenia cieczą oraz system doprowadzania chłodnego i odprowadzania ciepłego powietrza [1, 7],

» bardzo istotne jest również, że DRUPS charakteryzuje się niskimi kosztami eksploatacyjnymi. Użytkownik jest zobowiązany tylko do wymiany łożysk masy wirującej kiedy jest to wymagane [1, 7].

Zasilacz DRUPS NO-BREAK KS® moc 1000 kVA	
Koszt zakupu z instalacją oraz osprzętem, w [zł]	2 700 000 zł

Tab. 1. Koszty zasilacza dynamicznego DRUPS

Zasilacz Eaton Power Xpert 9395P o mocy 1000 kVA oraz zespół prądowładczy o mocy 1500 kVA	
Koszt szacunkowy zakupu z instalacją oraz osprzętem, w [zł]	2 000 000 zł

Tab. 2. Koszty zasilacza statycznego UPS oraz zespołu prądowładczy

Porównanie (opracowane przez firmę Inwentpower) instalacji opartej na zasilaczach statycznych UPS z zespołem prądowładczym oraz zasilaczy dynamicznych przedstawiono na rysunku 2.

### Przykładowy uproszczony projekt zasilania gwarantowanego obiektu data center z wykorzystaniem dynamicznych zasilaczy UPS typu DRUPS oraz z wykorzystaniem statycznych zasilaczy UPS oraz zespołów prądowładczych

W celu przeprowadzenia analizy porównawczej technicznej i ekonomicznej wykonano przykładowy uproszczony projekt zasilania gwarantowanego obiektu data center z wykorzystaniem dynamicznych zasilaczy UPS typu DRUPS oraz z wykorzystaniem statycznych zasilaczy UPS oraz zespołów prądowładczych.

Odbiorem, który będzie zasilany przez systemy zasilania gwarantowanego będzie obiekt typu data center. Przyjęto obciążenie równe 1000 kVA. W projekcie skupiono się wyłącznie na tematyce zasilania więc pominięto system chłodzenia serwerowni (sprzęt komputerowy oraz urządzenia aktywne sieciowe). Pominięto również odbiory nie wymagające zasilania bezprzerwowego. Wybrane data center spełnia poziom niezawodności Tier III. Oznacza to, że dostępność zasilania musi być na poziomie co najmniej 99,982%. Wymagane jest zapewnienie dwóch jednocześnie aktywnych ścieżek dystrybucji. Ponadto stosuje się zasilanie odbioru z dwóch stron. Zapewnione dzięki dwóm niezależnym od siebie źródłom sieci, oznaczone jako Sieć A oraz Sieć B. Każda sieć wchodzi odpowiednio do szyny A i szyny B, do których przyłączone są zasilacze.

Zasilanie bezprzerwowo jest zagwarantowane dzięki zastosowaniu zasilaczy UPS. Analizy wykonano dla dwóch przypadków. W pierwszym przypadku zastosowano zasilacz dynamiczny UPS typu DRUPS. W drugim przypadku, pewność zasilania zapewni zasilacz statyczny UPS. Jako zasilacz dynamiczny UPS typu DRUPS zastosowano DRUPS NO-BREAK KS®. Jako zasilacz statyczny UPS zastosowano UPS Eaton Power Xpert 9395P. Zaproponowano trzy warianty konfiguracji połączeń: 1+1, 2+1 oraz 2+2. Wszystkie wymienione połączenia spełniają wymagania zasilania klasy niezawodności Tier III.

Połączenie 1+1 (rys. 3., rys. 4.) posiada jeden zasilacz (DRUPS lub UPS), w każdej z dwóch ście-

żek zasilania. Każdy zasilacz zdolny jest do przyjęcia obciążenia w razie awarii. W połączeniu 2+1 (rys. 5., rys. 6.) w jednej ze ścieżek znajduje się jeden zasilacz (DRUPS lub UPS), natomiast w drugiej ścieżce są dwa zasilacze połączone ze sobą równolegle. W połączeniu 2+2 (rys. 7., rys. 8.) zasilacze (DRUPS lub UPS) połączono równolegle po dwa, w każdej gałęzi zasilającej w celu zwiększenia redundancji. Takie połączenie pozwoli zapewnić zasilanie w przypadku, gdy jeden z zasilaczy ulegnie awarii, lub jedna ze ścieżek zasilania przestanie funkcjonować prawidłowo. Każdy z zasilaczy jest tak dobrany, aby w razie awarii drugiego mógł samodzielnie zasilić odbiór. Dodatkowo w każdej gałęzi znajduje się bypass. Jest to rozwiązanie dosyć rozbudowane i można stwierdzić, że jest to rozwiązanie nieco przewymiarowanie pod względem zasilania.

### Porównawcza analiza ekonomiczna systemów zasilania gwarantowanego dla analizowanego obiektu data center z wykorzystaniem dynamicznych zasilaczy UPS typu DRUPS oraz z wykorzystaniem statycznych zasilaczy UPS oraz zespołów prądowładczych

W analizie ekonomicznej zostanie porównane zasilanie gwarantowane obiektu typu data center z wykorzystaniem zasilaczy dynamicznych i klasycznych [1]. Założono, że analiza zostanie przeprowadzona na okres 12 lat eksploatacji zasilaczy w obiekcie data center. W projekcie zastosowano zasilacz dynamiczny UPS typu DRUPS NO-BREAK KS®, którego koszt został przedstawiony w tabeli 1. Podano w ta-

	UPS	DRUPS
Moc łączna, w [kVA]	1000 kVA	1000 kVA
Moc łączna, w [kW]	1000 kW	800 kW
Sprawność systemu, w [%]	96%	95%
Łączne straty, w [kW]	40 kW	40 kW
Liczba h pracy w ciągu roku, w [h]	8760 h	8760 h
Koszt 1 kWh, w [zł]	0,55 zł	0,55 zł
Łączne koszty roczne, w [zł]	192 720 zł	192 720 zł
Całkowita powierzchnia wymagana, w [m <sup>2</sup> ]	150 m <sup>2</sup>	80 m <sup>2</sup>
Koszt m <sup>2</sup> /rok, w [zł]	704 zł	704 zł
Łączne koszty roczne, w [zł]	105 600 zł	56 352 zł
Procent mocy czynnej instalacji na potrzeby chłodzenia/klimatyzacji pomieszczenia UPS + pomieszczenia baterii, w [%] (dotyczy statycznego UPS)	3%	–
Moc na potrzeby chłodzenia, w [kW]	30 kW	0 kW
Współczynnik obciążenia	0,6	0,6
Koszt 1 kWh	0,55 zł	0,55 zł
Liczba h pracy w ciągu roku	8760 h	8760 h
Łączne koszty roczne, w [zł]	86 724 zł	0 zł
Całkowite łączne koszty roczne, w [zł]	385 044 zł	249 072 zł

Tab. 3. Koszty operacyjne roczne

	UPS	DRUPS
Koszt serwisu, konserwacji i przeglądów UPS/rok, w [zł]	11 000 zł	0 zł
Koszt serwisu, konserwacji i przeglądów gen. diesel/rok, w [zł]	5 000 zł	0 zł
Koszt serwisu, konserwacji i przeglądów DRUPS/rok, w [zł]	0 zł	55 000 zł
Koszty serwisu, konserwacji i przeglądów klimatyzacji pomieszczeń UPS+baterie/rok, w [zł]	25 000 zł	0 zł
Wymiana baterii akumulatorów (co 5 lat) podane koszty/1 rok, w [zł]	68 000 zł	0 zł
UPS – Koszt utylizacji baterii akumulatorów, w [zł]	4 500 zł	0 zł
Remont/przebieg generalny DRUPS, 2 razy w ciągu 25 lat, w [zł]	0 zł	66 000 zł
Koszty łączne roczne [zł]	113 500 zł	121 000 zł

Tab. 4. Koszty serwisowe roczne

Koszty operacyjne		
Rok eksploatacji	UPS	DRUPS
1	770 088,00 zł	498 144,00 zł
2	1 540 176,00 zł	996 288,00 zł
3	2 310 264,00 zł	1 494 432,00 zł
4	3 080 352,00 zł	1 992 576,00 zł
5	3 850 440,00 zł	2 490 720,00 zł
6	4 620 528,00 zł	2 988 864,00 zł
7	5 390 616,00 zł	3 487 008,00 zł
8	6 160 704,00 zł	3 985 152,00 zł
9	6 930 792,00 zł	4 483 296,00 zł
10	7 700 880,00 zł	4 981 440,00 zł
11	8 470 968,00 zł	5 479 584,00 zł
12	9 241 056,00 zł	5 977 728,00 zł

Tab. 5. Koszty operacyjne skumulowane w kolejnych latach dla wariantu 1+1

Koszty serwisowe		
Rok eksploatacji	UPS	DRUPS
1	227 000,00 zł	242 000,00 zł
2	454 000,00 zł	484 000,00 zł
3	681 000,00 zł	726 000,00 zł
4	908 000,00 zł	968 000,00 zł
5	1 135 000,00 zł	1 210 000,00 zł
6	1 362 000,00 zł	1 452 000,00 zł
7	1 589 000,00 zł	1 694 000,00 zł
8	1 816 000,00 zł	1 936 000,00 zł
9	2 043 000,00 zł	2 178 000,00 zł
10	2 270 000,00 zł	2 420 000,00 zł
11	2 497 000,00 zł	2 662 000,00 zł
12	2 724 000,00 zł	2 904 000,00 zł

Tab. 6. Koszty serwisowe skumulowane w kolejnych latach dla wariantu 1+1

Koszty całkowite		
Rok eksploatacji	UPS	DRUPS
1	997 088,00 zł	740 144,00 zł
2	1 994 176,00 zł	1 480 288,00 zł
3	2 991 264,00 zł	2 220 432,00 zł
4	3 988 352,00 zł	2 960 576,00 zł
5	4 985 440,00 zł	3 700 720,00 zł
6	5 982 528,00 zł	4 440 864,00 zł
7	6 979 616,00 zł	5 181 008,00 zł
8	7 976 704,00 zł	5 921 152,00 zł
9	8 973 792,00 zł	6 661 296,00 zł
10	9 970 880,00 zł	7 401 440,00 zł
11	10 967 968,00 zł	8 141 584,00 zł
12	11 965 056,00 zł	8 881 728,00 zł

Tab. 7. Koszty całkowite skumulowane dla wariantu 1+1 bez uwzględnienia kosztów zakupu zasilaczy

**beli 1.** koszty zakupu wraz z kosztem instalacji systemu. Zasilacz UPS statyczny wykorzystany w projekcie to UPS Eaton Power Xpert 9395P wraz z zespołem prądotwórczym. **Tabela 2.** zawiera koszt zakupu systemu w tym koszt baterii wraz z kosztem instalacji systemu. W przypadku kosztów zasilacza statycznego należy wziąć pod

uwagę fakt, że baterie mają określoną przez producenta żywotność. Najczęściej przyjmuje się, że średni czas działania baterii wynosi do 5 lat (w praktyce jednak może to być jednak również nawet 7 lat). Uwzględniając czas przeprowadzonej analizy baterie w zasilaczu statycznym będzie trzeba wymienić 2 razy.

Na koszty całkowite składają się koszty operacyjne oraz koszty serwisowe [1]. Koszty całkowite nie uwzględniając kosztów zakupu zasilaczy. Obliczono koszty całkowite w kolejnych latach użytkowania, na które składa się suma kosztów serwisowych i operacyjnych przedstawiona w ciągu 12 lat nieprzerwanej pracy obu typów zasilaczy.

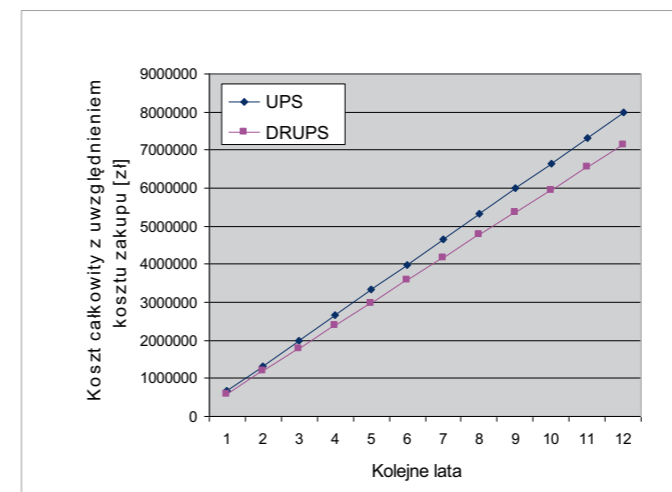
**W tabeli 3.** przedstawiono koszty operacyjne roczne zasilaczy. Są to koszty wymagane do prawidłowego działania zasilaczy w ciągu jednego roku. Składają się na nie koszt strat zasilaczy w ciągu roku, koszt powierzchni jaki wymaga dana instalacja oraz koszt wynikający z potrzeby zapewnienia odpowiedniej temperatury w pomieszczeniu (koszt systemu klimatyzacji)

Zapotrzebowanie na moc pozorną hipotetycznego obiektu data center przyjęto równą 1000 kVA [1]. Fakt, że system nie ma sprawności na poziomie 100% sprawia, że za moc której nie wykorzystamy również należy zapłacić. Aby obliczyć koszt traconej energii elektrycznej musimy przeliczyć moc na kilowaty (koszt energii elektrycznej jest podany w złotówkach za kilowatogodzinę). Koszty wynikające ze strat zasilaczy w ciągu roku nieprzerwanej pracy obliczono mnożąc czas pracy wynoszący 8760h przez moc jaką jest tracona oraz przez średnią cenę kilowatogodziny równą 0,55zł. Koszty roczne wynikające z wyłączenia w Warszawie powierzchni potrzebnej zasilaczom obliczono wykorzystując wymaganą powierzchnię w m<sup>2</sup> oraz średni koszt równy 58,7zł za m<sup>2</sup>/miesiąc (w przypadku DRUPS powierzchnia jest znacznie mniejsza – szczegóły w **tabeli 3.**). Koszty klimatyzacji obliczono tylko dla zasilaczy statycznych, ponieważ zasilacze dynamiczne nie wymagają klimatyzacji. Do obliczenia mocy jaką pobiera system klimatyzacji (3% mocy instalacji) skorzystano z mocy instalacji (1000kW) oraz współczynnika obciążenia, czyli stosunku średniego obciążenia do obciążenia szczytowego w określonym czasie, który przyjęto równy 0,6. Koszty roczne pracy klimatyzacji obliczono podobnie jak moc strat, wykorzystano moc klimatyzacji, czas pracy oraz średnią cenę za 1 kWh.

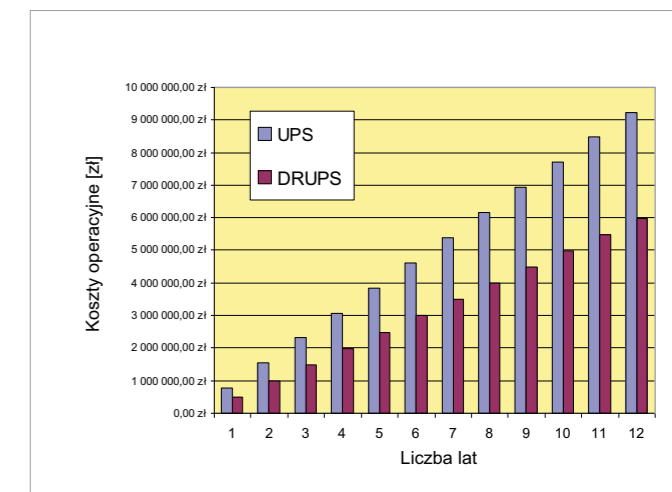
Na koszty serwisowe składają się koszty wynikające z serwisu, konserwacji, remontów zasilaczy. Ponadto zawierają koszt wymiany i utylizacji baterii akumulatorów w przypadku zasilaczy statycznych. Koszty serwisowe przedstawione w tabeli 4 są kosztami rocznymi.

W przypadku zastosowania najbardziej podstawowego **układu tylko z jednym zasilaczem** roczny koszt całkowity (koszt operacyjny roczny oraz koszt serwisowy roczny) wynosi:

- » zasilacz statyczny UPS: **498 544 zł,**
- » zasilacz dynamiczny DRUPS: **370 072 zł**



Rys. 9. Porównanie kosztów całkowitych z uwzględnieniem kosztów zakupu i 12-letniej eksploatacji zasilaczy Rys. P. Piotrowski, P. Bassak



Rys. 10. Koszty operacyjne skumulowane w kolejnych 12 latach dla wariantu połączeń 1+1 Rys. P. Piotrowski, P. Bassak

Zatem różnica w kosztach całkowitych rocznych wynosi **128 472 zł** (o tyle tańszy jest wariant z pojedynczym UPS dynamicznym w stosunku do zasilacza UPS statycznego).

Zakładając, że koszt zakupu z instalacją wariantu z pojedynczym DRUPS jest większy o 700 000zł, można przyjąć, że **po około 6 latach eksploatacji zasilacza DRUPS, większy koszt jego zakupu zostanie zniwelowany niż-**

**szymi kosztami operacyjnymi i eksploatacyjnymi zasilacza DRUPS.**

Na **rysunku 9.** przedstawiono porównanie kosztów całkowitych z uwzględnieniem kosztów zakupu (odpowiednio 2 000 000zł dla zasilacza statycznego UPS oraz 2 700 000zł dla zasilacza dynamicznego DRUPS) i 12-letniego okresu eksploatacji. Przyjęto założenie, że oba zasilacze będą funkcjonowały tylko 12 lat.

**W tabeli 5.** przedstawiono koszty operacyjne skumulowane w kolejnych 12 latach eksploatacji dla wariantu połączenia 1+1. **W tabeli 6.** przedstawiono koszty serwisowe skumulowane w kolejnych 12 latach dla wariantu połączenia 1+1. Natomiast w tabeli 7 przedstawiono koszty całkowite skumulowane w kolejnych 12 latach dla wariantu połączenia 1+1 bez uwzględnienia kosztów zakupu zasilaczy.

REKLAMA

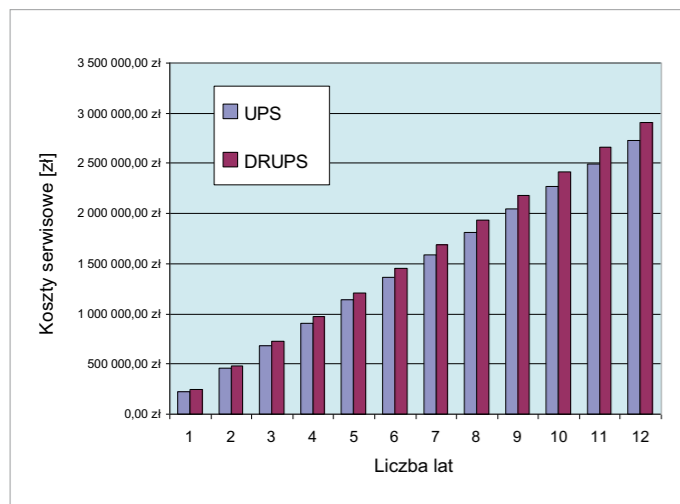
## Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

Kompensacja mocy biernej. Podstawy teoretyczne i zastosowania praktyczne.

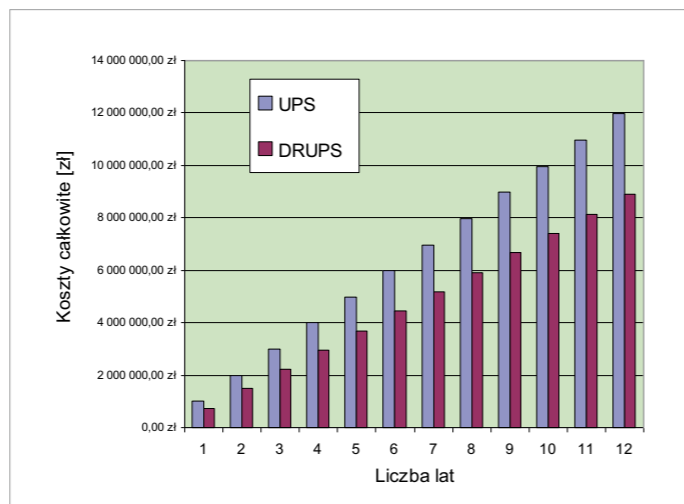
Dostępne od ręki o każdej porze i bez względu na to, gdzie jesteś!

www.kursy.elektro.info.pl

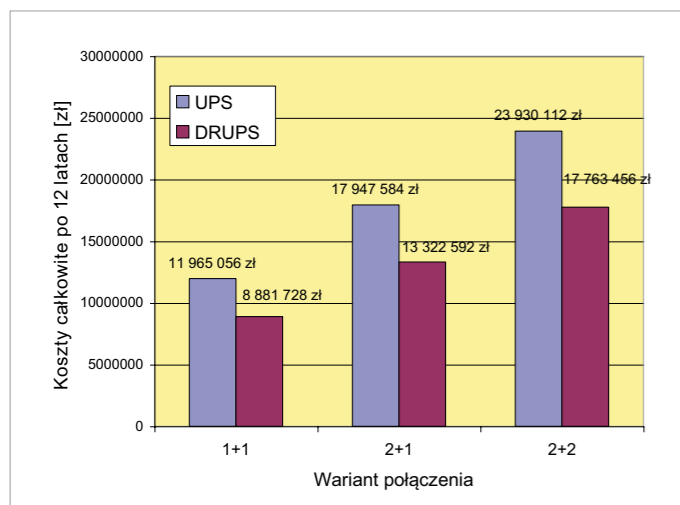




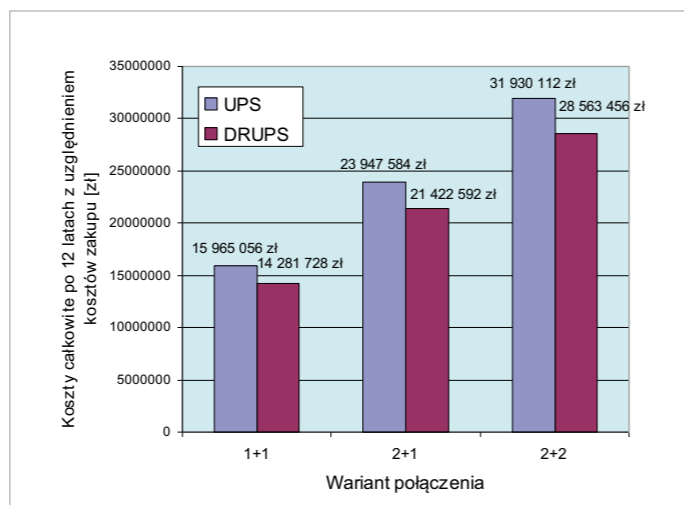
Rys. 11. Koszty serwisowe skumulowane w kolejnych 12 latach dla wariantu połączeń 1+1 Rys. P. Piotrowski, P. Bassak



Rys. 12. Koszty całkowite skumulowane (bez uwzględnienia kosztów zakupu) w kolejnych 12 latach dla wariantu połączeń 1+1 Rys. P. Piotrowski, P. Bassak



Rys. 13. Porównanie kosztów całkowitych (bez uwzględnienia kosztów zakupu) trzech wariantów połączeń w przypadku eksploatacji zasilaczy statycznych UPS oraz zasilaczy dynamicznych DRUPS Rys. P. Piotrowski, P. Bassak



Rys. 14. Porównanie kosztów całkowitych z uwzględnieniem kosztów zakupu trzech wariantów połączeń w przypadku eksploatacji zasilaczy statycznych UPS oraz zasilaczy dynamicznych DRUPS Rys. P. Piotrowski, P. Bassak

Na **rysunku 10**, przedstawiono graficznie wyniki z **tabeli 5**. (koszty operacyjne), na **rysunku 11**, przedstawiono wyniki z **tabeli 6**. (koszty serwisowe), natomiast na **rysunku 12**, przedstawiono graficznie wyniki z **tabeli 7**. (koszty całkowite) dla wariantu połączeń 1+1. Oszczędność z korzystania z systemu DRUPS, w stosunku do UPS, w rozpatrywanym okresie wyniosła około 3,1 mln zł.

Analogiczne obliczenia jak dla wariantu połączeń 1+1 wykonano również dla wariantu połączeń 2+1 oraz wariantu połączeń 2+2. Koszty oczywiście były większe. Wyniki obliczeń kosztów całkowitych (bez uwzględnienia kosztów zakupu) po 12 latach dla wszystkich trzech wariantów połączeń w przypadku eksploatacji zasilaczy statycznych UPS oraz zasilaczy dynamicznych DRUPS przedstawiono na **rysunku 13**. Oszczędność z korzystania z systemu DRUPS, w stosunku do UPS, w rozpatrywanym okresie 12 lat wyniosła około 4,6 mln zł dla wariantu połączeń 2+1. Natomiast

oszczędność z korzystania z systemu DRUPS, w stosunku do UPS, w rozpatrywanym okresie 12 lat wyniosła około 6,2 mln zł dla wariantu najbardziej rozbudowanego czyli wariantu połączeń 2+2.

Natomiast na **rysunku 14**, przedstawiono porównanie kosztów całkowitych z uwzględnieniem kosztów zakupu trzech wariantów połączeń w przypadku eksploatacji zasilaczy statycznych UPS oraz zasilaczy dynamicznych DRUPS.

Analiza techniczna (aspekty niezawodności) oraz podsumowanie i wnioski z analizy techniczno-ekonomicznej zostaną przedstawione w drugiej części artykułu w kolejnym numerze „elektro.info”.

**Podziękowanie**

Dziękujemy Panu Robertowi Morusowi oraz firmie EST Energy za materiały niezbędne do powstania artykułu.

Ponadto dziękujemy Panu Grzegorzowi Bałką, Dyrektorowi ds. Marketingu w firmie COMEX S.A za cenne rady, dzięki którym poprawiła się jakość artykułu.



**ABSTRACT**

**Technical and economical analysis of the use of dynamic uninterruptible power supplies UPS type DRUPS in guaranteed power supply systems in data center objects – part 1.**  
 The two parts paper presents technical and economical analysis of the use of dynamic uninterruptible power supplies UPS type DRUPS in guaranteed power supply systems in data center objects. The final conclusions have been formulated from executed analysis.  
**Keywords:** DRUPS, UPS, guaranteed power supply, data center.



**SYSTEMY ZASILANIA GWARANTOWANEGO**

**Oferta produktowa firmy Riello Delta Power Sp. z o.o.**

- zasilacze UPS Riello od 400 VA do 6.4 MVA mocy,
- agregaty prądowórcze od 9 kVA do 12 MVA mocy,
- zasilacze dynamiczne,
- łączniki statyczne,
- oprogramowanie i akcesoria

**W zakresie naszych usług znajdują Państwo:**

- tworzenie koncepcji zasilania gwarantowanego obiektów,
- kompletne wielobranżowe projekty systemów zasilania,
- integrowanie systemów zasilania gwarantowanego,
- montaż systemów UPS oraz agregatów prądowórczych,
- zdalne nadzorowanie systemów zasilania rezerwowego,
- profesjonalny serwis,
- opieka posprzedażowa, umowy serwisowe, hot-line 24/7/365

**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

**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

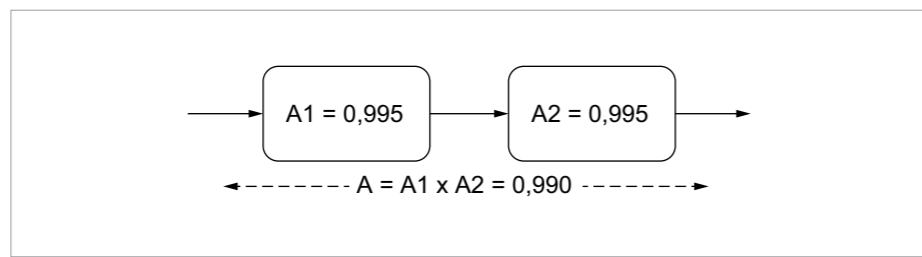


# Analiza techniczno-ekonomiczna stosowania dynamicznych zasilaczy bezprzerwowych UPS typu DRUPS w systemach zasilania gwarantowanego obiektów data center (część 2.)

W dwuczęściowym artykule przedstawiono porównawczą analizę techniczno-ekonomiczną systemów zasilania gwarantowanego dla przykładowego obiektu data center z wykorzystaniem dynamicznych zasilaczy UPS typu DRUPS oraz z wykorzystaniem zespołów prądowców i statycznych zasilaczy UPS.

## Wprowadzenie do niezawodności zasilania gwarantowanego

Niezawodność urządzeń zasilania gwarantowanego (UPS, DRUPS) powiązana jest bezpośrednio z parametrami: MTBF oraz MTTR. MTBF (ang. *Mean Time Between Failure*) to średni czas pracy urządzenia między awariami podawany przez producenta. Wartości te podawane w godzinach dochodzą do wartości 150 000 h w przypadku UPS, co daje teoretycznie 17 lat nieprzerwanej pracy. Należy podkreślić, że są to dane wynikające z teoretycznych obliczeń statystycznych żywotności poszczególnych elementów układu prowadzonych przez producenta i nie należy brać ich dosłownie. Rzeczywistą wartość MTBF obliczyć można wykorzystując wzór (1) [20]:



Rys. 1. Obliczanie dostępności w połączeniu szeregowym [1]

$$MTBF = \frac{\sum_{i=1}^n t_{di}}{n} \quad (1)$$

gdzie:

$t_{di}$  – czas pracy urządzenia w i-tym odcinku pomiędzy naprawami,

$n$  – liczba ciągłych okresów pracy urządzenia.

MTTR (ang. *Mean Time To Repair*) to średni czas naprawy urządzenia – okres czasu od utraty zasilania wynikającej z awarii do ukończenia naprawy i ponownego uruchomienia urzą-

dzenia. Podawany przez producentów okres to zazwyczaj 30 do 60 minut (najczęściej jest to czas samej naprawy bez czasu potrzebnego na dojazd serwisu do uszkodzonego urządzenia). W przypadku data center serwis może być dostępny w obiekcie i w takim przypadku występuje brak czasu dojazdu serwisu do miejsca naprawy.

Rzeczywistą wartość MTTR można obliczyć ze wzoru (2) [20]:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^k t_{ai}}{k} \quad (2)$$

gdzie:

$t_{ai}$  – czas trwania i-tej naprawy,

$k$  – liczba napraw w okresie badania urządzenia.

Podkreślić należy, że wzory (1) oraz (2) umożliwiają oszacowanie wartości zbliżonych do rzeczywistych MTBF oraz MTTR, natomiast producenci podają wartości w pewnym stopniu odbiegające od wartości rzeczywistych, szczególnie wartości MTBF są nieco sztucznie zawyżone.

Zasilacz	
MTBF	1 000 000 h
MTTR	8 h

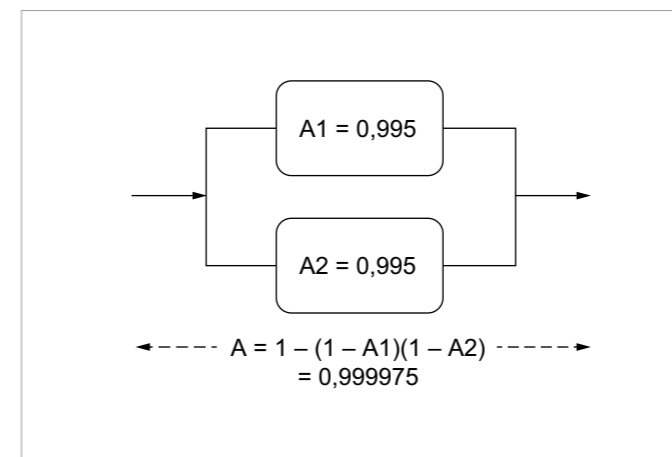
Tab. 1. Wartości współczynników dla zasilacza DRUPS NO-BREAK KS® [16,17]

Zasilacz UPS	
MTBF	150 000 h (wg MIL-217)
MTTR	6 h

Zespół prądowców	
MTBF	80 000 h
MTTR	6 h

Tab. 2. Wartości współczynników dla zasilacza UPS Eaton Power Xpert 9395P oraz zespołu prądowców



Rys. 2. Obliczanie dostępności w połączeniu równoległym [1]

Dostępność (ang. *Availability*) to miara stopnia odporności systemu – liczba z zakresu  $<0;1>$ . Znając MTBF oraz MTTR możemy obliczyć dostępność ze wzoru (3) [20]:

$$P = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} \quad (3)$$

Czas niedostępności  $T_N$  urządzenia w okresie roku możemy obliczyć ze wzoru (4) znając  $p$  obliczone wcześniej wg wzoru (3) [1]:

$$T_N = (1 - p) \cdot t \quad (4)$$

gdzie:

$p$  – wartość dostępności,

$t$  – czas (np. liczba minut w ciągu 1 roku)

W przypadku gdy np.  $t$  wyrazimy w minutach, wtedy czas  $T_N$  niedostępności urządzenia obliczony ze wzoru (4) również będzie wyrażony w minutach.

W przypadku bardzo wysokich wymagań niezawodnościowych najczęściej przyłączony system zasilaczy bezprzerwowych składa się z więcej niż jednej ścieżki zasilania. Może to wynikać z wymagań odbioru jak np. data center o klasie niezawodności Tier IV. W takim wypadku odbiory są często zasilane z kilku ścieżek zasilania połączonych równoległe, aby zwiększyć niezawodność systemu zasilania. Sposób połączenia zasilaczy ma bezpośredni wpływ na to jaką dostępność będzie miał zespół zasilaczy [1].

## Wprowadzenie do blokowego schematu niezawodnościowego – metoda współczynników zawodności

Do analizy wykorzystano blokowy schemat niezawodnościowy (*Reliability Block Diagrams* – RBD). Jest metoda perspektywicznej oceny

zawodności elementów wchodzących w skład układu na podstawie współczynników zawodności. Podstawą metody jest to, że system uważamy za sprawny, jeżeli istnieje przynajmniej jedna ścieżka przejścia (od wejścia do wyjścia analizowanego systemu) [22]. Jest to metoda popularna, ale dość mało precyzyjna i dokładna [23]. Metoda opiera się na założeniu, że współczynnik zawodności jest prawdopodobieństwem awarii elementu w czasie jego ruchu i dalsze operacje prowadzone są wg znanej w elementarnym rachunku prawdopodobieństwa algebry zdarzeń losowych.

W systemie szeregowym awaria dowolnego elementu przerywa ścieżkę, powodując niedostępność systemu. W przypadku połączenia szeregowego zasilaczy wypadkowa dostępność będzie równa iloczynowi połączonych zasilaczy zgodnie ze wzorem na **rysunku 1**. Przyjęto, że  $A$  to dostępność wypadkowa, natomiast  $A1$  i  $A2$  to dostępności poszczególnych zasilaczy. Błąd nie przekracza 1–3%, jeśli współczynniki niezawodności są większe niż 0,99 [23]. Przy powiększaniu liczby elementów połączonych szeregowo uwypukla się silnie wzrost zawodności. Należy zatem dążyć do jak najmniejszej liczby elementów szeregowych [23].

W systemie równoległym muszą ulec awarii elementy w każdej z gałęzi równoległych, aby przerwać ścieżkę [22]. Gdy połączymy zasilacze równoległe dostępność będzie liczona zgodnie ze wzorem z **rysunku 2**. We wzorze dostępność wypadkowa jest wyznaczana poprzez odjęcie od jedności czyli pełnej dostępności iloczynu niedostępności każdego z zasilaczy. W tym przypadku silnie uwypukla się wzrost niezawodności wraz z powiększaniem liczby elementów połączonych równoległe. W praktyce obliczona niezawodność

jest nieco zbyt optymistyczna, jeśli uwzględnimy współzależność awarii i wspólne bodźce zakłócające [23].

W praktycznych układach przesyłu i rozdzielu energii elektrycznej spotyka się zgrupowania elementów odbiegające od prostych zgrupowań szeregowych lub równoległych [23]. W systemie hybrydowym istnieją gałęzie z szeregowo połączonymi elementami i gałęzie równoległe. Wzory przedstawione na **rysunku 1** oraz **rysunku 2** pozwalają też na krokowe upraszczanie schematów niezawodnościowych i wyliczenie dostępności zasilania całego systemu przy znanych wartościach dostępności poszczególnych elementów. Idea krokowego upraszczania schematu niezawodnościowego przedstawiono na **rysunku 3**.

Metoda współczynników zawodności ma szereg wad [23]:

- » wynik końcowy nie daje żadnych informacji o wypadkowej rocznej intensywności przerw i wypadkowym rozkładzie czasów awarii,
- » nie uwzględnia się problemu współzależności awarii, rozprzestrzeniania się awarii w zgrupowaniach równoległych i punktach węzłowych,
- » w otrzymanych wynikach nie uwzględnia się wielu przerw wywołanych przerwami z zakłóceniami bez uszkodzeń.

## STRESZCZENIE

W dwuczęściowym artykule przedstawiono analizę techniczno-ekonomiczną stosowania dynamicznych zasilaczy bezprzerwowych UPS typu DRUPS w systemach zasilania gwarantowanego obiektów data center. Sformułowano wnioski końcowe z wykonanych analiz.

**Słowa kluczowe:** DRUPS, UPS, zasilanie gwarantowane, data center.

Kod bloku na schemacie RBD	Element/blok RBD	Dostępność p elementu
SEE	Sieć elektroenergetyczna SN (linia kablowa)	0,9999817000
SEE	Sieć elektroenergetyczna SN (linia napowietrzna)	0,9999562000
TR	Transformator SN/nn	0,9999973700
R_GnN	Rozdzielnica GnN	0,9999086760
DRUPS	Zasilacz dynamiczny DRUPS	0,99999200006
UPS	Zasilacz statyczny UPS	0,9999600016
ZP	Zespół prądowórczy	0,9999250056
R_DRUPS	Rozdzielnica DRUPS	0,99990867600
R_UPS	Rozdzielnica UPS	0,99990867600
ATS	ATS (SZR)	0,9999902050
PDU	PDU	0,9999750006
BL_LU	Błędy ludzkie (przerwa 1 h raz na 10 lat) (oszacowanie własne)	0,9999885716
ZD_LOS	Zdarzenia losowe (przerwa 5 h raz na 50 lat) (oszacowanie własne)	0,9999885716

Tab. 3. Dostępność poszczególnych elementów [1, 14, 21]

**Porównawcza analiza techniczna systemów zasilania gwarantowanego dla analizowanego obiektu data center z wykorzystaniem dynamicznych zasilaczy UPS typu DRUPS oraz z wykorzystaniem statycznych zasilaczy UPS oraz zespołów prądowórczych**

W analizie technicznej zasilacz dynamiczny DRUPS i zasilacz statyczny UPS zostaną porównane pod względem dostępności zasilania. Dostępność zasilania poszczególnych jednostek zostanie obliczona zgodnie ze wzorem (3). W kolejnym kroku zostanie obliczona dostępność p całego systemu zasilania. Schemat blokowy niezawodności (RBD) zostanie kolejno upraszczany, tak aby można było policzyć dostępność całego systemu zasilania jako jednego elementu.

W ostatnim kroku zostanie obliczony czas niedostępności  $t_N$  zgodnie ze wzorem (4) dla

każdego z wariantów w celu analizy wpływu każdego wariantu na przewidywany czas niedostępności odbioru.

W tabeli 1. przedstawiono wartości współczynników MTBF oraz MTTR dla zasilacza dynamicznego DRUPS NO-BREAK KS<sup>®</sup>.

Na podstawie danych obliczono wartość współczynnika dostępności dla jednego zasilacza dynamicznego DRUPS wg wzoru (3). Wartość p wynosi 0,999992000064. Należy podkreślić, że przyjmując mniejszą wartość MTTR niż 8 h dostępność systemu wzrośnie.

**Prawdopodobieństwo awarii zasilacza DRUPS w okresie roku wynosi około 0,9%.**

W przypadku zasilacza UPS GE typ TLE wartość MTBF oraz MTTR została przedstawiona w tabeli 2.

Na podstawie danych obliczono wartość współczynnika dostępności dla zasilacza statycznego UPS wg wzoru (3). Wartość p wynosi 0,999957144694. Należy podkreślić, że przyjmując mniejszą wartość MTTR niż 6 h dostępność systemu wzrośnie.

Opis wariantu	Układ	UPS		DRUPS	
		p	$t_N$ [s]	p	$t_N$ [s]
Sieć elektroenergetyczna SN (linia kablowa)	1+1	0,99998849774	362,7353	0,99998856273	360,6858
	2+2	0,99998851918	362,0590	0,99998856273	360,6858
Sieć elektroenergetyczna SN (linia napowietrzna)	1+1	0,99998849774	362,7354	0,99998856273	360,6858
	2+2	0,99998851918	362,0591	0,99998856273	360,6858

Tab. 4. Dostępność p oraz czas niedostępności  $t_N$  w zależności od rodzaju połączenia i zastosowanego zasilacza oraz rodzaju linii zasilającej w sieci elektroenergetycznej SN

**Prawdopodobieństwo awarii zasilacza w okresie roku wynosi około 6,3%. Natomiast prawdopodobieństwo awarii zespołu prądowórczego wynosi około 17,52% (MTBF 50000 h).**

Tabela 3. przedstawia dostępność poszczególnych elementów, które będą przedstawione na uproszczonym krokowo schemacie niezawodnościowym RBD. Należy podkreślić, że dane w tabeli są tylko przykładami i mogą być różniące się w zależności od klasy urządzenia oraz producenta.

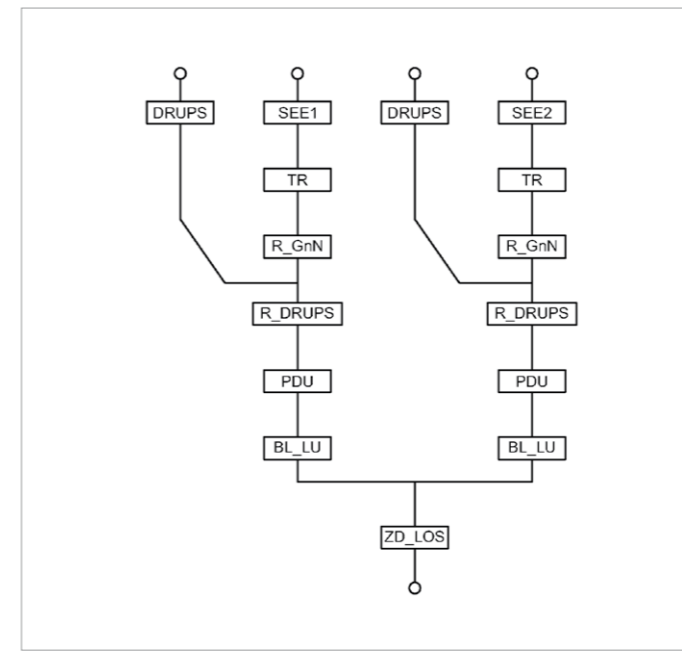
Analiza jest uproszczona – w rzeczywistości elementów jest znacząco więcej (niezawodność linii kablowych, niezawodność wyłączników, bezpieczniki, przeglądy okresowe urządzeń itd.). Zakłada się, że wszystkie elementy systemu działają podczas naprawy elementów, które uległy awarii. Zakłada się, że dla „k” elementów dostępnych jest „k” serwisantów. Przyjęto dla wszystkich elementów stały współczynnik awaryjności (po upływie zamierzonego okresu użytkowania współczynnik awaryjności miałby charakterystykę nieliniową. Ponadto założono (co jest uproszczeniem) niezależność awarii.

Warto dodać, że obiekt data center to również oprócz systemu zasilania inne systemy (ponad dwadzieścia) m.in. systemy mechaniczne, elektryczne, przeciwpożarowe oraz ochrony dostępu [12]. Pojedynczym punktem awarii jest wyłącznik awaryjny EPO, który należy szczególnie chronić zabezpieczeniami przed przypadkowym uruchomieniem). Podobnej ochronie powinny podlegać systemy ochrony przeciwpożarowej aby zapobiec przypadkowym uruchomieniom.

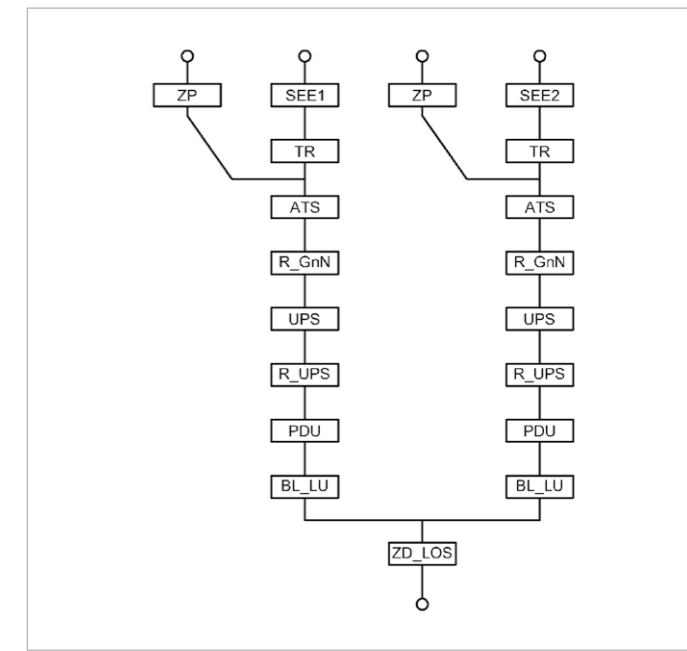
W przypadku zasilania data center zasilaczami dynamicznymi DRUPS dla połączenia 1+1 schemat blokowy niezawodności (RBD) został przedstawiony na rysunku 4. Schemat RBD zostanie odpowiednio uproszczony w celu obliczenia całkowitej dostępności systemu zasilania.

W przypadku zasilania data center zasilaczami statycznymi UPS oraz zespołami prądowórczymi dla połączenia 1+1 schemat blokowy niezawodności (RBD) został przedstawiony na rysunku 5. Schemat RBD zostanie odpowiednio uproszczony w celu obliczenia całkowitej dostępności systemu zasilania.

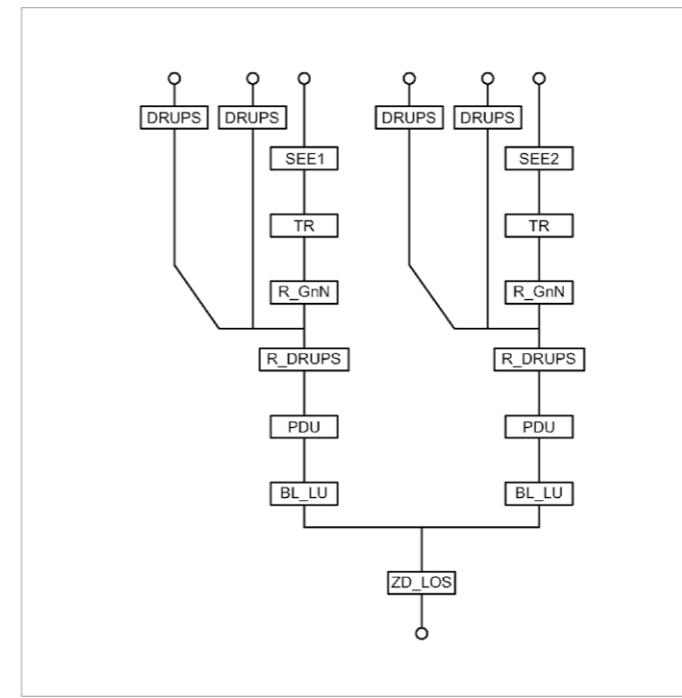
W przypadku zasilania data center zasilaczami dynamicznymi DRUPS dla połączenia 2+2 schemat blokowy niezawodności (RBD) został przedstawiony na rysunku 6. Schemat RBD zostanie odpowiednio uproszczony w celu obli-



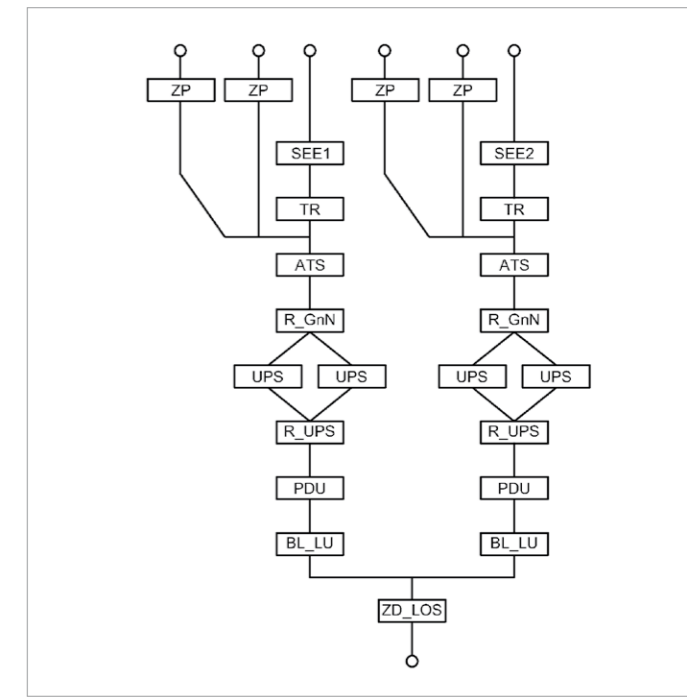
Rys. 4. Schemat blokowy niezawodności (RBD) dla połączenia 1+1 z zastosowaniem DRUPS rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski



Rys. 5. Schemat blokowy niezawodności (RBD) dla połączenia 1+1 z zastosowaniem UPS rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski



Rys. 6. Schemat blokowy niezawodności (RBD) dla połączenia 2+2 z zastosowaniem DRUPS rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski



Rys. 7. Schemat blokowy niezawodności (RBD) dla połączenia 2+2 z zastosowaniem UPS rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski

czenia całkowitej dostępności systemu zasilania.

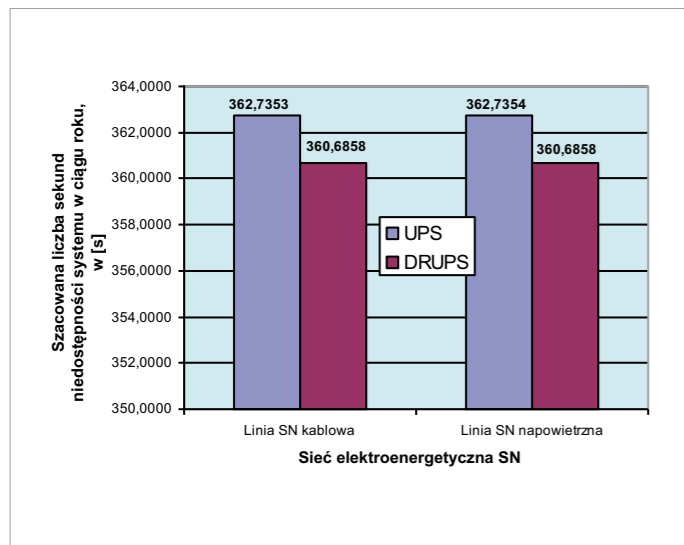
W przypadku zasilania data center zasilaczami statycznymi UPS oraz zespołami prądowórczymi dla połączenia 2+2 schemat blokowy niezawodności (RBD) został przedstawiony na rysunku 7. Schemat RBD zostanie odpowiednio uproszczony w celu obliczenia całkowitej dostępności systemu zasilania.

W kolejnym kroku po obliczeniu wartości dostępności p dla poszczególnych wariantów,

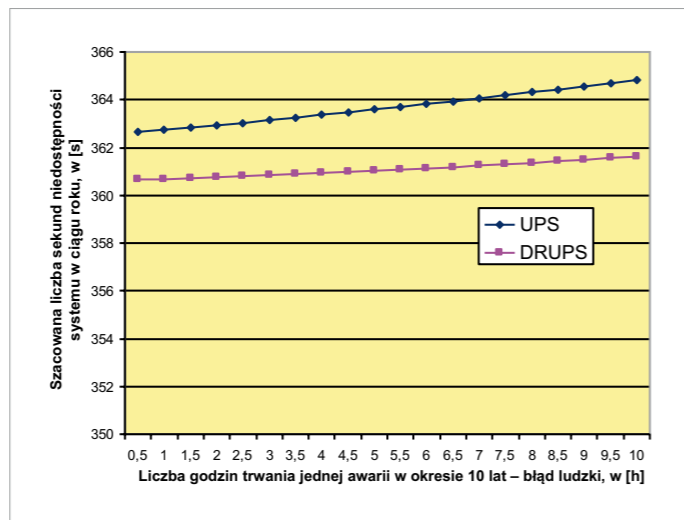
zgodnie z przedstawionym wzorem (4) obliczono czas niedostępności  $t_N$  w zależności od zastosowanego połączenia i rodzaju zasilacza. Obliczono w ten sposób jak długo w ciągu roku (statystycznie) odbiory krytyczne w data center mogą być pozbawione zasilania w energię elektryczną. Tabela 4 przedstawia podsumowanie przeprowadzonych obliczeń wartości dostępności w zależności od rodzaju połączenia i zastosowanego układu zasilania gwarantowanego oraz ro-

dzaju linii zasilającej w sieci elektroenergetycznej SN.

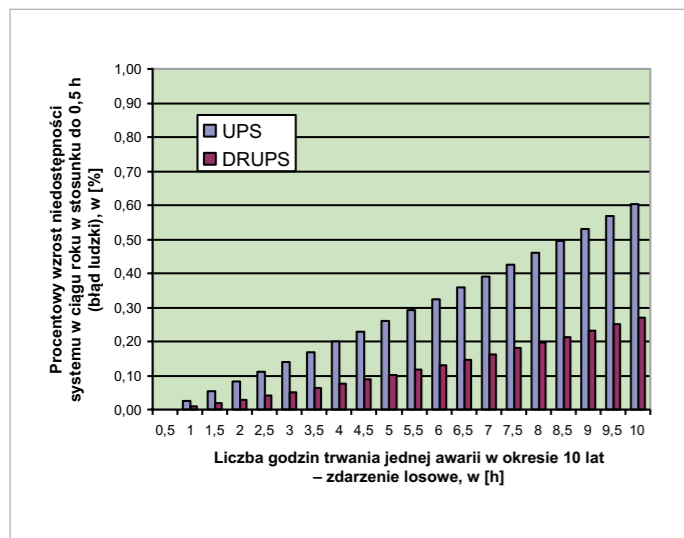
Z tabeli 4. wynika, że zamiana układu 1+1 na układ 2+2 w praktyce jest niedostrzegalna – czas niedostępności niemal nie zmienił się. Na rysunku 8. przedstawiono wpływ rodzaju linii SN zasilającej ma czas niedostępności systemu dla wariantu 1+1 w oparciu o dane z tabeli 4. Wpływ ten jest w praktyce niemal niemożliwy do wychwycenia zatem teoretycznie dostępność sieci elektroenergetycznej SN ma



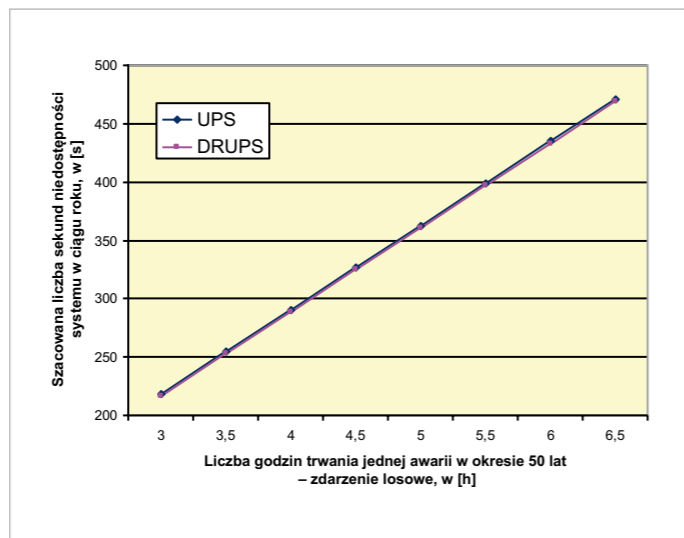
Rys. 8. Wpływ rodzaju linii SN zasilającej na czas niedostępności systemu  
rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski



Rys. 9. Wpływ liczby godzin trwania jednej awarii w okresie 10 lat (błąd ludzki) na szacowany czas niedostępności systemu w ciągu roku  
rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski



Rys. 10. Wpływ liczby godzin trwania jednej awarii w okresie 10 lat (błąd ludzki) na procentowy wzrost szacowanego czasu niedostępności systemu w ciągu roku  
rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski



Rys. 11. Wpływ liczby godzin trwania jednej awarii w okresie 50 lat (zdarzenie losowe) na szacowany czas niedostępności systemu w ciągu roku  
rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski

znikomy wpływ na dostępność zasilania odbiorców krytycznych w data center (oczywiście wg metody współczynników niedostępności). Widoczna jest natomiast różnica pomiędzy wykorzystaniem DRUPS oraz UPS – około 2 sekundy krótszy szacowany czas niedostępności w okresie 1 roku w przypadku zastosowania zasilaczy DRUPS.

Dla wariantu zasilania 1+1 oraz zasilania z sieci kablowej SN wykonano analizę wpływu zmian wartości liczby godzin niedostępności systemu z powodu awarii typu błąd ludzki (jedno zdarzenie na 10 lat o określonej liczbie godzin) na szacowaną niedostępność systemu. Na **rysunku 9**, przedstawiono wyniki – zmieniano liczbę godzin awarii z powodu błędu ludzkiego od 0,5 h do 10 h obliczając jednocześnie szacowaną liczbę sekund

niedostępności systemu w ciągu roku. Natomiast **rysunek 10** przedstawia o ile procent w stosunku do czasu awarii spowodowanym błędem ludzkim równym 0,5 h rośnie niedostępność systemu przy krokowym wydłużaniu czasu awarii spowodowanej błędem ludzkim. Różnice w wynikach (czas niedostępności) dla zasilaczy UPS i zasilaczy DRUPS są niewielkie (około 2 sekundy) i minimalnie rosną wraz z wydłużaniem czasów awarii spowodowanych błędem ludzkim. W przypadku obliczeń wzrostu procentowego czasu niedostępności systemu, wyniki wskazują na bardzo mały wpływ czasu trwania awarii z powodu błędu ludzkiego (dla czasów od 0,5 h do 10 h) na czas niedostępności systemu (dla UPS jest to wzrost o 0,61%, a w przypadku DRUPS jest to wzrost o 0,27% dla czasu 10 h w porówna-

niu do czasu 0,5 h trwania awarii na skutek błędu ludzkiego). Wydłużając czas od 0,5 h do 10 h dla UPS niedostępność wzrasta o 2,192 sekundy, a dla DRUPS niedostępność wzrasta o 0,976 sekundy. Zatem wpływ czasu trwania awarii z powodu błędu ludzkiego na niedostępność systemu jest minimalnie mniejszy w przypadku wykorzystania DRUPS w porównaniu z wykorzystaniem UPS (krzywa na **rysunku 9**, rośnie szybciej w przypadku zasilaczy UPS).

Dla wariantu zasilania 1+1 oraz zasilania z sieci kablowej SN wykonano również analizę wpływu zmian wartości liczby godzin niedostępności systemu z powodu awarii typu zdarzenie losowe (jedno zdarzenie losowe na 50 lat o określonej liczbie godzin) na szacowaną niedostępność systemu. Na **rysunku 11**,

przedstawiono wyniki – zmieniano liczbę godzin awarii z powodu zdarzenia losowego od 3 h do 6,5 h obliczając jednocześnie szacowaną liczbę sekund niedostępności systemu w ciągu roku. Natomiast **rysunek 12**, przedstawia o ile procent w stosunku do 3 h rośnie niedostępność systemu przy wydłużeniu czasu awarii spowodowanej zdarzeniem losowym. Różnice w wynikach (czas niedostępności) dla zasilaczy UPS i zasilaczy DRUPS są niewielkie (około 2 sekundy). W przypadku obliczeń wzrostu procentowego czasu niedostępności systemu, wyniki wskazują na bardzo silny wpływ czasu trwania awarii z powodu zdarzenia losowego (dla czasów od 3 h do 6,5 h) na czas niedostępności systemu (dla UPS jest to wzrost o 131,91%, a w przypadku DRUPS jest to wzrost o 133,16%). Wynika to z faktu, że zdarzenie losowe jest elementem końcowym w strukturze szeregowej schematu RBD tuż przy odbiorach. Zatem stanowi pojedynczy punkt krytyczny. W przypadku wpływu czasu trwania awarii z powodu zdarzenia losowego obie krzywe na **rysunku 11**, mają taką samą dynamikę wzrostu czasu niedostępności systemu wraz z wydłużaniem czasu trwania awarii z powodu zdarzenia losowego.

### Wnioski z analizy ekonomicznej

Analiza ekonomiczna przeprowadzona dla połączenia 1+1, 1+2 oraz 2+2 w ciągu 12 lat użytkowania pokazuje niewielką różnicę w kosztach na korzyść zasilaczy dynamicznych DRUPS. Porównanie kosztów całkowitych z uwzględnieniem kosztów zakupu trzech wariantów połączeń w przypadku eksploatacji zasilaczy statycznych UPS oraz zasilaczy dynamicznych DRUPS wskazuje, że systemy z zastosowaniem UPS są droższe o niecałe 12% od systemu z zasilaczami DRUPS. Należy jednak podkreślić, że dużo zależy od przyjętych założeń (koszty konserwacji, przeglądów, lokalizacja czyli koszty powierzchni biurowej, branie pod uwagę lub nie kosztów utylizacji baterii, bezpłatne przeglądy przez okres kilku lat w niektórych opcjach sprzedaży itd.) zatem można, że różnica nie jest duża. W pewnych przypadkach wynik analizy może być również odwrotny czyli wykazywać lekką przewagę wykorzystania zasilaczy UPS.

Warto też podkreślić, że żywotność zasilaczy DRUPS wynosi ponad 20 lat. W przypadku DRUPS czynności okresowych jest również znacznie mniej.

Nieco większa kwota w okresie 12 lat w przypadku UPS wynika głównie z ceny baterii akumulatorów, które dodatkowo wymagają sporej powierzchni ich wymiany i utylizacji oraz systemu klimatyzacji, który pochłania energię elektryczną. W przypadku DRUPS bardzo dużym wydatkiem jest konserwacja i generalny remont silnika Diesla.

Atutem zasilaczy DRUPS jest mniejsza wykorzystywana powierzchnia i brak kosztów klimatyzacji oraz brak baterii akumulatorów, co znacznie redukuje koszty operacyjne – w przypadku zasilaczy DRUPS koszty operacyjne są nieco mniejsze. Natomiast roczne koszty serwisowe są nieco mniejsze w przypadku zasilaczy UPS. W obu przypadkach różnice są dość niewielkie.

### Wnioski z analizy technicznej

Przedstawiona analiza techniczno-ekonomiczna ilustruje różnice wynikające z zastosowania zasilaczy UPS i DRUPS w celu zapewnienia bezprzerwowego zasilania obiektu typu data center. Podczas projektowania takiego zasilania należy przede wszystkim określić jak wysoki stopień niezawodności jest wymagany i wtedy dokonać odpowiedniego wyboru.

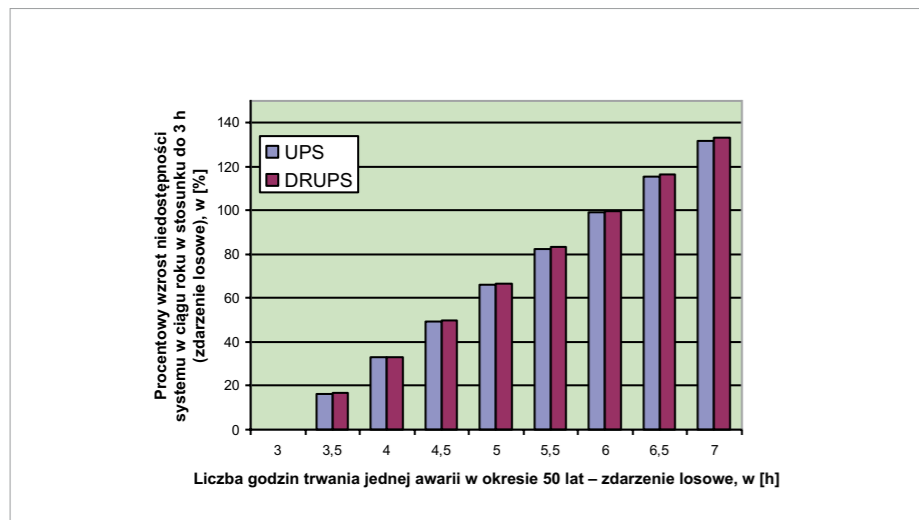
REKLAMA

**elektro info** Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

Ochrona odgromowa i przepięciowa budynków

Dostępne od ręki o każdej porze i bez względu na to, gdzie jesteś!

[www.kursy.elektro.info.pl](http://www.kursy.elektro.info.pl)



Rys. 12. Wpływ liczby godzin trwania jednej awarii w okresie 50 lat (zdarzenie losowe) na procentowy wzrost szacowanego czasu niedostępności systemu w ciągu roku rys. P. Piotrowski, P. Bassak, M. Piotrowski

Duże firmy internetowe, banki itp. które nie mogą sobie pozwolić nawet na najmniejsze zakłócenia w prawidłowej pracy być może wybiorą konfigurację najbardziej rozbudowaną czyli 2+2, która mimo największej ceny zapewni najwyższy poziom niezawodności. W przypadku małych serwerowni o małej mocy zastosowanie w praktyce zasilacze statyczne UPS mają zastosowanie z uwagi na brak jednostek DRUPS o małych mocach. DRUPS ma przewagę w mniejszych kosztach ale gdy zastosowania na moc jest duże i można zastosować zasilacz tego typu w systemie gwarantowanego zasilania.

Z uzyskanych wielowariantowych obliczeń wynika, że w każdym z przedstawionych układów połączeń uzyskano dostępność instalacji na poziomie Tier IV. Według kategorii opracowanych przez Uptime Institute minimalna wymagana dostępność dla Tier IV to 99,995% (do 4h przerwy w okresie 5 lat). Układ 2+2 zarówno dla UPS i DRUPS to najbardziej niezawodna konfiguracja z analizowanych ponieważ składa się z czterech jednostek zasilających, z których każda może w pełni przejąć na siebie zasilanie obiektu typu data center.

Z obliczeń dostępności wynika, że dla przyjętych założeń nieco większą niezawodność zasilania zapewnia system z zasilaczami dynamicznymi DRUPS (około 2 sekundy) w stosunku do wykorzystania zasilaczy UPS z zespołami prądowórczymi. Dostępność statycznych systemów UPS jest więc nieco mniejsza, od systemów z DRUPS, w każdym z dwóch rodzajów połączenia zasilaczy (2+2 oraz 1+1). Warto dodać, że firma Eaton, posiada w ofercie zasilacz 9595P o mocy 1200 kVA ze znacznie większymi wartościami MTBF niż w przeprowa-

dzonej analizie – dla zasilacza z podwójną konwersją MTBF wynosi 251 964 h, a dla trybu Eco MTBF wynosi 519 140 h. Co stanowi przesłankę do wykonania kolejnej porównawczej analizy niezawodnościowej.

Lepszy wynik uzyskany dla zasilaczy DRUPS może wynikać z kilku przyczyn. Po pierwsze DRUPS w strukturze niezawodnościowej stanowi element równoległy dołączony do układu nieco bliżej odbiorów IT niż zasilacz prądowórczy stanowiący połączenie równoległe bezpośrednio z zasilaniem z sieci SN czyli na początku schematu niezawodnościowego. Z drugiej strony parametr MTBF zasilacza DRUPS jest znacząco większy (ponad 7 razy) niż zasilacza UPS. Kolejnym elementem jest brak ATS/STS w strukturze niezawodnościowej z zasilaczami DRUPS – zatem jest mniej elementów w strukturze szeregowej obniżającej niezawodność. Intuicyjnie patrząc wydaje się, że wynik dostępności struktury z wykorzystaniem DRUPS został niedoszacowany wykorzystaną metodą obliczania niezawodności systemu – różnica na korzyść DRUPS w stosunku do UPS powinna być sporo większa niż około 2 sekundy. Metoda szacowania niezawodności RBD nie jest zatem idealna. Korzystniejsza powinna być metoda np. symulacyjna (skomplikowana, pracochłonna i wymagająca bardzo wielu unikalnych danych) zamiast metody analitycznej. Analiza wykazała ponadto duże znaczenie odległości elementu w schemacie niezawodnościowym od odbioru. Im bliżej odbioru i element jest połączony szeregowo tym jego wpływ na dostępność systemu rośnie. Analiza wykazała znikomy wpływ dostępności sieci SN (linia kablowa kontra linia napowietrzna o znacznie mniejsze dostępności) czyli elementu na początku schematu nie-

zawodności RBD, dostrzegalny wpływ błędu ludzkiego oraz bardzo silny wpływ zdarzenia losowego na dostępność całego systemu.

W różnych analizach dostępności systemów data center z wykorzystaniem układów zasilania stosowanych dla kategorii Tier IV wyniki dostępności bywają odmienne. Wydaje się, że jest to związane ze stopniem szczegółowości danej analizy. Spotkać można w literaturze dostępność takich systemów od 0,999986 (cztery „9”) do 0,9999956 (pięć „9”). Wynik może też zależeć od tego jaki fragment całości jest rozważany [24, 25]. W przypadku zawężenia analizy do fragmentu układu np. tylko okolice UPS połączonych równoległe, wynik może wzrosnąć nawet do 0,999999977% (siedem „9”). Zatem im większą część systemu zasilania brana jest pod uwagę w analizie oraz im bardziej rośnie liczba elementów branych pod uwagę wtedy spodziewać można się zmniejszenia liczby „9” do tej podanej w specyfikacji Tier IV (0,99995 – cztery „9”). Patrząc globalnie na obiekt typu data center i dostępność do systemu informatycznego (pojęcie szersze – system informatyczny może być niedostępny pomimo dostępności systemu zasilania) to wg wielu źródeł błąd ludzki stanowi do 70% przyczyn niedostępności systemu informatycznego. Zatem wysokie kwalifikacje pracowników, jakoś i solidność ich pracy są znaczącym elementem niezawodności całości infrastruktury obiektu data center. Oszczędności na kosztach konserwacji, przeglądów okresowych, wynagrodzeniu pracowników itd. mogą być zatem złym wyborem biorąc pod uwagę często bardzo duże straty spowodowane niedostępnością systemu informatycznego data center nawet przez bardzo krótki okres czasu.



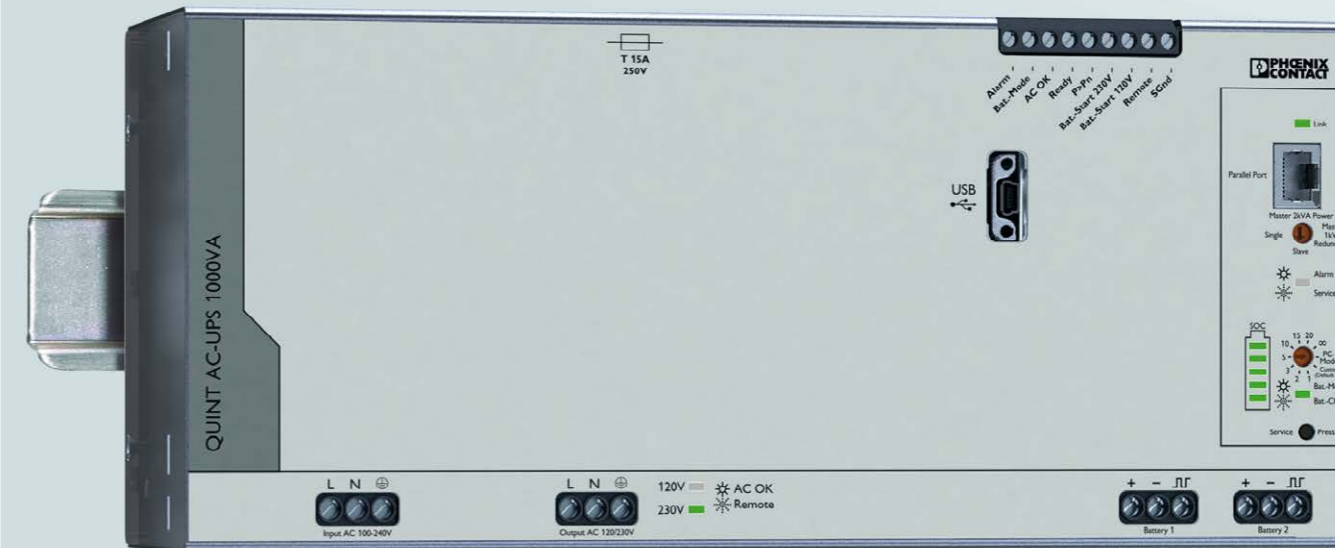
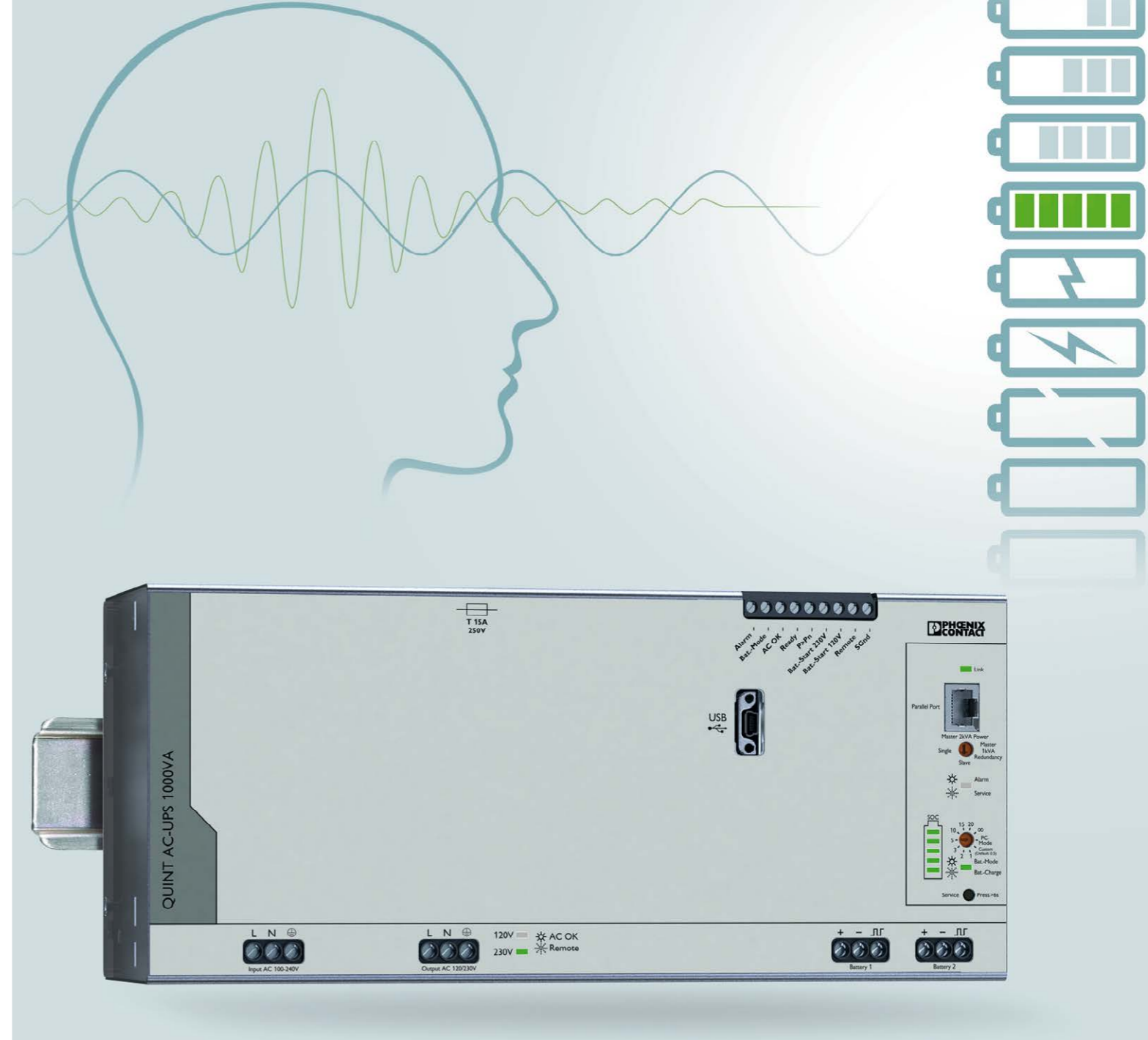
literatura do artykułu na [elektro.info.pl](http://elektro.info.pl)

#### ABSTRACT

Technical and economical analysis of the use of dynamic uninterruptible power supplies UPS type DRUPS in guaranteed power supply systems in data center objects – part 2.

The two parts paper presents technical and economical analysis of the use of dynamic uninterruptible power supplies UPS type DRUPS in guaranteed power supply systems in data center objects. The final conclusions have been formulated from executed analysis.

**Keywords:** DRUPS, UPS, guaranteed power supply, data center.



## 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 równoległe w celu redundancji lub zwiększenie mocy.

Aby uzyskać więcej informacji, zadzwoń pod numer **71 39 80 410** lub wejdź na stronę [phoenixcontact.pl](http://phoenixcontact.pl)

# Zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych

Przy projektowaniu układów zasilania budynków służby zdrowia pojawia się szereg wątpliwości wynikających z oczekiwanego poziomu niezawodności dostaw energii elektrycznej oraz poziomu bezpieczeństwa przeciwporażeniowego. Artykuł stanowi próbę przybliżenia metodyki zasilania tych obiektów.

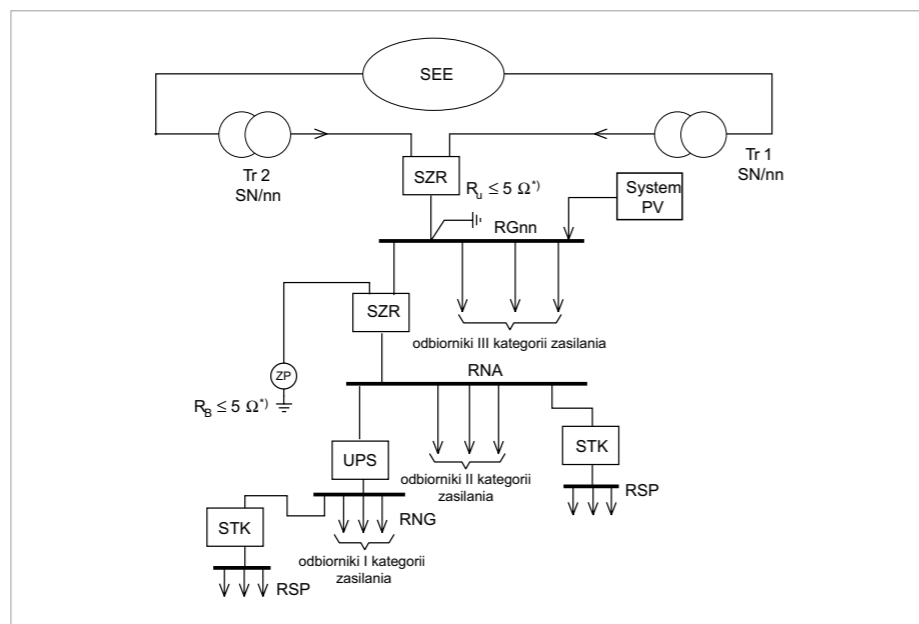
Zawarte w nim wytyczne będą pomocne przy projektowaniu zasilania z wykorzystaniem sprzętu polecanego dla szpitali oferowanego przez kilku producentów

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 2019 roku poz. 1065 z późniejszymi zmianami) [1]. Zgodnie z § 181 pkt 1 ww. rozporządzenia [1]:

*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 prądowców.*

Są to bardzo ogólne wymagania, które nie precyzują wymagań w zakresie niezawodności zasilania oraz metodyki projektowania układów zasilania. 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) [2]. 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



Rys. 1. Schemat blokowo-ideowy zasilania budynku: **kategoria III** – długotrwała przerwa w zasilaniu nie powoduje wystąpienia negatywnych skutków w postaci zagrożenia życia lub dużych strat w materiałach, **kategoria II** – dopuszcza się krótką przerwę niezbędną na uruchomienie zespołu prądowców, **kategoria I** – nie dopuszcza się żadnej przerwy w zasilaniu, **STK** – stacja telekomunikacyjna ac/dc, **RNR** – rozdzielnicza napięcia rezerwowanego, **RNG** – rozdzielnicza napięcia gwarantowanego, **SEE** – System Elektroenergetyczny rys. J. Wiatr

oraz przypisane im źródła zasilania wynika z przyjętego w gospodarce elektroenergetycznej podziału na kategorie zasilanych odbiorników. Widoczny na rysunku 1. pojedynczy zespół prądowców oraz pojedynczy zasilacz UPS, w zależności od potrzeb może być projektowany w układzie redundantnym lub w układzie pracy równoległej. W odniesieniu do obiektów służby zdrowia znajduje zastosowanie Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 marca 2019 roku, w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą (DzU z 2019 roku poz. 556) – źródłem zasilania awaryjnego powinien być zespół prądowców, zapewniający pokrycie co najmniej 30% mocy szczytowej oraz zasilacze UPS zapewniające odpowiedni poziom bezpieczeństwa zasilanych odbiorników.

## 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 powyższym, 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 z różnych GPZ-tów, a 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 prądowców (ZP) stanowiącym awaryjne źródło zasilania.

Z drugiego SZR zasilanie należy doprowadzić do rozdzielniczy RNR – do której przyłączone są odbiorniki II kategorii zasilania. Do odbiorników tej kategorii należy zaliczyć ogólne sale chorych, apteki, korytarze, windy, oświetlenie ogólne itp. Dla odbiorników nieszpitalnych zaliczonych do II kategorii dopuszcza się czas przerwy w zasilaniu do 60 sekund (tj. czas niezbędny dla dokonania samorozruchu 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 i eksploatacji ZP oraz zasilaczy UPS. Zakwalifikowanie sal operacyjnych, OIOM-u 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 bezprzerwy 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 nastawne pracowni rentgenowskich, przygotowane lekarzy w bloku operacyjnym itd.). Zgodnie z publikacją [7] 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, okulistyki, gabinetów 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** [11], prawa budowlanego, rozporządzeń wykonawczych oraz cech osobniczych człowieka chorego i jego podatności na działanie prądu elektrycznego.

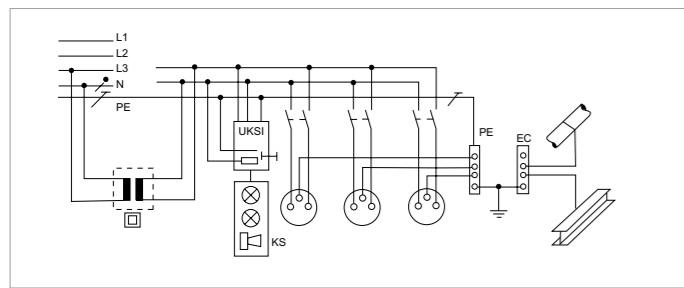
Wszystkie pomieszczenia muszą mieć podłogi o rezystancji  $R_g \geq 50 \text{ k}\Omega$ , a urządzenia w nich zainstalowane powinny posiadać ochronę przy uszkodzeniu. Instalacja odbiorcza musi być wykonana w systemie TN-S, mieć połączenia wyrównawcze i być chroniona przed przecięzeniami i zwarciami, 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 przeciężeń lub zwarc.

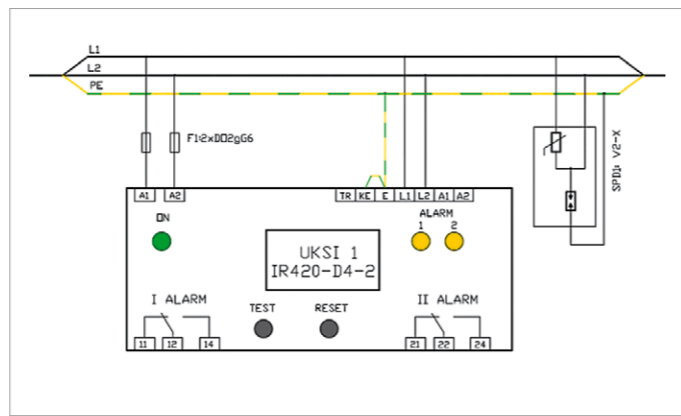
Spśród pięciu dostępnych systemów zasilania (TN: TN-S, TN-C-S, TN-C, TT oraz IT) tylko system IT może podobać tym wymaganiom. Układ ten buduje się z wykorzystaniem jednofazowych transformatorów separacyjnych ze stałą kontrolą stanu izolacji np. ES710 produkcji firmy Bender. Każde pomieszczenie lub grupa 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 kilka sieci elektromedycznych zasilanych z osobnych transformatorów o mocach dobranych do potrzeb zasilanych odbiorników (zgodnie z normą PN-HD 60364-7-710:2012 [10] transformatory elektromedyczne nie mogą być łączone równoległe). Przykładowe rozwiązania układów zasilania zostały zamieszczone w publikacji [15].

## Układ zasilania IT

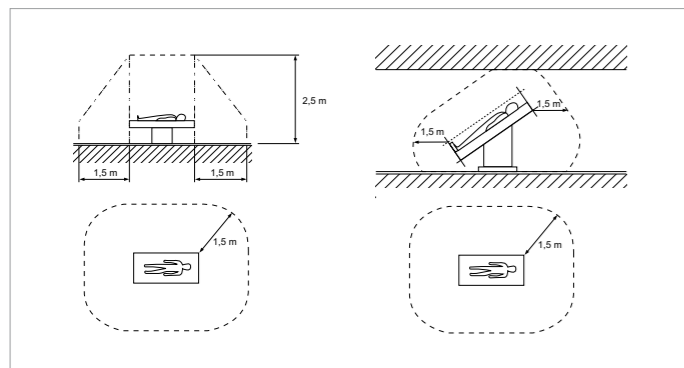
W odróżnieniu od układów TN, w których jeden przewód ma potencjał ziemi, a pozostałe są pod napięciem 230V, układ IT charakteryzuje się odizolowanym punktem neutralnym.



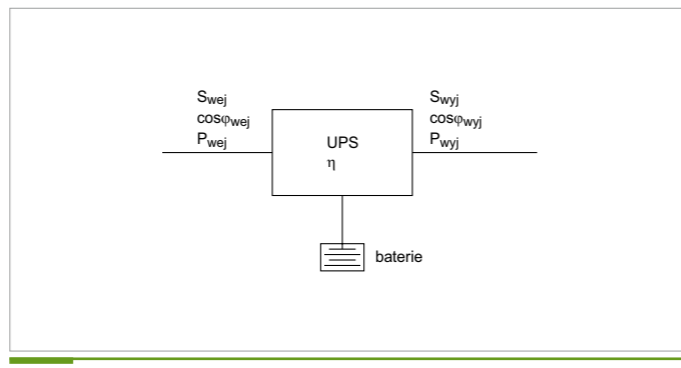
Rys. 2. Schemat instalacji dla pomieszczeń grupy 2 [4], gdzie: UKSI – układ kontroli stanu izolacji (reagujący na zmniejszenie się poziomu izolacji poniżej 50 kΩ), z przyciskiem kontrolnym, KS – kasetka ze wskaźnikiem świetlnym i akustycznym (lampka zielona – stan prawidłowy, lampka pomarańczowa i brzęczyk – stan awaryjny), PE – przewód ochronny – szyna połączeń ochronnych urządzeń elektrycznych, EC – szyna połączeń wyrównawczych obcych mas metalowych rys. J. Wiatr



Rys. 4. Przykład UKSI wraz z przyłączonym ogranicznikiem napięcia CCX-2 [16]



Rys. 3. Bezpośrednie otoczenie pacjenta [7]



Rys. 5. Opis mocy wejściowej i wyjściowej w zasilaczu UPS [8], gdzie: W – współczynnik zniekształceń; η – sprawność zasilacza

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.

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 jednobiegunowego,
- » małe wymagania oporności uzemięć ochronnych.

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

W celu uniknięcia zgorzeń powstającym przy podwójnym zwarciu, w obiektach służby zdrowia zasilanych w układzie IT dopuszcza się jedynie układy jednofazowego zasilania.

Miejscom szczególnego zagrożenia są sale operacyjne i inne pomieszczenia szpitalne,

w których wykonuje się zabiegi za pomocą aparatów elektromedycznych z pominięciem wierzchniej warstwy naskórki, 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 μA.

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 naskórki (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 zwarciowymi, a przypadkowe przeciążenia powinny być natychmiast sygnalizowane. Odporność na krótkotrwałe przeciążenie uzyskuje się przez stosowanie transformatorów separacyjnych o uzwojeniach z przewodami o zwiększonym przekroju, wykonanych w II klasie ochronności.

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 upływem mogąącym spowodować mikroporażenie. Mogą również doprowadzić do wyłączenia napięcia w trakcie zabiegu, co nigdy nie powinno nastąpić.

Wyłączniki różnicowoprądowe muszą być natomiast stosowane jako zabezpieczenia przewodnych aparatów rentgenowskich i mogą być stosowane do zabezpieczania odbiorników o mocy ponad 5 kVA zainstalowanych na stałe, obwodów gniazdek, które nie mogą mieć zasto-

sowania 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 uzemięć.

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, ekran itp.) – z szyną EC. Obydwie szyny PE i EC powinny być ze sobą połączone w sposób łatwy do rozłączenia i uzziemione.

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

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.

Bardzo ważnym elementem jest ochrona napięciowa w instalacjach zasilanych przez elektromedyczny transformator separacyjny. Zastosowanie ogranicznika napięcia, który łączy przewody dołączone do zacisków transformatora przez warystor, który poprzez iskiernik jest połączony z uzziemionym przewodem PE. Takie rozwiązanie umożliwia ograniczenie napięcia oraz neutralizację ładunków elektrostatycznych.

Schemat UKSI z przyłączonym ogranicznikiem napięcia typu VCX-2 przedstawia rysunek 4.

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<sub>z</sub> należy przyjmować 25% rezerwy w celu skompensowania chwilowego wzrostu mocy lub ewentualnych błędów jej oszacowania.

Ponieważ zasilacz UPS musi pokryć zapotrzebowanie mocy czynnej P<sub>z</sub> oraz mocy biernej Q<sub>z</sub>, w przypadku gdy UPS konwertuje energię przy współczynniku mocy cos φ<sub>z</sub> < cos φ<sub>nUPS</sub>, zmniejsza się zdolność wykorzystania mocy czynnej UPS ze względu na możliwości przełączeniowe układu półprzewodnikowego falownika. Falownik zasilacza UPS zasilający odbiorniki posiada ograniczenia wydajności mocy czynnej związanej z kształtowaniem przebiegu napięcia przy poborze prądu odbiorników zarówno o charakterze pojemnościowym jak i indukcyjnym, czyli cos φ<sub>nUPS</sub>, zatem w przypadku wytwarzania energii elektrycznej przy współczynniku cos φ<sub>z</sub> < cos φ<sub>nUPS</sub> skutkuje zmniejszeniem jego wykorzystania. Względne obciążenie zasilacza UPS mocą czynną można określić współczynnikiem wykorzystania, który należy obliczyć z poniższego wzoru [4]:

$$p = \frac{\cos \phi_z}{\cos \phi_{nUPS}} \quad (1)$$

Wymagana minimalna moc czynna zasilacza UPS musi spełniać następującą nierówność:

$$P_{UPSmin} \geq \frac{P_z}{p} \quad (2)$$

Obliczony ze wzoru (1) współczynnik wykorzystania „p”, należy podstawić do wzoru (2). W przypadku, gdy p ≥ 1, do wzoru (2) należy wstawić wartość „1”. Wartość współczynnika mocy cos φ<sub>nUPS</sub> należy przyjąć zgodnie z DTR zasilacza UPS. W przypadku braku informacji w tym zakresie można przyjmować cos φ<sub>nUPS</sub> = 0,8 dla

zasilaczy UPS o konstrukcji transformatorowej lub cos φ<sub>nUPS</sub> = 0,9 dla zasilaczy beztransformatorowych z falownikiem IGBT oraz cos φ<sub>nUPS</sub> = 1 dla falowników wielostopniowych. Moc pozorna zasilacza UPS musi spełniać następującą nierówność:

$$S_{nUPS} \geq \frac{P_{UPSmin}}{\cos \phi_{nUPS}} \quad (3)$$

gdzie:

P<sub>UPSmin</sub> – minimalna moc czynna, jaką musi pokryć generator zespołu prądotwórczego, w [kW],  
cos φ<sub>nUPS</sub> – znamionowy współczynnik mocy zasilacza UPS, w [-] (wartość cos φ<sub>nUPS</sub> należy przyjmować na podstawie DTR producenta UPS).

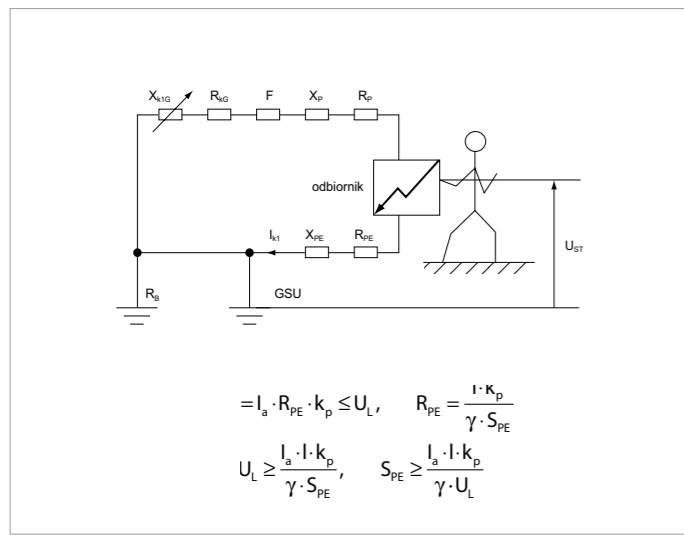
W przypadku gdy zasilacz służy do zasilania urządzeń z dużym prądem rozruchowym, za podstawę doboru mocy należy przyjmować prądy rozruchowe tych urządzeń, które nie mogą przekraczać wartości prądu znamionowego zasilacza UPS z uwzględnieniem jego chwilowego przeciążenia określonego w DTR producenta. Nieco problemu w tym zakresie może nastąpić transformator elektromedyczny, którego prądy rozruchowe zgodnie katalogiem producenta mogą wynosić: I<sub>r</sub> = 12·I<sub>n</sub> (gdzie: I<sub>n</sub> – 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 skutkowało by 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.

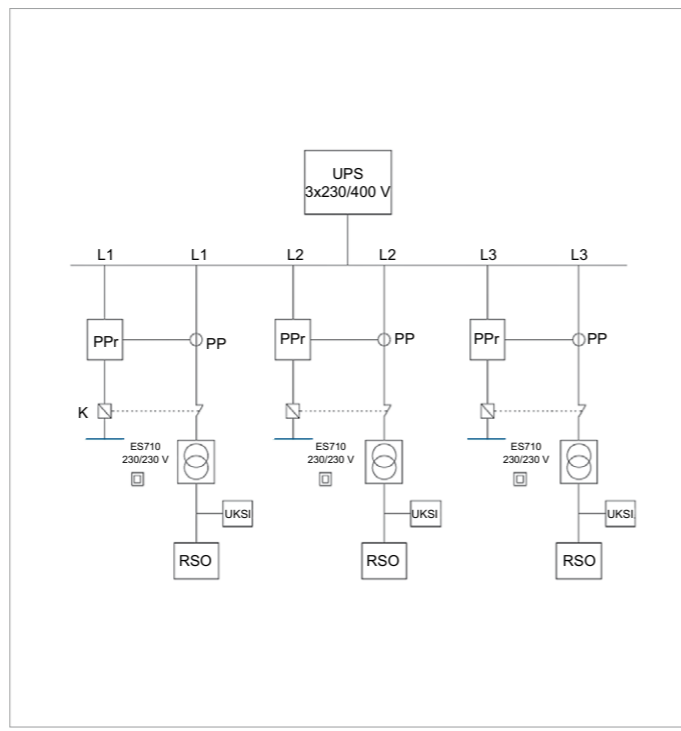
Jest to jednoznaczne z wyeliminowaniem akumulatorów z toru zasilania na czas rozruchu transformatora, który trwa bardzo krótko i jest realizowany w warunkach niezagrażających życiu pacjentów. Należy jednak mieć świadomość, że w takim przypadku również występu-

Model UPS	Masterys IP+					Masterys GP				Delphys GP
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 zwarciowa przykładowych zasilaczy UPS podczas pracy z baterii, iloczyn prądu i napięcia



Rys. 6. 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 zsiłnia uzemiająca,  $S_{PE}$  – 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 N SEP 005 [13] – w warunkach normalnych (niepożarowych  $k_p = 1$ ),  $I$  – długość przewodu łączącego odbiornik z GSU,  $I_a$  – prąd wyłączający zabezpieczenie w czasie wymaganym przez normę,  $R_{PE}$  – rezystancja przewodu ochronnego,  $\gamma$  – konduktywność przewodu ochronnego łączącego chroniony odbiornik z GSU rys. J. Wiatr



Rys. 7. Uproszczony układ zasilania bloku operacyjnego z wykorzystaniem trójfazowego zasilacza UPS rys. J. Wiatr

ją 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 przedstawia **tabela 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 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, co oznacza, że moc pozorna nie może być określona jako 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 falownikami wykonanym w technologii IGBT są odporne na niesymetrię obciążenia wyjściowego. Zależność mocy wyjściowej oraz mocy wyjściowej przedstawia **rysunek 5**.

Osobnym problemem jest wymagany czas podtrzymania zasilania przy pracy baterijnej. 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 30 s 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 12101-10:2007 [14] wynosi 15 s).

Zgodnie z normą IEC 60364-7-710:2012 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-710. Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pomieszczenia medyczne* [10]. Wymagany czas pracy zasilacza UPS wynosi:

- » bez współpracy z zespołem prądotwórczym – **3 godziny**,
- » przy współpracy z zespołem prądotwórczym – **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.

Dobór zabezpieczeń zasilacza UPS na jego wejściu jest uzależniony od wartości mocy potrzebowanej 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 nadprądowym 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

Należy dobrać zasilacz UPS do zasilania urządzeń elektrycznych poprzez transformator elektromedyczny ES710/8000 o następujących parametrach  $U_{n1}/U_{n2} = 230V/230V$ ;  $S_n = 8000VA$ ; 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 wy-

maga 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-czasowa 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 baterijnej musi gwarantować wydatek prądowy wynoszący więcej niż 36 A. Moc wyjściowa zasilacza w takim przypadku musi wynosić nie mniej niż:

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

Zabezpieczenie toru przekształtnika, przy założeniu współczynnika mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki przyłączone do transformatora elektromedycznego  $\cos \varphi = 0,9$ , czyli  $P_2 = 100000,9 = 9000 \text{ W}$ :

$$P_{\text{wejUPS}} = \frac{P_2}{W \cdot \eta} + \frac{0,25 \cdot P_2}{W} = \frac{9000}{0,9 \cdot 0,95} + \frac{0,25 \cdot 9000}{0,9} = 13026,4 \text{ W}$$

$$I_{b\text{UPS}} = \frac{P_{\text{wejUPS}}}{U_{nT} \cdot \cos \varphi} = \frac{13026,4}{230 \cdot 0,9} = 62,93 \text{ A}$$

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

### Ochrona od porażenia w obwodach zasilanych przez UPS

W newralgicznych pomieszczeniach elektromedycznych, takich jak blok operacyjny lub OIOM, ze względu na wymaganą wysoką niezaw-



UPS GT S 31 Rack/Tower 20 kVA przeznaczony do zasilania urządzeń medycznych fot. Grupa Romi

wodność zasilania zabronione jest stosowanie wyłączników różnicowoprądowych. Zdolność zwarciową 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 [11].

Dla przykładu zasilacz o mocy 60 kVA gwarantuje prąd zwarciowy z baterii o wartości 520 A przez czas nie dłuższy od 100 ms, podczas gdy prąd zwarciowy gwarantujący nieprzekroczenie dopuszczalnego czasu trwania zwarcia, w jakim nastąpić powinno samoczynne wyłączenie, nie powinien przekraczać wartości 2400 A. Stan ten nie gwarantuje zapewnienia skutecznej ochrony od porażenia realizowanej przez samoczynne wyłączenie. Ograniczenie prądu zwarciowego 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 napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwałe  $U_L$ . Postępowanie takie jest zgodne z normą [11], a sposób realizacji tego zalecenia (przy uproszczonym założeniu:  $Z_{PE} \approx R_{PE}$ ) wyjaśnia **rysunek 6**. Dokładna analiza **rysunku 6**, oraz zamieszczonych przy nim wzorów prowadzi do oceny dwóch przypadków:

» 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 długotrwałe  $U_L$ ?

» jeżeli  $I_k \geq I_a$  – czy nastąpi samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym od okre-

ślonego w normie PN-HD 60364-4-41:2009 (2017-09)?

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

W przypadku zastosowania zasilacza trójfazowego do zasilania w ramach jednej sali operacyjnej lub OIOM należy wykorzystywać jedną fazę. W celu uniknięcia przejścia na bypass przy przeciążeniu jednej z faz, co spowoduje utratę gwarancji zasilania w całej zasilanej instalacji, obwody odbiorcze w poszczególnych fazach należy wyposażać w przekaźniki priorytetu, które wyeliminują fazę uszkodzoną zapewniając utrzymanie zasilania gwarantowanego w instalacjach zasilanych z pozostałych faz. Przykład takiego układu przedstawia **rysunek 7**.

W przypadku zastosowania zasilacza UPS GT S 31 Rack/Tower 20 kVA przeznaczonego do zasilania urządzeń medycznych, 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  $I_k < I_a$ , ulega utracie bezpieczeństwa zasilania w fazach nieobjętych zwarcieniem. W celu wyeliminowania fazy objętej zwarcieniem 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 zwarcieniem w czasie jak najkrótszym od jego powstania, lecz nie dłuższym od 5 sekund. Układ automatyki zabezpieczeniowej należy wówczas projektować przed transformatorem elektromedycznym.





# Dobór zasilacza UPS do trudnych warunków eksploatacji

Zasilacze UPS to urządzenia energoelektroniczne zapewniające bezprzerwową pracę urządzeń wrażliwych na przerwy w zasilaniu, wahania napięcia oraz zakłócenia występujące w sieci zasilającej. Przy projektowaniu danego systemu należy uwzględnić typ zasilacza, biorąc pod uwagę jego niezawodność oraz sposób przyłączenia odbiorników i ich grup. W fazie przygotowania projektu należy wziąć pod uwagę znaczenie poszczególnych odbiorników i wymagany czas podtrzymania zasilania [1, 2]. Praca niektórych z nich może być zakończona bezpośrednio po zaniku zasilania podstawowego. Inne natomiast muszą pracować przez wiele godzin, aby zapewnić bezpieczeństwo obiektu o znaczeniu krytycznym.

Dodatkowo praca każdego UPS-a powinna być monitorowana [2, 3]. Czasem zdarza się, że zasilacze UPS muszą pracować w temperaturach od -20 do 40°C. Wówczas przy ujemnych temperaturach spada pojemność akumulatorów i konieczne jest zapewnienie ogrzewania, czego przykładem może być siłownia telekomunikacyjna. Natomiast zbyt wysoka temperatura ogranicza prąd oraz zmniejsza żywotność akumulatorów i konieczne jest zapewnienie wydajnej wentylacji. Innym przykładem zasilaczy, które muszą pracować w ekstremalnych warunkach, są zasilacze UPS stosowane w obiektach jądrowych, które oprócz wysokiej niezawodności muszą być również odporne na wstrząsy wywołane trzęsieniem ziemi lub wybuchem.

## Siłownia telekomunikacyjna

Siłownia telekomunikacyjna (STK) o napięciu znamionowym na wyjściu 48 Vdc stanowi źródło napięcia gwarantowanego przeznaczone do zasilania odbiorników stałoprądowych systemów telekomunikacyjnych. Podczas zwarcia zachowuje się jak źródło prądowe. Natomiast w czasie normalnej eksploatacji zapewnia dostawę mocy o stałej wartości wymaganej przez zasilane odbiorniki. Podstawowym elementem wyposażenia STK są zasilacze stałoprądowe gwarantujące dostawę mocy zapotrzebowanej przez zasilane odbiorniki oraz baterie akumulatorów stanowiące źródło energii umożliwiające pracę zasilanych odbiorników w przypadku przerwy w dostawie energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej [4].

STK jest zasilana z sieci elektroenergetycznej, w zależności od mocy zapotrzebowanej, napięciem 230 V lub 3x230/40 0V. Układ zasilania STK z sieci elektroenergetycznej należy projekto-

wać zgodnie z zasadami projektowania odbiorników przemiennoprądowych. Układ zasilania STK z sieci elektroenergetycznej stanowi końcowy element projektu układu systemu zasilania napięcia gwarantowanego odbiorników przyłączonych do wyjścia siłowni. Dobór STK należy rozpocząć od określenia mocy zapotrzebowanej przez odbiorniki stałoprądowe. Następnie na podstawie kart katalogowych producenta akumulatorów należy przyjąć typ oraz pojemność pojedynczego akumulatora. W kartach katalogowych producent akumulatorów podaje, oprócz podstawowych danych znamionowych i krzywej odciążenia określającej graniczne napięcie rozładowania  $U_k$  przy określonym prądzie, również charakterystyki stałoprądowe oraz stałomocowe rozładowania. Więcej szczegółów dotyczących zasilania z siłowni telekomunikacyjnych znajdzie czytelnik w publikacji [4].

## Zasilanie obiektów jądrowych

Na podstawie art. 36c ust. 3 ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe (Dz.U. z 2012 r., poz. 264 i 908) wydane zostało Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie ma uwzględniać projekt obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r. poz. 1048) [5].

Rozdział 5 tego rozporządzenia dotyczy systemów zasilania elektrycznego obiektu jądrowego, gdzie podane są szczegółowe wymagania. § 93 pkt 1 i 2 mówią, że dla niezawodnego funkcjonowania systemów oraz elementów konstrukcji i wyposażenia obiektu jądrowego mających istotne znaczenie dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej zapewnia się zasilanie elektryczne ze

źródeł wewnętrznych obiektu jądrowego i z zewnętrznej sieci elektroenergetycznej. System zasilania elektrycznego ze źródeł wewnętrznych obiektu jądrowego, włączając system awaryjnego zasilania obiektu jądrowego oraz system zasilania elektrycznego z zewnętrznej sieci elektroenergetycznej obiektu jądrowego – w sytuacji, gdy którykolwiek z nich nie działa – dostarcza wystarczającą moc i ilość energii dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego w stanach eksploatacyjnych, a także podczas i po rozpatrywanej awarii.

Natomiast § 94 stwierdza, że wewnętrzne źródła zasilania elektrycznego obiektu jądrowego, włączając baterie akumulatorów oraz elektryczną sieć rozdzielczą wewnątrz obiektu jądrowego, projektuje się tak, żeby miały one wystarczającą niezależność, zwielokrotnienie (redundancję) i możliwość testowania oraz żeby zapewnić wypełnienie ich funkcji bezpieczeństwa przy założeniu pojedynczego uszkodzenia. Dodatkowo § 95 stwierdza, że dostarczanie energii elektrycznej z zewnętrznej sieci elektroenergetycznej do sieci rozdzielczej wewnątrz obiektu jądrowego realizuje się za pomocą dwóch fizycznie niezależnych obwodów, zaprojektowanych i zlokalizowanych tak, żeby zminimalizować w praktycznie osiągalnym stopniu prawdopodobieństwo ich jednoczesnego uszkodzenia w stanach eksploatacyjnych oraz

## STRESZCZENIE

W artykule omówiono zastosowanie zasilaczy UPS w trudnych warunkach eksploatacji, takich jak siłownia telekomunikacyjna i obiekt jądrowy.

**Słowa kluczowe:** UPS, siłownia telekomunikacyjna, obiekt jądrowy.

w warunkach rozpatrywanych awarii i w przewidywanych warunkach środowiskowych.

Dodatkowo § 96 mówi, że rozwiązania projektowe systemów zasilania elektrycznego obiektu jądrowego minimalizują prawdopodobieństwo, że w sytuacji utraty zasilania elektrycznego energią wytwarzaną przez jądrowy blok energetyczny, utraty zasilania z innych źródeł energii elektrycznej na terenie obiektu albo utraty zasilania z zewnętrznej sieci elektroenergetycznej nastąpi w wyniku tego zdarzenia lub jednocześnie z nim utrata zasilania elektrycznego z jakiegokolwiek z pozostałych źródeł zasilania elektrycznego. W § 97–99 podkreślono, że istotne dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego obiektu jądrowego systemy zasilania elektrycznego projektuje się tak, żeby możliwe było prowadzenie ich okresowych kontroli i prób w celu sprawdzenia dyspozycyjności i wydajności tych systemów oraz stanu technicznego ich elementów. Jądrowy blok energetyczny projektuje się tak, żeby po odłączeniu od sieci przesyłowej był on zdolny do zrzutu obciążenia z dowolnego punktu pracy pomiędzy obciążeniem minimalnym a znamionowym oraz do stabilnego zasilania potrzeb własnych jądrowego bloku energetycznego przez co najmniej 2 godziny.

Źródła awaryjnego zasilania elektrycznego obiektu jądrowego oraz warunki zasilania systemów i elementów wyposażenia istotnych dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej obiektu jądrowego, w szczególności liczbę zasilanych odbiorów i charakterystyki ich zasilania, takie jak: niezawodność, moc, czas trwania i ciągłość zasilania, dobiera się tak, żeby zapewnić niezawodne działanie po wystąpieniu przewidywanych zdarzeń eksploatacyjnych systemów i elementów wyposażenia istotnych dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Natomiast w razie utraty zasilania zewnętrznego prądem przemiennym wewnętrzne źródła zasilania elektrycznego obiektu jądrowego prądem przemiennym zapewniają zasilanie systemów i elementów wyposażenia istotnych dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej przez co najmniej siedem dob w stanach eksploatacyjnych oraz podczas i po rozpatrywanych awariach. Bateria akumulatorów zasilających systemy i elementy wyposażenia wypełniające najważniejsze funkcje bezpieczeństwa mają pojemność wystarczającą na co najmniej 4 godziny pracy bez doładowania. W projekcie obiektu jądrowego przewiduje się alternatywne źródła zasilania obiektu prądem przemiennym do wykorzysta-



Fot. 1. Przykład układu połączeń zewnętrznych baterii akumulatorów na stojaku fot. JT

nia w razie niedyspozycyjności wewnętrznych źródeł zasilania, w szczególności przewoźne lub przenośne agregaty prądotwórcze lub kombinowane systemy awaryjnego zasilania elektrycznego obiektu jądrowego.

W § 100 zwrócono uwagę na zastosowanie kombinowanych systemów awaryjnego zasilania elektrycznego obiektu jądrowego, w szczególności z wykorzystaniem hydrozespołów, turbozespołów parowych lub gazowych, agregatów dieslowskich lub baterii akumulatorów, które projektuje się tak, żeby:

- » posiadały niezawodność i rozwiązania spójne z wymaganiami ze strony systemów bezpieczeństwa, które mają być zasilane;
- » wykonywały swoje funkcje przy założeniu wystąpienia pojedynczego uszkodzenia. Zawsze jednak należy pamiętać, że rozwiązania przyjęte w projekcie obiektu jądrowego zapewniają możliwość testowania sprawności funkcjonalnej systemów awaryjnego zasilania obiektu jądrowego energią elektryczną.

## Rozmieszczenie odbiorników

W zależności od rozmieszczenia odbiorników w obiekcie lub obiektach, należy rozważyć zastosowanie centralnego systemu zasilania z jednym lub kilkoma UPS-ami zasilającymi wszystkie odbiory lub zasilanie rozproszone, tzn. UPS-y o mniejszej mocy zasilają mniejsze grupy odbiorników, najczęściej w ich pobliżu. Optymalny wybór wynika z wymagań niezawodności układu zasilania, naturalnie wynikającego podziału na grupy, z kalkulacji kosztów systemu UPS-a i instalacji zasilającej, możliwości monitoringu i zarządzania [1, 2]. Należy pamiętać, że małe zasilacze UPS nie mają wielu funk-

cji i zaawansowanych rozwiązań technologicznych, takich jak zasilacze dużej mocy, stąd ich niezawodność może być znacznie obniżona [6].

## Podział na grupy

W projekcie systemu zasilania należy uwzględnić znaczenie odbiorników i ich wymagany czas podtrzymania. Jedne odbiory mogą być wyłączone po zaniku zasilania, inne powinny pracować jak najdłużej, a niektóre nie powinny być w ogóle zamknięte. Wyłączenie części odbiorników oszczędza energię zgromadzoną w bateriach, która może być użyta przez odbiory wymagające znacznie dłuższego czasu podtrzymania [1, 2]. Dlatego przy projektowaniu, konfiguracji zasilaczy UPS i doborze baterii należy uwzględnić czas podtrzymania poszczególnych grup odbiorników [6].

## Dobór mocy UPS-a

Moc znamionowa UPS-a jest mocą na wyjściu zasilacza, czyli jest to moc, jaką UPS jest w stanie dostarczyć do odbiorników. Moc pobierana przez UPS jest większa o wartość strat, moc potrzebną na doładowanie baterii akumulatorów i zniekształcenia w sieci zasilającej spowodowane przez UPS. Mając koncepcję układu zasilania gwarantowanego można przystąpić do dobrania mocy poszczególnych zasilaczy UPS. Po wyliczeniu mocy zapotrzebowanej przez odbiory należy dobrać moc UPS-a. Ponieważ współczynnik mocy wyjściowej UPS-a jest różny dla różnych konstrukcji, należy uwzględnić również moc pozorną, w [VA], jak i moc czynną, w [W]. Przy doborze mocy zaleca się uwzględnienie potrzeb na przyszłą rozbudowę odbiorników. Zwykle przewymiarowanie wynosi 20%

mocy odbiorników. Niektóre zasilacze UPS mają możliwość zwiększenia mocy poprzez aktualizację oprogramowania UPS-a, bez konieczności dokładania dodatkowych elementów systemu. Taka możliwość zapewnia rozbudowę systemu w przyszłości. Należy jednak dobrać kable i inne elementy obwodu zasilania na moc docelową [2, 3]. Dla UPS-ów średniej i dużej mocy moc odbiorników może być pokryta przez zasilacze UPS pracujące równolegle (sumacyjnie).

### Dobór baterii akumulatorów do wymaganego czasu podtrzymania

Informacje o czasach podtrzymania można znaleźć w tabelach czasów podtrzymania zamieszczonych w specyfikacjach producenta lub wyliczyć na podstawie parametrów elektrycznych zasilacza UPS. UPS-y mają baterie akumulatorów wewnętrzne (znajdujące się we wspólnej obudowie z elektroniką UPS-a) lub baterie zewnętrzne. W UPS-ach małej mocy baterie wewnętrzne wykonane są w postaci modułów bateryjnych (najczęściej w obudowach dopasowanych do zasilacza UPS). W większych jednostkach UPS baterie zewnętrzne umieszczone są w zamkniętych szafach fabrycznych lub na otwartych lub zamkniętych stojakach bateryjnych. Większość UPS-ów jednofazowych o małej mocy posiada baterie wewnętrzne, zapewniające pracę 5–10 minut przy pełnym obciążeniu [2, 3].

Należy zwrócić uwagę, że liczba zewnętrznych modułów bateryjnych jest ograniczona wydajnością ładowarki w zasilaczu UPS. Większe pojemności baterii wymagają dłuższego czasu ładowania, przez co UPS nie jest w krótkim czasie gotowy do podjęcia pracy po wcześniejszym rozładowaniu baterii [6].

UPS-y dużej mocy mają najczęściej ładowarki baterii o regulowanym prądzie ładowania. Funkcja ta daje możliwość szybkiego naładowania baterii, a z drugiej strony, może ograniczyć wartość prądu pobieranego z sieci zasilającej (co może okazać się przydatne przy limitach dostępnej mocy lub doborze zabezpieczeń) [2, 3].

Ze względów niezawodnościowych zaleca się stosowanie co najmniej dwóch gałęzi baterii akumulatorów (eliminacja pojedynczego punktu awarii). Niektórzy producenci baterii zalecają stosowanie nie więcej niż 4 gałęzi oraz wymagają stosowania takich samych typów baterii w każdej gałęzi [6].

### Podsumowanie

Dla odbiorników o mocy do około 100 kVA wymagających zasilania przy krótkich prze-

rwach rzędu kilkudziesięciu sekund ciekawym rozwiązaniem może być zastosowanie zasilacza UPS z superkondensatorami. Zestawy takie mogą również pracować wiele lat w szerokim zakresie zmian temperatury otoczenia od -40 do +60 °C [6]. Dla większych mocy rozwiązaniem mogą być zespoły prądotwórcze z kinamtycznymi zasobnikami energii.

Interesującymi rozwiązaniami w zasilaczach VFI są różne tryby „eco”, które zapewniają zwiększenie efektywności energetycznej przy jednoczesnym zapewnieniu niezawodności zasilania. W trybie tym odbiorniki są zasilane przez statyczny tor obejściowy z możliwością przełączenia na podwójną konwersję, w czasie < 2 ms w przypadku jakichkolwiek nieprawidłowości ze strony źródła zasilania. Przy pracy w trybie ekonomicznym, odbiorniki są najczęściej chronione przez zintegrowane zabezpieczenie przeciwprzepięciowe.

### Literatura

1. T. Sutkowski, Rezerwowo i bezprzerwowo zasilanie w energię elektryczną, COSiW SEP, Warszawa 2007.
2. J. Wiatr, M. Orzechowski, Podstawy zasilania budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej i innych obiektów nieprzemysłowych w energię elektryczną, Poradnik projektanta elektryka, DW MEDIUM, Warszawa 2012.
3. J. Wiatr, M. Miegoń, Zasilanie budynków użyteczności publicznej oraz budynków mieszkalnych w energię elektryczną, niezbędnik elektryka nr 4, Warszawa 2012.
4. J. Wiatr, Metodyka doboru mocy siłowni telekomunikacyjnej oraz przewodów zasilających, „elektro.info” 3/2021.
5. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie ma uwzględniać projekt obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012r poz.1048).
6. K. Kuczyński, Zasilacz UPS – na co zwrócić uwagę dokonując wyboru cz. 2., „elektro.info” 12/2013.

### ABSTRACT

Selection of a UPS for Difficult Operating Conditions

The article discusses the use of a UPS in difficult operating conditions, such as telecommunications power plants and nuclear facilities.

Keywords: UPS, telecommunications power plant, nuclear facility.

# EVER PROFESSIONAL NAJWYŻSZA JAKOŚĆ ZASILANIA DLA PRZEMYSŁU I INFRASTRUKTURY

- Doradzimy optymalny system zasilania gwarantowanego
- Przeprowadzimy przez proces zakupu UPS-a
- Przywieziemy, zainstalujemy i uruchomimy...



DZWOŃ  
61 6500 425  
666 351 463

Wotczyńska 19,  
60-003 Poznań

zapytanie@ever.eu  
www.ever.eu

# Pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS-ów typu online oraz zasada oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej (część 1.)

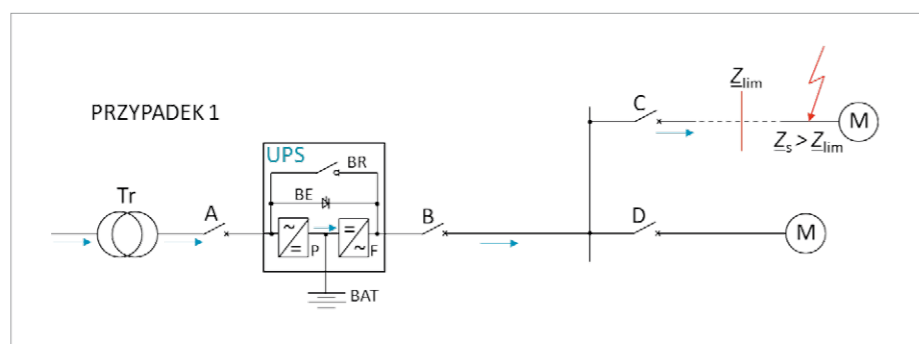
Zasilacze UPS są obecnie najpopularniejszym środkiem przeciwdziałającym zaburzeniom w sieci energetycznej i chroniącym odbiorniki przed skutkami tych zaburzeń [1]. Wyposażone w magazyn energii elektrycznej, najczęściej w postaci akumulatorów kwasowo-ołowiowych w technologii AGM VRLA (*Absorbe Glass Mat Valve Regulated Lead Acid*) [2], są w stanie zapewnić bezprzerwowe zasilanie odbiornikom wymagającym ciągłości zasilania. Skutki utraty danych, przerwania ciągu technologicznego czy utraty życia ludzkiego z powodu przerwy w zasilaniu, są czasami trudne do oszacowania, a obecność zasilacza UPS w takiej sytuacji bezcenna [3]. W zakresie mocy od 10 kVA do ponad 6 MVA (w pracy równoległej) zasilacze UPS produkuje się w technologii podwójnego przetwarzania energii AC-DC-AC, nazywając je popularnie zasilaczami typu online [1, 3].

W instalacjach niskiego napięcia występują zaburzenia w postaci zwarc i przeciążeń obwodów elektrycznych, ale dostępna szeroka wiedza umożliwia odpowiednie zabezpieczenie obwodów elektrycznych w tym zakresie [4, 5]. Każda instalacja elektryczna podlega procedurze sprawdzania

## STRESZCZENIE

W artykule wskazano na istotny problem niejednoznaczności pomiaru impedancji pętli zwarciowej (IPZ) w obwodach zasilanych z zasilaczy UPS typu online (*double conversion* AC-DC-AC). Poprawnie zmierzona wartość impedancji pętli zwarciowej, na podstawie której wyznacza się spodziewany prąd zwarciowy, jest kluczowa w ocenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania i dopuszczeniu instalacji elektrycznej do eksploatacji. Wykonanie prób pomiarów impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS zgodnie z przyjętą metodyką, w różnych trybach pracy zasilacza, pozwoliło na zdefiniowanie zasad pomiaru, które ograniczają błąd w ocenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania. Na podstawie przeprowadzonych prób i analiz zaproponowano autorski algorytm wyznaczania impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS-a oraz opracowano i zweryfikowano w praktyce procedurę sprawdzania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania w obwodach zasilanych z UPS.

**Słowa kluczowe:** pomiar impedancji pętli zwarciowej, niezawodność systemów UPS, zwarcie, zabezpieczenia, ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej, zasilacz UPS.



Rys. 1. Schemat zasilania dwóch obwodów o różnej impedancji przez zasilacz pracujący w trybie podwójnego przetwarzania energii, gdzie:  $Z_s$  – impedancja pętli zwarciowej,  $Z_{lim}$  – graniczna impedancja pętli zwarciowej, Tr – transformator, A, B, C, D – zabezpieczenia, BR – tor bypassu ręcznego, BE – tor bypassu elektronicznego, P – prostownik, F – falownik, BAT – bateria akumulatorów. PRZYPADEK 1 bez efektu przełączenia na tor BE podczas zwarcia odległego ( $Z_s > Z_{lim}$ ) rys. J. Katarzyński, M. Olesz

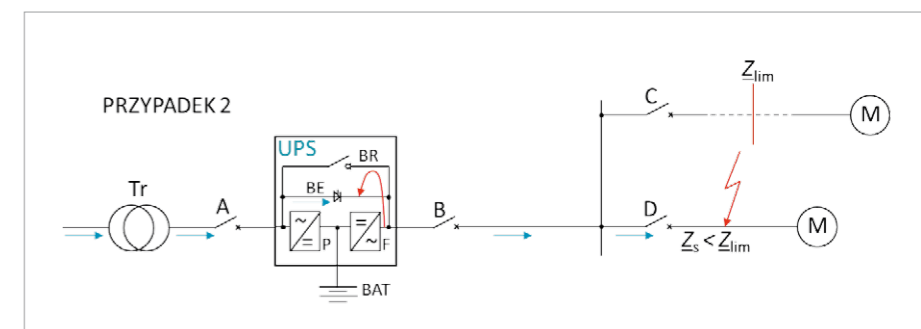
podczas pierwszego uruchomienia, po modyfikacjach oraz sprawdzeniom okresowym pod kątem spełnienia wymagań normy [6]. Ideą weryfikacji instalacji elektrycznych jest ochrona człowieka przed porażeniem prądem elektrycznym oraz bezpieczna praca instalacji elektrycznej oraz odbiorników z niej zasilanych. Dotyczy to również obwodów elektrycznych zasilanych z UPS-a.

Jedną z najważniejszych metod sprawdzania instalacji jest pomiar impedancji pętli zwarciowej (IPZ), który umożliwia weryfikację zabezpieczeń pod kątem samoczynnego wyłączenia zasilania w przypadku wystąpienia zwarcia [4–6]. Wybór przyrządów do pomiaru IPZ jest duży, a ich cena zróżnicowana, jednak wszystkie techniki pomiarowe bazują na pomiarze spadku

napięcia podczas wymuszenia prądu probierczego miernika w badanym obwodzie. W zależności od wartości wymuszanego prądu, techniki pomiarowej oraz algorytmu obliczeniowego osiąga się różną dokładność pomiaru. Wykonując pomiary IPZ miernikami różnych producentów rozbieżność wyników sięga około 10%. Zupełnie inaczej jest w przypadku wykonywania pomiarów IPZ w obwodach zasilanych z UPS. Tutaj wyniki pomiarów mogą różnić się nawet 10-krotnie. Jak zatem właściwie zmierzyć IPZ w obwodzie zasilanym z UPS i na jego podstawie prawidłowo ocenić skuteczność ochrony przeciwporażeniowej? Jest to pytanie, na które w tym artykule znajdujemy odpowiedź.

Podczas testów wykonano około 200 prób zwarc i pomiarów IPZ w obwodach zasilanych z zasilaczy UPS o mocy 30 i 40 kVA [7, 8] przy zastosowaniu sześciu przyrządów różnych producentów wymuszających prądy probiercze w zakresie od 3 do 140 A. Zróżnicowane wyniki pomiarów IPZ wykazały, że konieczne są badania w tym zakresie w celu wyjaśnienia przyczyn występujących rozbieżności. W tym celu przedstawiono zasadę działania zasilacza UPS typu online w przypadku zwarc w obwodzie zasilanym z UPS-a. Zmieniano długość obwodu tak, aż zasilacz ze stanu zwarcia przechodził w stan przeciążenia. Stwierdzono istotne różnice w działaniu zasilacza UPS, kiedy wymuszano stan zwarcia w obwodzie zasilanym z UPS podczas jego pracy w trybie podwójnego przetwarzania energii, przy obecnej sieci zasilającej oraz podczas pracy bateryjnej po wyłączeniu zasilania sieciowego. Zrozumienie zjawisk w zasilaczu UPS typu online w czasie zwarc w obwodach wyjściowych UPS pozwoliło na wyjaśnienie rozbieżności w wynikach pomiarów IPZ. Na podstawie analizy wyników pomiarów IPZ oraz zachowania zasilacza UPS typu online w czasie zwarc w obwodach wyjściowych [9] zaproponowano sposób właściwego pomiaru IPZ w obwodach zasilanych z UPS w postaci algorytmu, który jednocześnie umożliwia poprawną ocenę skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania. Podany algorytm staje się bardzo dobrym i w obecnej chwili jedynym narzędziem do poprawnej oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania w obwodach zasilanych z UPS.

Odniesienia do istniejącej literatury są skromne, ponieważ nie ma publikacji nawiązujących jednoznacznie do analizowanego przez autorów tematu. Idea pomiaru impedancji pętli zwarcia została dokładnie opisana matematycznie, a zjawiska towarzyszące pomiarowi precyzyjnie wyjaśnione w [4, 5, 10]. Zwarcia i ich skutki w instalacjach niskiego napięcia szczegółowo opisano w [4, 11–13], dzięki czemu powstały różne modele matematyczne, symulujące zwarcia w obwodach elektrycznych. Dzięki tym modelom oraz normie [6] powstały programy wspomagające dobór odpowiednich zabezpieczeń instalacji elektrycznej, gwarantujących bezpieczeństwo ludzi przed porażeniem elektrycznym oraz ochronę instalacji i odbiorników [4, 14]. Pracujące w zasilaczach



Rys. 2. Schemat zasilania dwóch obwodów o różnej impedancji przez zasilacz pracujący w trybie podwójnego przetwarzania energii. PRZYPADEK 2 z efektem przełączenia na tor BE podczas zwarcia pobliskiego ( $Z_s < Z_{lim}$ ) rys. J. Katarzyński, M. Olesz

UPS falowniki i prostowniki dokładnie przebadano pod kątem skutków zewnętrznych zwarc, przeciążeń i przepięć, co umożliwiło zaprojektowanie właściwych zabezpieczeń w postaci wkładek topikowych szybkich oraz programowego ograniczania prądu [15, 16]. Dzisiejsze konstrukcje przekształtników są bezpieczne w eksploatacji i odporne na czynniki zewnętrzne, takie jak zwarcia, przeciążenia oraz przepięcia [7, 8, 15]. Mimo literatury i programów [17], które wspierają inżynierów w projektowaniu instalacji elektrycznej, wciąż występuje problem pomiarów elektrycznych w obwodach zasilanych z UPS. Waga prezentowanego w tym artykule problemu jest znacząca. Codziennie wykwalifikowany personel wykonuje pomiary elektryczne, aby zweryfikować, czy badana instalacja elektryczna może być dopuszczona do eksploatacji zgodnie z wymaganiami normy [6]. W przypadku negatywnego wyniku mogą zostać wydane niewłaściwe zalecenia, które są wynikiem braku wiedzy w zakresie opisanym w tym artykule.

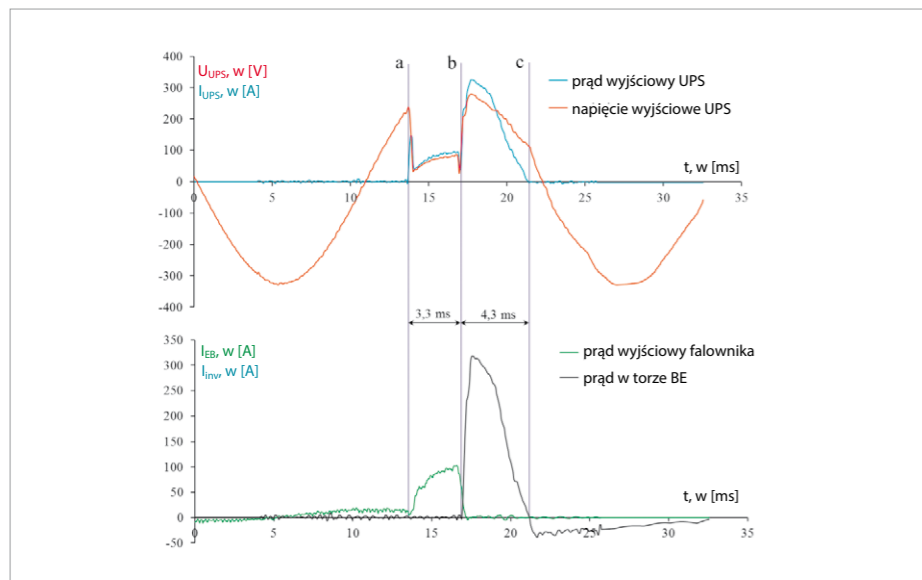
## Zwarcie w linii zasilanej z UPS-ów typu online

Zasilacze UPS typu online (podwójne przetwarzanie energii AC-DC-AC) stanowią zdecydowaną większość produkcji zasilaczy średnich i dużych mocy na świecie [1, 2]. W zakresie od 10 do 1000 kVA UPS-y produkuje się w wersji trójfazowej, przy czym istnieje możliwość zwiększenia mocy systemu bezprzewodowego zasilania przez dołączanie jednostek równoległych [3]. Wystąpienie zwarcia w obwodzie zasilanym z UPS powoduje reakcję zależną od trybu pracy (podwójne przetwarzanie energii, aktywny bypass elektroniczny, tryb autonomiczny czyli praca z baterii), impedancji pętli zwarciowej (zależnej od odległości miejsca zwarcia w instalacji od zacisków wyjściowych UPS, parametrów oprzewodowania,

rozwiązań konstrukcyjnych układów przetwarzających). Podane w literaturze prace [9, 10, 18] analizują problematykę pomiaru impedancji w sposób częściowy, bez pełnej analizy stanów nieustalonych, które mają miejsce w czasie zwarc w obwodach zasilanych z UPS i które są kluczowym elementem do jednoznacznej oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania w instalacjach bezprzewodowych systemów zasilania UPS.

## Zwarcie w linii zasilanej z UPS-ów typu online podczas jego pracy w trybie podwójnego przetwarzania energii (AC-DC-AC)

Zasilacz UPS typu online, uznawany jest za produkt najwyższej klasy według normy [19] (punkt 5.3.4.), która przez oznaczenie VFI-SS-111, określa parametry jakościowe napięcia uzyskiwanego z UPS, możliwe do spełnienia jedynie przez konstrukcje zasilaczy o podwójnym przetwarzaniu energii. Konstrukcja zasilacza online umożliwia w sposób ciągły przetwarzanie energii przez połączone w szereg przetwornice typu prostownik i falownik (rys. 1.). Podłączona do szyn DC, między prostownikiem P, a falownikiem F zasilacza bateria akumulatorów BAT (lub inne źródło DC, np. magazyn energii kinetycznej Fly Wheel) pozwala na bezprzerwową pracę falownika w przypadku przerwy w zasilaniu układu prostownika. W przypadku przekroczenia wartości prądu falownika, typowej dla danego zasilacza, następuje dla trybu pracy podwójnego przetwarzania energii bezprzerwowe przełączenie zasilania odbiorników chronionych na tor obejścia elektronicznego BE (Bypass Elektroniczny), natomiast kiedy zasilacz pracuje z baterii przekroczenie pewnej wartości prądu falownika spowoduje jego ograniczenie przez określony czas. Przepływ prądu zwarciowego w linii zasilanej z UPS-a



Rys. 3. Przebieg napięcia i prądu na wyjściu UPS-a o mocy 30 kVA w czasie zwarcia pobliskiego L-PE, wyłączonego zabezpieczeniem nadprądowym D (widocznym na rysunku 2.): a) początek zwarcia, b) moment przełączenia z falownika na tor BE, c) koniec zwarcia rys. J. Katarzyński, M. Olesz

może, ale nie musi, powodować ograniczenie prądu falownika. Reakcja zasilacza UPS na zwarcie w obwodzie wyjściowym zależy od impedancji pętli zwarciowej  $Z_s$  (całkowita impedancja począwszy od miejsca zasilania do punktu zwarcia). Z punktu widzenia cech konstrukcyjnych zasilacza można obliczyć graniczną impedancję  $Z_{lim}$ , powyżej której prąd płynący do miejsca zwarcia w trybie podwójnego przetwarzania energii nie spowoduje przełączenia zasilacza na tor BE, a co najwyżej spowoduje jego przeciążenie. Na **rysunku 1.** przedstawiono schemat zasilania dwóch obwodów o różnej impedancji, wynikających z podłączonych do wyjścia UPS-a przewodów, zależnych od ich długości i przekroju. Zasilacz UPS pracuje w trybie podwójnego przetwarzania energii przy obecnym napięciu z sieci zasilającej, a przedstawiony PRZYPADK 1 dotyczy zwarcia odległego ( $Z_s > Z_{lim}$ ), bez skutku przełączenia na tor BE.

Przykładowo, dla trójfazowego zasilacza UPS o mocy 30 kVA zwarcie metaliczne na końcu przewodu o przekroju 2,5 mm<sup>2</sup> i długości co najmniej 250 m nie powoduje przełączenia zasilacza na BE. Występuje wówczas stan zwarcia odległego, kiedy wartość impedancji obwodu zasilanego z UPS jest większa od wartości granicznej  $Z_{lim}$ , a wymuszony prąd zwarciowy jest mniejszy od maksymalnego prądu falownika, dla którego zasilacz wciąż stabilizuje napięcie wyjściowe z dokładnością do 1% (stan przeciążenia UPS). Wartość graniczną impedancji pętli zwarciowej  $Z_{lim}$ , powyżej której zasilacz nie przełączy się na BE i umożliwi zasilanie z falownika obwodu w miejscu zwarcia (**rys. 1.**), można opisać wzorem:

$$|Z_{lim}| = \frac{U_{nUPS}}{I_{invmax}} \quad (1)$$

gdzie:

$Z_{lim}$  – graniczna wartość impedancji pętli zwarciowej, powyżej której napięcie falownika jest

stabilizowane do wartości znamionowej z tolerancją  $\pm 1\%$ ,  
 $U_{nUPS}$  – znamionowe napięcie fazowe UPS dla pracy falownikowej (typowo  $U_{L-N} = 230$  V),  
 $I_{invmax}$  – maksymalny prąd wyjściowy falownika, przy którym napięcie jest jeszcze stabilizowane z tolerancją  $\pm 1\%$  (typowo  $I_{invmax} = 150\% \cdot I_{nUPS}$ ,  $I_{nUPS}$  – prąd znamionowy UPS).

W takiej sytuacji wartość prądu zwarciowego określa iloraz napięcia na wyjściu UPS-a (praktycznie napięcie znamionowe UPS) i impedancji pętli zwarciowej obwodu liczonego od zacisków wyjściowych UPS-a do miejsca zwarcia. W przypadku zwarcia odległego ( $Z_s > Z_{lim}$ ) impedancja falownika i pozostałych składowych impedancji przed zasilaczem UPS w takiej sytuacji nie ma wpływu na prąd zwarciowy, ponieważ napięcie stabilizowane jest na zaciskach wyjściowych UPS-a przez falownik. Ze względu na niewielką moc zwarciową falownika UPS i bliskie odległości urządzeń chronionych od zacisków UPS ( $Z_s < Z_{lim}$ ) w praktyce nie występuje podtrzymywanie prądu zwarciowego przez falownik przy obecnej sieci zasilającej, z powodu przełączenia na BE, wymuszonego prądem większym od  $I_{invmax}$ .

Zwarcie pobliskie, którego impedancja wymusi prąd powodujący przełączenie zasilacza na BE jest typowym, najczęstszym przypadkiem zwarcia w obwodzie zasilanym z UPS, kiedy ten przed zdarzeniem pracował w trybie podwójnego przetwarzania energii. Na **rysunku 2.** przedstawiono PRZYPADK 2, odpowiadający warunkowi  $Z_s < Z_{lim}$ .

Dla zwarc, które wymuszą przełączenie zasilacza na tor BE ( $Z_s < Z_{lim}$ ), impedancja pętli zwarciowej wynosi (2):

$$Z_s = Z_Q + Z_{Tr} + Z_{k1} + Z_{BE} + Z_{k2} \quad (2)$$

gdzie:

$Z_s$  – impedancja całkowita mierzona od źródła do miejsca zwarcia,  
 $Z_Q$  – impedancja systemu,  
 $Z_{Tr}$  – impedancja transformatora,  
 $Z_{k1}$  – impedancja zastępcza toru kablowego wraz z rezystancją połączeń między transformatorem a UPS,  
 $Z_{BE}$  – impedancja toru bypassu elektronicznego UPS,  
 $Z_{k2}$  – impedancja zastępcza toru kablowego wraz z rezystancją połączeń między UPS-em a miejscem zwarcia.

Z przedstawionego wzoru wynika, że impedancja pętli zwarciowej  $Z_s$  jest wartością typową dla zwarcia w instalacji elektrycznej bez zasilacza UPS, powiększoną jedynie o wartość dodatkowej impedancji toru BE,

w której główną składową jest impedancja tyrystora. Ze względu na wartości impedancji tyrystora (od kilku lub kilkadziesiąt mΩ dla prądów zwarciowych dopuszczalnych dla tyrystora) prąd spodziewany w obwodzie zasilanym z UPS, wynikający z impedancji  $Z_s$ , jest zbliżony do tej samej wartości bez udziału zasilacza UPS. Dysproporcja między prądami spodziewanymi jest zauważalna dopiero przy zainstalowaniu zasilacza w bliskiej odległości od transformatora, kiedy  $Z_s$  dąży do 0 Ω, a udział impedancji tyrystora w całkowitej impedancji  $Z_s$  zaczyna mieć istotny wpływ.

Zjawisko przełączania z falownika na tor BE podczas zwarcia pobliskiego na wyjściu UPS jest typowe dla konstrukcji zasilaczy online i zachodzi po przekroczeniu zdolności przeciążeniowej falownika [3, 13, 14], zazwyczaj powyżej 150% wartości znamionowej prądu UPS. Czas przełączenia na tor BE trwa około 3÷5 ms (czas typowy dla większości zasilaczy różnych producentów UPS). Przykładowy przebieg napięcia i prądu na wyjściu UPS-a w momencie zwarcia pobliskiego dla PRZYPADKU 2 przedstawiono na **rysunku 3.**

Tuż przed zwarciem zasilacz pracuje w trybie podwójnego przetwarzania energii zasi-

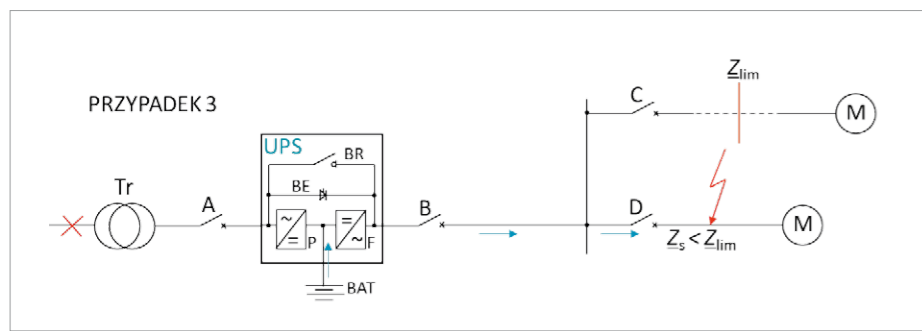
lając urządzenia odbiorcze z falownika (dla PRZYPADKU 2). W momencie zwarcia falownik wciąż zasilą obwód z punktem zwarcia za zabezpieczeniem D (**rys. 2.**), pracując na ograniczeniu prądowym o wartości ok. 100 A (wartość fabryczna ograniczenia prądowego dla testowanego zasilacza UPS). Stan taki utrzymuje się przez czas 3,3 ms, po którym zostają załączone w stan przewodzenia tyrystory (znacznik „b”) oraz zablokowane tranzystory IGBT falownika. Przez tyrystor przepływa prąd zwarciowy o wartości szczytowej 320 A, wyłączony przez zabezpieczenie D. Ograniczony przez falownik prąd może, ale nie musi wyzwolić zabezpieczenia D, natomiast prąd płynący po przełączeniu na tor BE powinien spowodować zadziałanie urządzenia zabezpieczającego D, ewentualnie B lub A w przypadku ograniczonej wybiórczości aparatów lub nieprawidłowego doboru zabezpieczenia D [14]. Z punktu widzenia niezawodności systemu bezprzerwowego zasilania oraz ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania istotna jest wartość prądu po przełączeniu na BE, a ta wynika z impedancji pętli  $Z_s$  z uwzględnieniem impedancji  $Z_{BE}$  toru BE.

### Zwarcie w linii zasilanej z UPS-ów typu online podczas jego pracy autonomicznej (praca z baterii DC-AC)

W trybie autonomicznym występują podobnie jak dla trybu podwójnego przetwarzania energii dwa przypadki zwarc. Przypadek zwarcia odległego w trybie autonomicznym UPS będzie identyczny jak PRZYPADK 1, opisywany w punkcie 2.1. z tą różnicą, że falownik będzie zasilany z baterii akumulatorów na skutek wyłączenia prostownika. Zwarcie odległe w takim przypadku spowoduje co najwyżej przeciążenie falownika. Zwarcie pobliskie w trybie autonomicznym UPS będzie różniło się znacząco od analogicznej sytuacji w trybie podwójnego przetwarzania energii, opisanej jako PRZYPADK 2.

Na **rysunku 4.** przedstawiono zwarcie pobliskie (oznaczone jako PRZYPADK 3), odpowiadające warunkowi zwarcia  $Z_s < Z_{lim}$ , podczas pracy autonomicznej zasilacza UPS.

Zwarcie w punkcie, w którym impedancja pętli zwarciowej mierzona od zacisków UPS do punktu zwarcia jest mniejsza od wartości granicznej  $Z_{lim}$  skutkuje ograniczeniem prądowym przez falownik zasilacza w trybie jego pracy au-



Rys. 4. Schemat zasilania dwóch obwodów o różnej impedancji przez zasilacz pracujący w trybie autonomicznym (praca z baterii). PRZYPADK 3 z efektem ograniczenia prądu przez falownik podczas zwarcia pobliskiego ( $Z_s < Z_{lim}$ ) rys. J. Katarzyński, M. Olesz

REKLAMA

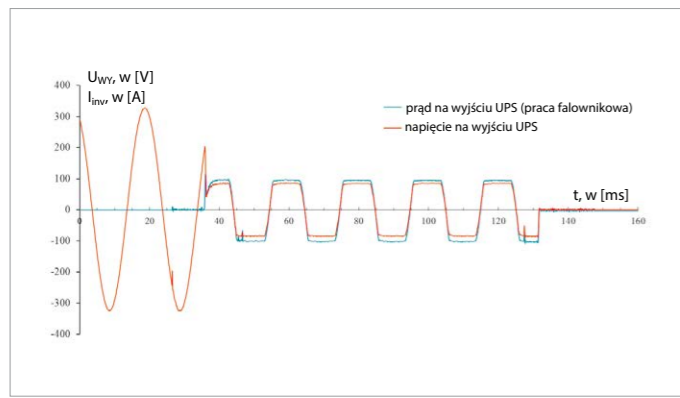
# elektro info

## Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

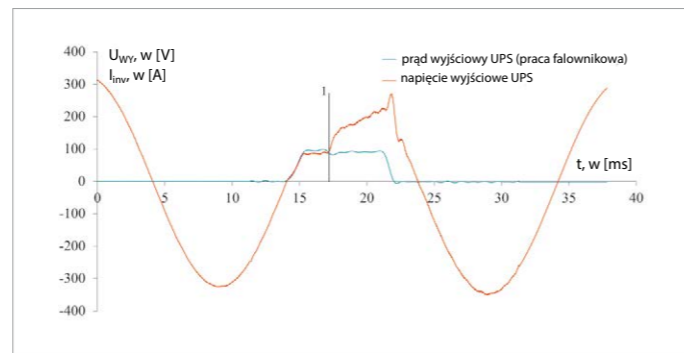
Ewakuacja ludzi z płonącego budynku i jej wspomaganie. Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne

Dostępne od ręki o każdej porze i bez względu na to, gdzie jesteś!

www.kursy.elektro.info.pl



Rys. 5. Przebieg prądu i napięcia w czasie zwarcia L-PE na wyjściu zasilacza UPS o mocy 30 kVA podczas jego pracy autonomicznej bez zadziałania zabezpieczeń rys. J. Katarzyński, M. Olesz



Rys. 6. Przebieg prądu i napięcia w czasie zwarcia L-PE, wyłączony przez wyłącznik typu S o charakterystyce B16, podczas pracy autonomicznej zasilacza UPS o mocy 30 kVA. Prąd zwarciovowy zostaje wyłączony w czasie  $t < 9$  ms. Znacznikiem 1 oznaczono moment zapłonu łuku w aparacie typu S rys. J. Katarzyński, M. Olesz

tonomicznej. Brak możliwości przełączenia na BE, w przeciwieństwie do przypadku pracy zasilacza przy obecnym napięciu z sieci zasilającej, wymusza na UPS pracę falownika przez krótki czas, zależny od typu zasilacza i jego producenta. Typowo zasilacze UPS podtrzymują prąd zwarciovowy na poziomie od 150 do 300% wartości znamionowej prądu UPS przez czas od 50 do 2000 ms [3, 20]. Występują konstrukcje specjalne UPS, które mogą mieć znacząco różne od podanych parametry zdolności zwarciovowej falownika, np. podtrzymywanie prądu zwarcia przez czas 5 s.

Jeżeli w warunkach zwarcia, wartościami stałymi są prąd ograniczony falownika  $I_{lim}$  oraz impedancja pętli zwarciovowej  $Z_s$ , to przy założeniu  $Z_s < Z_{lim}$ , zmieniać się może jedynie napięcie  $U_{UPS}$  na zaciskach wyjściowych UPS, które osiągnie wartość wg wzoru (3):

$$|U_{UPS}| = I_{lim} \cdot |Z_s| \quad (3)$$

gdzie:

$U_{UPS}$  – napięcie fazowe na wyjściu UPS,

$I_{lim}$  – prąd ograniczony falownika (typowo od 150 do 300%  $I_{nUPS}$ ),

$Z_s$  – impedancja pętli zwarciovowej przy założeniu  $Z_s < Z_{lim}$ ; korzystając ze wzoru (2)  $Z_s \approx Z_{k2}$ , ponieważ tyrystory toru EB są w stanie blokowania ( $Z_{EB} \rightarrow \infty$ ).

Na **rysunku 5.** przedstawiono przykładowe przebiegi napięcia i prądu w czasie zwarcia w obwodzie zasilanym z UPS podczas jego pracy autonomicznej bez zadziałania zabezpieczeń.

Dla zwarcia pobliskiego iloraz prądu w torze aktywnego BE przy obecnym napięciu sieci do prądu ograniczonego falownika w czasie pracy autonomicznej UPS może wynosić od kilku do nawet kilkudziesięciu razy [16, 17]. Jeśli dobór zabezpieczeń nie przewidywał stosunkowo niewielkich prądów spodziewanych podczas pracy autonomicznej

UPS, to może okazać się, że dobrane zabezpieczenia podczas zwarcia w trybie pracy UPS z baterii nie zadziałają. Oznacza to, że po czasie przewidzianym przez producenta UPS-a, jeżeli przyczyna zwarcia nie ustanie, nastąpi automatyczne wyłączenie falownika i przerwa w zasilaniu na wyjściu UPS-a. Podtrzymywanie prądu ograniczonego falownika podczas zwarcia przez czas  $t = 100$  ms (tak jak na **rysunku 5.**) [21] i brak zadziałania zabezpieczenia w tym określonym czasie nie stanowi problemu z punktu widzenia ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania, ponieważ falownik wyłączy się samoczynnie w czasie krótszym niż wymagany normą [6]. Taka sytuacja może jednak stanowić istotny problem z punktu widzenia niezawodności systemu bezprzewodowego zasilania. Brak zadziałania odpowiedniego zabezpieczenia w określonym czasie może być bezpośrednim zagrożeniem dla odbiorców zasilanych z tego samego zasilacza, ale z innych równoległych obwodów, w których żadne zaburzenie w postaci zwarcia nie wystąpiło.

Większość budowanych obecnie konstrukcji UPS podtrzymuje prąd zwarciovowy w trybie pracy autonomicznej przez czas około 500 ms. Oznacza to, że w niektórych rozwiązaniach brak zadziałania zabezpieczenia spowoduje wyłączenie prądu zwarciovowego w czasie dłuższym niż wymaga tego norma [6], a do oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej należy doliczyć sprawdzenie warunku, czy napięcie dotykowe  $U_d$  w instalacji odbiorczej UPS jest nie większe, niż określone normą [6] jako dopuszczalne. Ryzyko pojawienia się napięcia dotykowego wyższego niż dopuszczalne powinno skłaniać do takiego doboru zabezpieczeń, aby dla PRZYPADKU 3 zabezpieczenie skutecznie wyłączyło prąd zwarciovowy w czasie nie dłuższym niż określony normą, tzn. 0,4 s dla instalacji

niskiego napięcia do 230 V. Na **rysunku 6.** przedstawiono przykład zadziałania prawidłowo dobranego wyłącznika instalacyjnego typu S o charakterystyce B16 podczas zwarcia na wyjściu zasilacza UPS o mocy 30 kVA pracującego w trybie autonomicznym.



Artykuł jest polską wersją artykułu pt. „Fault Loop Impedance Measurement in Circuits Fed by UPS and Principle of Safety Protection”, który ukazał się w czasopiśmie SUSTAINABILITY w dniu 5.12.2020 (link do wersji oryginalnej: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/23/10126>).

### ABSTRACT

#### Fault Loop Impedance Measurement in Circuits Fed by UPS and Principle of Safety Protection

The paper indicates a significant problem of uncertainty of Fault Loop Impedance (FLI) measurement in circuits powered from UPS (double-conversion AC-DC-AC). The correctly determined value of this impedance, related to the short-circuit current disconnection time and to the reference value, is one of the most important elements that determines the approval of an electrical installation and its receivers for operation. To define the principles of FLI measurement, several hundred measurements of the short-circuit loop impedance in the circuits fed by the UPS, in various UPS operation modes and with various FLI instruments, were made, which allowed for the definition of measurement rules that reduce the error in assessing the effectiveness of protection against electric shock by automatic disconnection of supply. Based on the analysis of voltage and current waveforms recorded during the real short-circuit tests in the circuit fed by the UPS, a proprietary algorithm for determining the short-circuit loop impedance has been proposed. **Keywords:** Uninterruptible Power Supply (UPS), short-circuit, protection for safety, Earth fault loop impedance measurement, UPS power supply reliability.

# Twoja energia to nasza pasja



## SYSTEMY ZASILANIA GWARANTOWANEGO

- Zasilacze UPS
- UPS-y dynamiczne DRUPS

## AUTONOMICZNE ŹRÓDŁA ZASILANIA

- Agregaty prądotwórcze
- Magazyny energii (ESS)

## ELEMENTY INFRASTRUKTURY TECHNICZNEJ

- Dystrybucja mocy
- Monitoring baterii
- Testy obciążeniowe

## USŁUGI PROFESJONALNE

- Serwis 24/365
- Pomiary, audyty

## KONDYCJONOWANIE NAPIĘCIA

- Filtry aktywne
- Stabilizatory
- Kompensacja mocy biernej SN/nn (w tym układów nieliniowych)

EST Energy  
ul. S. Żeromskiego 114  
PL-05-400 Otwock

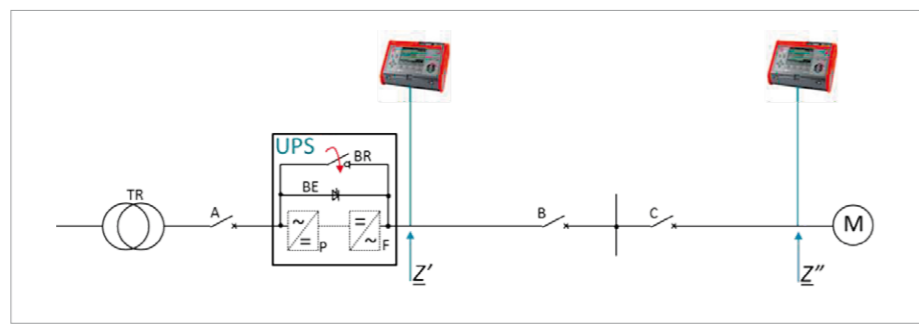
[www.estenergy.pl](http://www.estenergy.pl)

dr inż. Jacek Katarzyński, dr hab. inż. Marek Olesz, prof. PG – Politechnika Gdańska

# Pomiar impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS-ów typu online oraz zasada oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej (część 2.)

Pomiar IPZ stanowi punkt wyjścia do oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania w odpowiednim czasie [6]. Obecnie produkowane mierniki do pomiaru IPZ, mimo różnic w technice pomiarowej i algorytmie obliczeniowym, zazwyczaj wykonują pomiar w obwodach odbiorczych ze stosunkowo dużą dokładnością, a wyniki ich pomiarów różnią się od kilku do kilkunastu procent. Dzięki temu ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w obwodach odbiorczych jest właściwa mimo stosowania przyrządów różnych typów i producentów.

W przypadku obwodów zasilanych z UPS-ów przy zastosowaniu przyrządów wymuszających różne prądy probiercze w czasie badań stwierdzono znaczące różnice pomiaru IPZ, nawet powyżej 1000%. Na podstawie analizy stanów nieustalonych prądów i napięć w obwodach zasilanych z UPS ustalono przyczyny rozbieżności wyników pomiarów IPZ oraz ich wpływ na niezawodność systemów bezprzerwowego zasilania i ocenę skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczyn-



Rys. 1. Wyznaczenie impedancji pętli zwarciowej obwodu wyjściowego zasilacza UPS przez pomiar impedancji w dwóch punktach obwodu przy zamkniętym łączniku BR rys. J. Katarzyński, M. Olesz

## STRESZCZENIE

W artykule wskazano na istotny problem niejednoznaczności pomiaru impedancji pętli zwarciowej (IPZ) w obwodach zasilanych z zasilaczy UPS typu online (double conversion AC-DC-AC). Poprawnie zmierzona wartość impedancji pętli zwarciowej, na podstawie której wyznacza się spodziewany prąd zwarciowy, jest kluczowa w ocenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania i dopuszczeniu instalacji elektrycznej do eksploatacji. Wykonanie prób pomiarów impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS zgodnie z przyjętą metodyką, w różnych trybach pracy zasilacza, pozwoliło na zdefiniowanie zasad pomiaru, które ograniczają błąd w ocenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania. Na podstawie przeprowadzonych prób i analiz zaproponowano autorski algorytm wyznaczania impedancji pętli zwarciowej w obwodach zasilanych z UPS-a oraz opracowano i zweryfikowano w praktyce procedurę sprawdzania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania w obwodach zasilanych z UPS-ów.

**Słowa kluczowe:** pomiar impedancji pętli zwarciowej, niezawodność systemów UPS, zwarcie, zabezpieczenia, ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej, zasilacz UPS.

nej wyłączenie zasilania. Prawidłowy sposób wykonania pomiaru IPZ oraz jego ocena zależy od trybu pracy zasilacza UPS.

## Pomiar IPZ podczas pracy w trybie podwójnego przetwarzania energii (AC-DC-AC) i aktywnego BE

Dla zwarć odległych (PRZYPADK 1,  $Z_s > Z_{lim}$ ) podczas pracy UPS w trybie podwójnego przetwarzania energii istotna jest impedancja pętli zwarciowej liczonej od zacisków UPS do punktu pomiaru IPZ. Z uwagi na fakt, że napięcie na wyjściu UPS jest stabilizowane z dokładnością do  $\pm 1\%$ , impedancje falownika i obwodów przed zasilaczem, łącznie ze źródłem w postaci transformatora, nie mają znacznego wpływu na prąd zwarciowy, który dla takiego przypadku ( $Z_s > Z_{lim}$ ) można opisać wzorem (1):

$$I_{inv} = \frac{U_{nUPS}}{Z_{k2}} \quad (1)$$

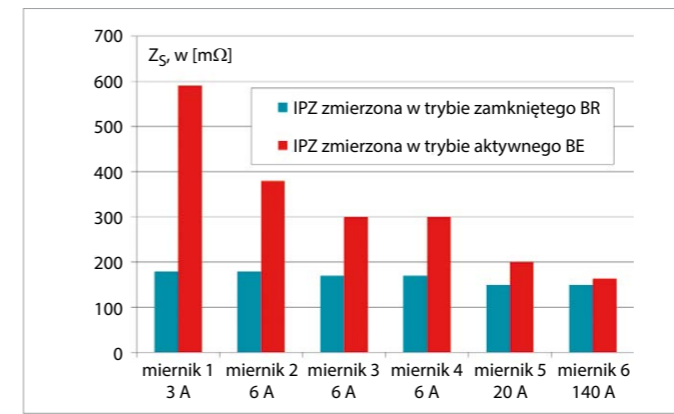
gdzie:

$Z_{k2}$  – impedancja pętli zwarciowej, liczonej od zacisków UPS do punktu pomiaru,  
 $U_{nUPS}$  – znamionowe napięcie fazowe UPS dla pracy z falownika (typowo 230 V),  
 $I_{inv}$  – prąd falownika, nie przekraczający zdolności przeciążeniowej UPS (typowo  $I_{inv} < 150\% \cdot I_{nUPS}$ ).

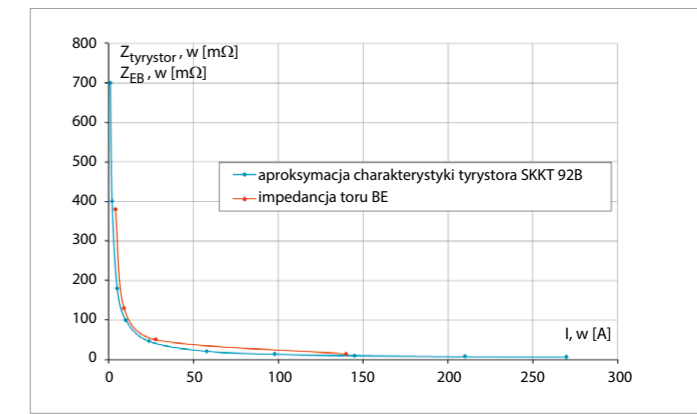
W praktyce wyznaczenie wartości  $Z_{k2}$  umożliwia wykonanie dwóch pomiarów IPZ w sposób pokazany na **rysunku 1**.

Wartość  $Z_{k2}$  należy wyznaczyć jako różnicę zmierzonych wartości  $Z_{k2} = Z'' - Z'$  na zaciskach UPS oraz w badanym punkcie odległym od UPS. Oba pomiary należy wykonać przy zamkniętym łączniku BR (bypass ręczny serwisowy) zasilacza. Zamknięty łącznik BR eliminuje wpływ układów energoelektronicznych zasilacza na końcowy wynik pomiaru.

Zgodnie z analizą stanu zwarcia dla PRZYPADKU 2 (rys. 2 w części 1, „elektro.info” 10/2021) pomiar IPZ w trybie podwójnego przetwarzania energii nie ma uzasadnienia. Prąd w trakcie zwarcia w warunkach rzeczywistych nie będzie generowany przez falownik tylko popłynie od



Rys. 2. Wyniki pomiarów IPZ zasilacza UPS o mocy 30 kVA dla trybu aktywnego toru BE oraz zamkniętego łącznika BR. Pod numerem porządkowym każdego miernika podano jego prąd probierczy wymuszany w czasie pomiarów. Mierniki 3 i 4 pochodzą od tego samego producenta rys. J. Katarzyński, M. Olesz



Rys. 3. Charakterystyka  $Z_{tyrystor} = f(I_t)$  wyznaczona przez aproksymację charakterystyki  $I_t = f(U_t)$  oraz  $Z_{BE} = f(I_t)$  obliczona jako różnica pomiarów IPZ przy aktywnym BE oraz zamkniętym BR dla tyrystora SKKT 92, stanowiącego element wykonawczy toru BE zasilacza 30 kVA rys. J. Katarzyński, M. Olesz

transformatora sieciowego przez załączony tyrystor BE do miejsca zwarcia. Aby wymusić stan pracy UPS z aktywnym torem bypassu elektro-nicznego, w celu poprawnego wykonania pomiaru IPZ, należy w MENU zasilacza ustawić tryb ECO lub inną dostępną dla użytkownika opcję aktywacji BE. Z przeprowadzonych badań z użyciem dwóch różnych zasilaczy UPS o mocy 30 kVA oraz 6 różnych przyrządów wymuszających prądy probiercze od 3 do 140 A uzyskano wyniki pomiarów IPZ dla zasilacza UPS w trybie aktywnego BE, które zestawiono z wynikami uzyskanymi w stanie zamkniętego łącznika BR (**rys. 2**).

Mierniki oznaczone od 1 do 6 wymuszały kolejno prądy: 3, 6, 6, 6, 20, 140 A. Wykonane pomiary IPZ przeprowadzono w stanie biegu jałowego zasilacza, tzn. bez obciążenia jego wyjściu. W warunkach rzeczywistych, kiedy dochodzi do uruchomienia zasilacza UPS pomiary IPZ w obwodach zasilanych z UPS często wykonuje się bez obciążenia. W takich warunkach stwierdzono, że wyniki zmierzonej IPZ, dla zasilacza ustawionego w trybie aktywnego BE, są znacząco wyższe w przypadku stosowania przyrządów wymuszających prądy na poziomie kilku A. Dla zamkniętego łącznika BR wyniki pomiarów IPZ, wykonywanych przyrządami 1-6, różnią się maksymalnie 15%, natomiast dla trybu aktywnego BE prawie 400%. Pomiary IPZ przyrządem nr 6, który wymuszał prąd 140 A, pozwoliły dla analizowanego UPS uzyskać wynik najbliższy rzeczywistej wartości impedancji  $Z_{BE}$  w stanie zwarcia. Zwiększenie obciążenia na wyjściu zasilacza UPS powodowało zmniejszanie się różnic w pomiarze IPZ między przyrządami i ich zbliżanie do wartości zmierzonej przez miernik 6 dla aktywnego BE. Różnica w pomiarze IPZ dla stanu zamkniętego BR i aktywnego BE przyrządem 6 była stosunkowo mała i wskazywała na obecność dodatkowej impedancji w torze BE (15 mΩ).

Na **rysunku 3**, przedstawiono zmierzona impedancję BE, którego główną składową jest impedancja tyrystora  $Z_{tyrystor}$ , w funkcji prądu obciążenia. Drugą charakterystykę  $Z_{tyrystor} = f(I_t)$  wykonano przez aproksymację charakterystyki producenta  $I_t = f(U_t)$  dla zastosowanego w zasilaczu 30 kVA tyrystora SKKT 92B.

Fakt pokrywania się obu charakterystyk potwierdza zjawisko zmiennej pod wpływem obciążenia impedancji tyrystora, której stosunkowa duża wartość (dochodząca do 0,7 Ω, **rys. 3**) ma szczególne znaczenie przy niewielkich prądach probierczych wymuszanych przez przyrządy podczas pomiaru wykonywanego w stanie nieobciążonego zasilacza UPS. Im mniejszy prąd pomiarowy, tym większa zmierzona wartość IPZ przez miernik. Zaniżenie na tej podstawie wartości spodziewanego prądu zwarcia prowadzi do niewłaściwej oceny ochrony przeciwporażeniowej w obwodach zasilanych z UPS przez samoczynne wyłączenie zasilania. Zasilacze nieobciążone, obciążone niesymetrycznie (na przykład 50%, 30%, 2%) lub na poziomie kilku procent, co nie jest rzadkością w realnych warunkach eksploatacyjnych, uniemożliwiają dokonanie właściwego pomiaru IPZ. Większe prądy probiercze przyrządów wcale nie gwarantują prawidłowego wyniku pomiaru IPZ, jako że pomiar wykonany w obwodzie zasilanym przez UPS o mocy np. 1000 kVA, pracującym bez obciążenia, będzie obciążony błędem wynikającym z podwyższonej impedancji tyrystora BE dla prądu probierczego przyrządu, stanowiącego w tym przypadku kilka procent prądu znamionowego tyrystora  $I_{TRMS}$ .

Poprawnie zmierzona wartość IPZ w trybie aktywnego toru BE jest zaledwie o kilka procent większa w stosunku do pomiaru przy zamkniętym łączniku BR. Przy rzeczywistym zwarciu w obwodzie zasilanym z UPS w stanie normal-

nej pracy (PRZYPADK 2) przełączenie na tor BE oznacza przepływ prądu znacznie większego od prądu znamionowego tyrystora  $I_{TRMS}$ . W takich warunkach impedancja tyrystora może osiągać od kilku do kilkudziesięciu mΩ dla zdecydowanej większości produkowanych tyrystorów, używanych w zasilaczach UPS. Mając dostęp do danych producenta tyrystorów zainstalowanych w torze BE można wyznaczyć wzór (2) na impedancję  $Z_s$  w dowolnym punkcie obwodu zasilanego z UPS, z której będzie wynikał spodziewany prąd zwarcia przy obecnym napięciu sieci zasilającej.

$$Z_s \approx Z_{BR\_ON\_POMIAR} + Z_{tyrystor\_WYZNACZONA} \quad (2)$$

gdzie:

$Z_s$  – wyznaczona wartość IPZ w dowolnym punkcie obwodu zasilanego z UPS,  
 $Z_{BR\_ON\_POMIAR}$  – wartość zmierzonej IPZ w obwodzie zasilanym z UPS, w stanie zamkniętego BR zasilacza UPS,  
 $Z_{tyrystor\_WYZNACZONA}$  – odczytana z charakterystyki  $Z_{tyrystor} = U_t/I_t$  wartość impedancji tyrystora dla największej dostępnej wartości prądu.

Impedancję  $Z_{tyrystor\_WYZNACZONA}$  można odczytać z charakterystyki  $Z_{tyrystor} = U_t/I_t$  przez aproksymację  $I_t = f(U_t)$  dla prądów maksymalnych widocznych na tej charakterystyce. W czasie zwarcia rzeczywistego, w linii zasilanej z UPS przez tor EB, popłyną prądy porównywalne lub znacząco większe od prądu znamionowego  $I_{TRMS}$  tyrystora. Jeśli założyć wartość IPZ na wyjściu UPS, dla aktywnego toru BE, taką samą jak dla zamkniętego łącznika BR:

$$Z_s \approx Z_{BR\_ON\_POMIAR} \quad (3)$$

to popełnia się nieznaczny błąd prowadzący do zawyżania spodziewanego prądu zwarcia, co może prowadzić do niewłaściwej oceny ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania i dopuszczenia do eksploata-

Przyrząd do pomiaru IPZ ( $I_{TEST}$ [A])	$Z_1$ [mΩ] AC-DC-AC	$Z_2$ [mΩ] aktywny BE, bieg jałowy UPS	$Z_3$ [mΩ] zamknięty BR	$Z_4 = Z_2 - Z_3$ [mΩ]	$Z_5$ [mΩ] wg wzoru 5
1 (3 A)	160	590	180	410	190
2 (6 A)	40	380	180	200	190
3 (6 A)	30	300	170	130	180
4 (6 A)	170	300	170	130	180
5 (20 A)	390	200	150	50	160
6 (140 A)	478	164	150	14	160

Tabela 1. Porównanie zmierzonych IPZ na wyjściu zasilacza UPS w różnych trybach pracy ( $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$ ) oraz wyznaczonych wartości IPZ ( $Z_4$ ,  $Z_5$ ). Zasilacz UPS pracował bez obciążenia. Mierniki 3 i 4 pochodzą od tego samego producenta, gdzie:  $Z_1$  – zmierzona IPZ w trybie podwójnego przetwarzania energii,  $Z_2$  – zmierzona IPZ w trybie aktywnego BE, falownik zatrzymany, napięcie sieci obecne,  $Z_3$  – zmierzona IPZ w trybie zamkniętego BR,  $Z_4$  – różnica  $Z_2$  i  $Z_3$ , czyli impedancja toru BE,  $Z_5$  – obliczona impedancja według wzoru (2), która odpowiada wartości  $Z_5$ , łącznie z impedancją toru BE

cji instalacji systemu bezprzerwowego zasilania o wątpliwej niezawodności. W tabeli 1. przedstawiono wyniki pomiarów IPZ wykonanych 6 przyrządami w różnych trybach pracy zasilacza UPS i porównano je z wyliczoną wartością  $Z_5$  według wzoru (2).

Wyniki z tabeli 1. uśredniano na podstawie 3 kolejnych pomiarów, przeprowadzonych w tych samych warunkach. Zmierzone wartości  $Z_1$  różnią się od siebie ponad 10-krotnie dla różnych przyrządów. Pomiary wykonano podczas pracy w trybie podwójnego przetwarzania energii. W czasie pomiaru IPZ przyrządem nr 6 dochodziło do przełączenia zasilacza w tryb aktywnego BE, co prezentuje rysunek 4.

Wartość 478 mΩ zmierzona przez miernik 6 odpowiada wartości, wynikającej ze stanów nieustalonych w trakcie pomiaru, ale na podstawie tak zmierzonej wartości nie sposób wyciągnąć jakichkolwiek wniosków i na ich podstawie dokonać właściwej oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.

Podobne wartości IPZ do zmierzonej  $Z_1$  uzyskano w trybie pracy z baterii, za wyjątkiem przyrządu 6, który podczas pomiaru powodował ograniczenie prądowe falownika. Wartości  $Z_2$

oraz  $Z_3$  odpowiadają zmierzonym impedancjom odpowiednio dla aktywnego BE i zamkniętego BR (rys. 2.). Wartości  $Z_4$  w postaci charakterystyki  $Z_{BE}(I)$  przedstawiono na rysunku 3., natomiast w ostatniej kolumnie zestawiono wartości impedancji  $Z_5$  obliczone według wzoru (2). Wyznaczona wartość  $Z_{tyrystor}$  WYZNACZONA z charakterystyki  $Z=f(I)$  (rys. 2.) wynosiła 10 mΩ. Wartości  $Z_5$ , obliczone wg wzoru (2), różnią się od siebie ok. 15%, podobnie jak wyniki pomiaru IPZ przy zamkniętym BR ( $Z_3$ ), bez względu na producenta miernika i wartość wymuszanego przez przyrząd prądu probierczego. Oznacza to, że zmierzone wartości IPZ w stanie zamkniętego BR są bliskie wartości rzeczywistej (najbliższa wartości rzeczywistej jest wartość zmierzona miernikiem 6), oraz że podobny błąd występuje przy kalkulacji wartości  $Z_5$ .

### Pomiar IPZ podczas pracy autonomicznej zasilacza UPS (praca z baterii)

Wyniki pomiarów IPZ, wykonane różnymi przyrządami w warunkach pracy autonomicznej UPS, różniły się od siebie ponad 10-krotnie. Niektóre z nich wskazywały impedancję bliską 0 Ω (np. 30 mΩ), co prowadzić mogło do wniosku, że

spodziewany prąd zwarcia może wynieść ponad 7 kA, podczas gdy zmierzona wartość prądu w czasie zwarcia na zaciskach UPS wyniosła  $I_{linvmax1} = 98$  A. Algorytm obliczania impedancji przez różne przyrządy bazuje na pomiarach wymuszanego prądu oraz napięcia, ze szczególnym uwzględnieniem jego spadku w czasie przepływu prądu probierczego [9, 10, 18]. Falownik zasilacza UPS pod wpływem prądu obciążenia tak steruje pracą tranzystorów IGBT, aby napięcie na jego wyjściu stabilizować z jak największą dokładnością (typowo 1% z czasem reakcji na poziomie pojedynczych milisekund). W takich warunkach pomiar spadku napięcia przez przyrząd jest zaburzony. Efektem tego są wartości prądów spodziewanych znacznie większe od wynikających ze zmierzonych wartości IPZ dla przypadku zamkniętego łącznika BR zasilacza UPS. Na rysunku 5. przedstawiono spodziewane wartości prądów, obliczone na podstawie otrzymanych wyników IPZ dla warunku pracy autonomicznej zasilacza UPS.

Badania potwierdziły, że prądy ograniczone przez falownik zasilacza UPS w czasie zwarcia na ich wyjściu są znacznie mniejsze od prądów, które popłynęłyby przy wykonaniu próby przy zamkniętym łączniku BR i obecnym napięciu sieci. Wynika z tego wniosek, że wykonywanie pomiarów IPZ w obwodzie zasilanym z UPS w czasie jego pracy autonomicznej (dla PRZYPADKU III,  $Z_5 < Z_{lim}$ ) nie ma uzasadnienia, ponieważ obliczony lub zmierzony spodziewany prąd zwarcia w sposób istotny odbiega od wartości rzeczywistej  $I_{linvlim}$  (prąd ograniczony falownika), o której decyduje producent UPS.

Takie same testy przeprowadzone na końcu kabla podłączonego do zacisków wyjściowych UPS skutkowały mniejszym rozrzutem zmierzonych wartości IPZ. Im większa impedancja podłączonego do wyjścia UPS przewodu tym mniejszy rozrzut zmierzonych wartości IPZ. Kiedy wartość impedancji dołączonego przewodu do wyjścia

UPS osiągnęła 1 Ω rozrzut wyników pomiaru IPZ został zredukowany do 30%. Oznacza to, że błąd pomiaru jest większy przy mniejszej impedancji kabla, czyli jeżeli maleje odległość punktu pomiarowego od zacisków wyjściowych UPS.

### Algorytm pomiaru IPZ w obwodach zasilanych z UPS

Na podstawie analizy wyników pomiarów IPZ oraz stanów nieustalonych w UPS podczas zwarcia zaproponowano autorski algorytm wyznaczania IPZ w obwodach zasilanych z UPS (rys. 6.).

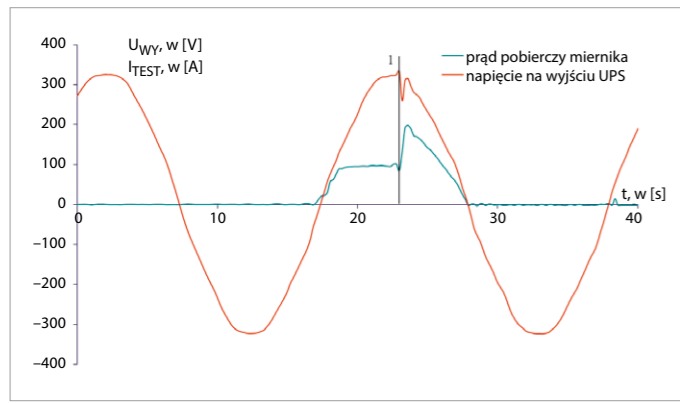
Ocena skuteczności ochrony przeciwporażeniowej obejmuje dwa tryby pracy zasilacza, tj. tryb podwójnego przetwarzania energii oraz tryb autonomiczny. Procedura przewiduje wykonanie pomiaru impedancji pętli zwarcia jedynie dla trybu aktywnego BE przy obciążeniu zasilacza na poziomie minimum 50% (wartość umowna). Dla takiego obciążenia impedancja tyrystora na charakterystyce  $Z_{tyrystor} = f(I)$  znajduje się w części przylegającej do osi X, co oznacza, że jej wartość (na poziomie kilkunastu mΩ, jest bliska wartości rzeczywistej w czasie zwarcia. Jeżeli obciążenie zasilacza wynosi poniżej 50% wartości znamionowej to błąd wynikający z zawyżania IPZ prowadzi do niewłaściwej oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania. W takim wypadku należy zgodnie z procedurą wykonać pomiar IPZ przy zamkniętym bypasy ręcznym BR i zgodnie ze wzorem (2) wyznaczyć IPZ. Tryb pracy baterijnej nie wymaga pomiaru IPZ. Wyznaczanie wartości spodziewanego prądu zwarcia polega jedynie na odczytaniu wartości ograniczonego prądu falownika  $I_{linvlim}$  z danych producenta UPS. Na podstawie tej wartości wystarczającym jest sprawdzenie warunku zadziałania zabezpieczenia pod wpływem prądu  $I_{linvlim}$  dla przypadku  $Z_5 < Z_{lim}$ . Algorytm nie przewiduje pomiaru IPZ dla warunku  $Z_5 > Z_{lim}$  ponieważ zwarcia odległe są bardzo rzadkie (znaczne odległości od UPS). Ponadto w przypadku zwarcia odległego  $Z_5 > Z_{lim}$  zasilacz stabilizuje napięcie na jego wyjściu, traktując prąd zwarcia co najwyżej jako przeciążenie, czego efektem jest zadziałanie poprawnie dobranych zabezpieczeń na skutek wymuszenia przez falownik prądu o wartości co najmniej takiej, jaka pojawiłaby się przy zamkniętym łączniku BR zasilacza UPS.

Na podstawie badań stanów nieustalonych w zasilaczach UPS podczas zwarcia w obwodach przez niego zasilanych oraz otrzymanych wyników pomiarów IPZ w stanie pracy normalnej UPS należy stwierdzić, że prąd zwarcia w danym punkcie instalacji bez zasilacza UPS oraz z zain-

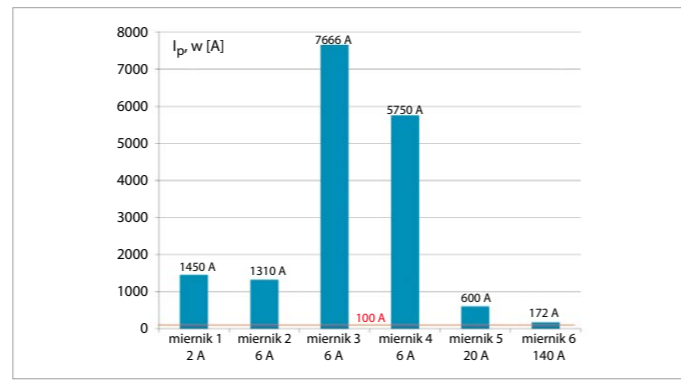
stalowanym zasilaczem jest porównywalny. Wynika z tego fakt, że ochrona przeciwporażeniowa przez samoczynne wyłączenie zasilania w obwodach zasilanych z UPS jest w zdecydowanej większości przypadków spełniona [6]. Szczególne przypadki mogą dotyczyć tych obwodów instalacji elektrycznej, które mając spełniony warunek ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania na granicy zadziałania zabezpieczenia bez udziału UPS (przed jego zainstalowaniem) nie spełniają go po zainstalowaniu UPS. W takiej sytuacji prąd  $I_a$ , wyłączający urządzenie ochronne w wymaganym czasie, może być jeszcze wystarczająco duży w instalacji bez zasilacza UPS, ale zbyt mały po jego zainstalowaniu na skutek nieznacznego wzrostu wartości  $Z_5$ , wynikającej z impedancji w torze BE [6, 22–25].

Odmienne wygląda sytuacja podczas zwarcia w obwodzie zasilanym z UPS w trybie autonomicznym. Brak zadziałania zabezpieczenia na skutek ograniczenia prądu przez falownik w czasie zwarcia może skutkować pojawieniem się napięcia dotykowego większego od określonego normą [6] przez czas dłuższy niż 0,4 s. Istnieje pewna długość przewodu podłączonego do zasilacza UPS, na końcu którego zabezpieczenie zadziała, kiedy zwarcie nastąpi podczas pracy w trybie podwójnego przetwarzania energii zasilacza [26] i kiedy nie zadziała podczas pracy autonomicznej, a jednocześnie wystąpi napięcie dotykowe  $U_d > 50$  V przez czas dłuższy niż 0,4 s [6]. Sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej powinno zatem obejmować analizę przypadku obwodów zasilanych z UPS w trybie autonomicznym. Jeżeli dla zasilacza podtrzymującego prąd zwarcia przez czas dłuższy niż 0,4 s zabezpieczenie nie ma możliwości zadziałania na skutek zbyt małej wartości prądu  $I_a$ , to konieczne jest sprawdzenie warunku wartości napięcia dotykowego  $U_d < 50$  V. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony to należy zastosować dodatkowe środki ochrony przeciwporażeniowej, a jeżeli nie jest to możliwe wymienić zabezpieczenia spełniające warunek zadziałania pod wpływem prądu  $I \geq I_a$  dla zasilacza pracującego w trybie autonomicznym, co może się jednak okazać trudne ze względu na wartość prądu obciążenia w danym obwodzie (wymiana zabezpieczenia na takie, którego prąd znamionowy jest mniejszy od prądu znamionowego istniejącego zabezpieczenia może okazać się niemożliwa).

W ciągu 10 lat doświadczeń związanych z zasilaczami UPS autorzy napotykali na trudności w wyjaśnieniu różnic wyników pomiarów IPZ w obwodach zasilanych z UPS bez możliwości znalezienia odpowiedzi w dostępnej literaturze.



Rys. 4. Przebieg prądu i napięcia podczas pomiaru IPZ miernikiem nr 6. Prąd probierczy o wartości 140 A powoduje przełączenie z pracy falownikowej na tor BE (znacznik 1 – moment przełączenia) rys. J. Katarzyński, M. Olesz



Rys. 5. Spodziewane prądy zwarcia obliczone na podstawie zmierzonych impedancji dla trybu pracy autonomicznej UPS. Czerwoną linią zaznaczono maksymalny prąd falownika w czasie rzeczywistej próby zwarcia podczas pracy autonomicznej zasilacza UPS ( $I_{linvmax1} = 98$  A) rys. J. Katarzyński, M. Olesz

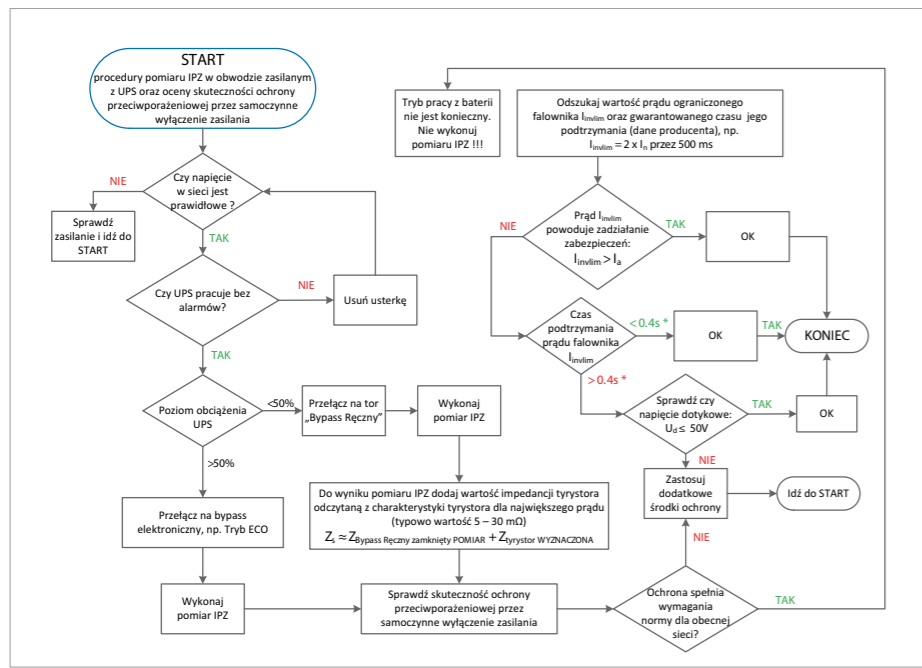


Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

„Podstawy projektowania przydomowych systemów fotowoltaicznych”

Dostępne od ręki o każdej porze i bez względu na to, gdzie jesteś!

kursy.elektro.info.pl



Rys. 6. Algorytm wyznaczania IPZ w obwodach zasilanych z UPS-ów oraz oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania, gdzie:  $I_{lim}$  – prąd ograniczony falownika podczas zwarcia (dane producenta UPS),  $I_a$  – prąd wyłączający urządzenie ochronne w wymaganym czasie, zgodnie z [6]; \* zgodnie z tablicą 1 normy [6], dopuszczalne czasy wyłączenia zasilania dla 230VAC w obwodach gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nie większym niż 63 A lub, zainstalowanych na stałe o prądzie znamionowym nie większym niż 32 A rys. J. Katarzyński, M. Olesz

Dyskusje doprowadziły autorów do wniosku, że najlepszym sposobem poprawnie wykonanego pomiaru IPZ jest zamknięcie BR, co często okazało się niemożliwe ze względu na brak ochrony odbiorów chronionych przed zaburzeniami w sieci dla tego trybu pracy UPS. Wyniki okazały się powtarzalne i bliskie oczekiwanych wartości prądów spodziewanych. Większość przy-

padków uruchomienia zasilacza UPS odbywa się bez udziału obciążenia na wyjściu UPS, ale warto też wspomnieć o sytuacjach, kiedy obciążenie na wyjściu UPS jest asymetryczne (np. L1 – 60%, L2 – 50%, L3 – 0%), wówczas wyniki zmierzonych wartości IPZ będą różniły się znacząco.

Wykonanie pomiarów IPZ w takich warunkach obciążenia UPS-a jest ryzykowne (niepewne) z powodu stosunkowo niewielkiego prądu probierczego mierników do pomiaru IPZ. Przyrząd wymuszający prąd 140 A jest zdecydowanie mało popularnym miernikiem używanym do pomiarów. Odpowiedzialność producentów zasilaczy UPS jest ograniczona do samych zasilaczy, a więc jedynym sposobem na poprawne wykonanie pomiaru IPZ w obwodach zasilanych z UPS jest odpowiednia wiedza praktyczna.

Autorzy brali udział w uruchomieniu instalacji UPS o mocy 2,4 MVA w Polsce oraz innych obiektów, w których dla znaczących mocy zasilaczy mierzono wartości  $Z_s$  niższe od 0,1  $\Omega$ . W takich przypadkach kluczową jest właściwa procedura pomiarowa gwarantująca poprawną ocenę skuteczności ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania.

### I Wnioski

1. Zwarcie pobliskie ( $Z_s < Z_{lim}$ ) w czasie pracy normalnej zawsze powoduje przełączenie zasilacza w tryb aktywnego bypassu elektronicznego BE.

2. Zwarcie pobliskie ( $Z_s < Z_{lim}$ ) w czasie pracy autonomicznej zawsze powoduje pracę falownika na ograniczeniu prądowym o wartości typowej dla danego typu zasilacza przez czas określony przez producenta zasilacza UPS.

3. Niewłaściwie wykonane pomiary IPZ w obwodach zasilanych z UPS mogą prowadzić do dopuszczenia instalacji z wadliwie dobranymi zabezpieczeniami, przez co dedykowane, szczególnie ważne odbiorniki energii elektrycznej, włączone w system bezprzerwowego zasilania zamiast pracować w systemie o wyższym poziomie bezpieczeństwa i niezawodności, mogą być narażone na awarie i wyłączenia.

4. Pomiar IPZ w dowolnym punkcie obwodu zasilanego z UPS, podczas jego pracy w trybie podwójnego przetwarzania energii oraz w trybie autonomicznym, nie ma uzasadnienia, ponieważ przeliczony lub zmierzony spodziewany prąd zwarciovowy w sposób istotny odbiega (jest o wiele większy) od wartości rzeczywistej, wynikającej z ograniczenia prądowego falownika (wartość ustawiana przez producenta UPS, zależna od parametrów zastosowanych tranzystorów).

5. Pomiar IPZ w obwodzie zasilanym z UPS, który pracuje bez obciążenia lub z niewielkim obciążeniem ma miejsce kiedy:

- zasilacz jest pierwszy raz uruchamiany na obiekcie,
- obciążenie na wyjściu UPS jest asymetryczne (np. L1 – 60%, L2 – 50%, L3 – 0%),
- zasilacz jest mocno przewymiarowany z uwagi na charakter pracy odbiorników, może skutkować niewłaściwą oceną i prowadzić do niepoprawnych wniosków.

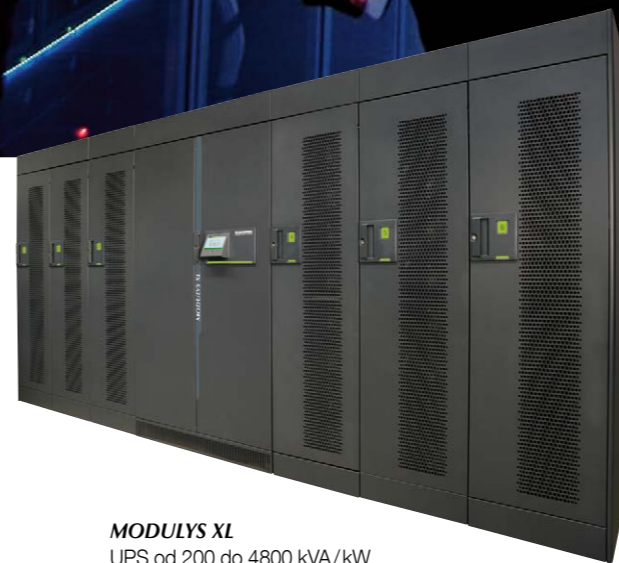
6. Przedstawiony algorytm wyznaczania IPZ w obwodach zasilanych z UPS ma charakter autorski, a procedura weryfikowania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w obwodzie wyjściowym zasilacza UPS uzupełnia brakujący element wiedzy w zakresie ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie zasilania.

literatura do artykułu na [elektro.info.pl](http://elektro.info.pl)

Artykuł jest polską wersją artykułu pt. „Fault Loop Impedance Measurement in Circuits Fed by UPS and Principle of Safety Protection”, który ukazał się w czasopiśmie SUSTAINABILITY w dniu 5.12.2020 (link do wersji oryginalnej: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/23/10126>).



When energy matters



MODULYS XL  
UPS od 200 do 4800 kVA/kW

**WOW!** “Ten modułowy zasilacz UPS jest zawsze dostosowany do potrzeb użytkownika i wymagań systemowych. Jest znakomity!”

Należący do serii ULTIMATE zasilacz UPS MODULYS XL jest modułowym systemem UPS bazującym na blokach o mocy 200 kW:

- umożliwiają zaprojektowanie jednostki UPS od 200 do 1200 kW,
- może pracować równoległe do 4 jednostek (maks. 4.8 MW),
- zapewnia zaawansowaną elastyczność i skalowalność mocy wymaganą w najbardziej krytycznych aplikacjach,
- instalacja lub wymiana modułu mocy w 5 minut przez jedną osobę.





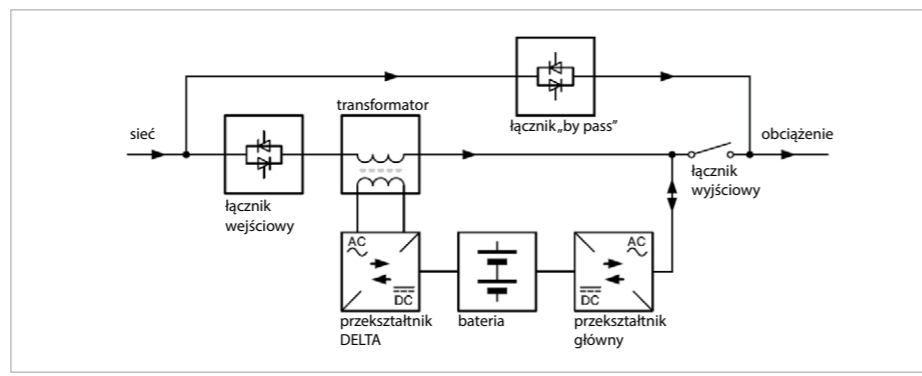
# Zasilacze UPS z podwójną konwersją

Anomalie pogodowe coraz częściej są przyczyną zaników napięcia i przerw w zasilaniu. Niestety, błędnie pojmowana ochrona przyrody powoduje, że drzewa rosnące pod linią napowietrzną lub w jej pobliżu nie są poddawane zabiegom pielęgnacyjnym – przycięciu gałęzi, które mogą uszkodzić linię napowietrzną.

Oddziałujące zaburzenia bądź przerwy w zasilaniu odbiorników mogą powodować utratę przetwarzanych danych, uszkodzenie urządzeń, przegrzewanie się systemów z uwagi na wyłączenie klimatyzacji, a w konsekwencji ich natychmiastowe zatrzymanie lub uszkodzenie. Zabezpieczeniem przed tego typu zjawiskami jest zastosowanie systemów zasilania gwarantowanego, w tym zasilaczy UPS. W przypadku wystąpienia zaburzeń w sieci bądź przerw w dostarczaniu energii elektrycznej umożliwiają one podtrzymanie zasilania wrażliwych odbiorników w określonym czasie [1, 3]. Dobierając zasilacz UPS do konkretnego przypadku warto dokładnie przeanalizować kilka istotnych kwestii, które mogą decydować o właściwym doborze i długoletnim zadowoleniu jego użytkownika.

## I Rozmieszczenie odbiorników

W zależności od rozmieszczenia odbiorników w obiekcie lub obiektach, należy rozważyć zastosowanie centralnego systemu zasilania z jednym lub kilkoma UPS-ami zasilającymi wszystkie odbiory lub zasilanie rozproszone, tzn. UPS-y o mniejszej mocy zasilają mniejsze grupy odbiorników, najczęściej w ich pobliżu. Właściwy wybór wynika z wymagań niezawodności układu zasilania, naturalnie wynikającego podziału na grupy, z kalkulacji kosztów systemu zasilania gwarantowanego i instalacji zasilającej [1, 2, 3]. Należy pamiętać, że małe zasilacze UPS nie mają wielu funkcji i zaawansowanych rozwiązań technologicznych, takich jak zasilacze dużej mocy, stąd ich niezawodność może być znacznie obniżona. Dlatego przy projektowaniu, doborze konfiguracji zasilaczy UPS



Rys. 1. Przykładowy uproszczony schemat zasilacza UPS typu „Delta” [4]

w baterii należy uwzględnić czas podtrzymania poszczególnych grup odbiorników. Należy pamiętać o właściwym doborze: układu połączeń odbiorników lub ich grupy, urządzeń do dystrybucji zasilania i tory obciążeniowej, a także przeanalizować sytuacje awaryjne, okresowe wyłączenia urządzeń do przeglądów i konserwacji oraz określić najniższe punkty systemu zasilania. Na podstawie uzyskanych od producentów danych należy również wyliczyć niezawodność projektowanego systemu.

## I Dobór mocy UPS-a

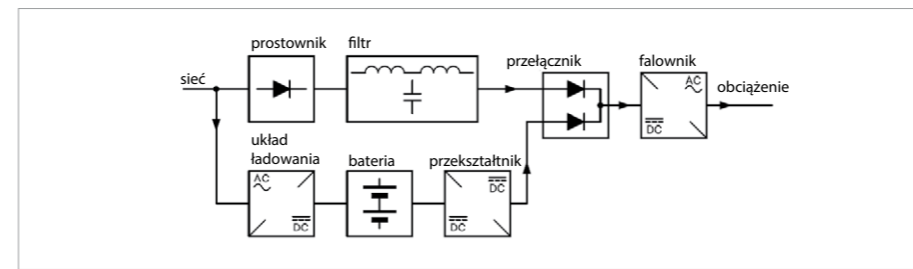
Moc znamionowa UPS-a jest mocą na wyjściu zasilacza, czyli jest to moc, jaką UPS jest w stanie dostarczyć do odbiorników. Moc pobierana przez UPS jest większa o wartość strat, moc potrzebną na doładowanie baterii akumulatorów i zniekształcenia w sieci zasilającej spowodowane przez UPS. Mając koncepcję układu zasilania gwarantowanego można przystąpić do doboru mocy poszczególnych zasilaczy UPS. Po wyliczeniu mocy zapotrzebowanej przez odbiory należy dobrać moc UPS-a. Ponieważ współczynnik mocy wyjściowej UPS-a jest różny dla różnych konstrukcji, należy uwzględnić zarówno moc pozorną, w [VA], jak i moc czynną, w [W]. Przy doborze mocy zaleca się uwzględnienie potrzeb na przyszłą rozbudowę odbiorników. Zwykle przewymiarowanie wynosi 20% mocy odbiorników. Niektóre zasilacze UPS mają możliwość zwiększenia mocy poprzez aktuali-

zację oprogramowania UPS-a, bez konieczności dokładania dodatkowych elementów systemu. Innym rozwiązaniem są zasilacze modułowe, które można rozbudowywać stopniowo poprzez dokładanie kolejnych modułów mocy i baterijnych. Taka możliwość zapewnia rozbudowę systemu w przyszłości nawet kilkukrotnie. Należy jednak dobrać kable i inne elementy obwodu zasilania na moc docelową [2, 3]. Dla UPS-ów średniej i dużej mocy moc odbiorników może być pokryta przez sumę mocy UPS-ów pracujących równolegle (sumacyjnie).

## I Topologia wykonania

Topologia off-line (VFD) charakteryzuje się tym, że UPS pracuje normalnie z sieci filtrując napięcie wejściowe, napięcie i częstotliwość wyjściowa nie są regulowane, tzn. ich parametry są takie jak sieci zasilającej. Po przekroczeniu parametrów zakresu napięcia wejściowego lub częstotliwości, następuje przełączenie na pracę baterijną w czasie kilku milisekund. UPS zasila odbiory do czasu rozładowania baterii lub powrotu napięcia zasilającego do akceptowalnych parametrów [1, 2, 3].

O topologii line-interactive (VI) mówimy wówczas, gdy UPS pracuje normalnie z sieci o niezależnej częstotliwości (jak częstotliwość sieci) i regulowanej wartości napięcia w zadanym przedziale bez wykorzystania energii z baterii akumulatorów. Gdy napięcie i częstotliwość sieci znajdują się poza zadaną tolerancją, następuje



Rys. 2. Topologia UPS o konfiguracji mieszanej „off-line-on-line” [4]

je przełączenie na pracę z baterii, tak jak ma to miejsce w zasilaczach off-line. Generalnie różnica pomiędzy VFD i VI polega na możliwości regulacji wartości napięcia zasilającego w czasie pracy normalnej [1, 2, 3].

Topologia on-line (FVI) – UPS w czasie pracy normalnej dwukrotnie konwertuje energię ac/dc i dc/ac, na wyjściu UPS-a dostarczane jest zasilanie o stabilnych parametrach napięcia i częstotliwości. Gdy zasilanie sieciowe nie spełnia warunków dopuszczalnych przez UPS (napięcie, częstotliwość) następuje przełączenie na pracę z baterii, przy czym na wyjściu zasilacza UPS nie występuje przerwa w zasilaniu. Zmiana trybu pracy odbywa się w zerowym czasie [1, 2, 3]. Topologia on-line stanowi najlepsze rozwiązanie zarówno dla odbiorników IT, przemysłowych, jak i innych wymagających zastosowań.

## I Układy typu „Delta” (VI)

Układy UPS typu „Delta” są stosunkowo nowym rozwiązaniem, które zostało wprowadzone w celu wyeliminowania niektórych wad topologii z podwójnym przetwarzaniem. Podobnie jak w układach z podwójnym przetwarzaniem, przetwornik jest cały czas włączony i dostarcza moc do odbiorników, jednak jest to tylko część mocy niezbędna do uzyskania właściwych parametrów napięcia wyjściowego, tzw. moc regulacji [4].

Pozostała moc, znacznie większa od mocy regulacji, w czasie normalnej pracy jest przekazywana bezpośrednio z sieci zasilającej bez konieczności przetwarzania ac/dc/ac. Właściwość ta jest podstawową zaletą przetwarzania typu „Delta”, która pozwala na uzyskiwanie znacznie większych sprawności w czasie normalnej pracy. Wadą natomiast jest, w stosunku do układów o podwójnym przetwarzaniu, brak możliwości regulacji częstotliwości. Konfiguracja „Delta” umożliwia również bardzo efektywne ograniczanie zniekształceń harmonicznych prądów pobieranych z sieci zasilającej, co pozwala na uzyskiwanie przebiegów zbliżonych do sinusoidalnych oraz współczynnika mocy zbli-

żonego do 1, który zależy od podłączonych odbiorników. Rozwiązania typu „Delta” są obecnie coraz powszechniej stosowane w bardzo szerokim zakresie mocy znamionowych od kilku kVA do kilku MVA [4].

Przykładowy sposób realizacji UPS typu „Delta” z transformatorem sprzęgającym przedstawiono na rysunku 1. Przetwornik główny o mocy równej mocy znamionowej UPS-a oraz przetwornik „Delta” o mocy zazwyczaj około 30% mocy znamionowej współpracują z baterią akumulatorów, umożliwiając dwukierunkowy przepływ energii [4].

Przetwornik „Delta” jest podłączony do uzwojenia pierwotnego transformatora, którego uzwojenie wtórne jest włączone szeregowo w obwodzie zasilania sieciowego. Układ regulacji poprzez przetwornik główny utrzymuje na wyjściu zadaną amplitudę i kształt napięcia, zatem napięcie na uzwojeniu szeregowym transformatora powinno być równe różnicy napięcia chwilowego pomiędzy napięciem zasilania a wyjściowym. Zadaniem przetwornika „Delta” jest wytworzenie takiego prądu w zasilanym pierwotnym uzwojeniu transformatora, aby uzyskać wymaganą różnicę napięć. Dodatkową rolą przetwornika „Delta” jest również takie oddziaływanie poprzez transformator sprzęgający, aby uzyskać pożądaną kompensację zniekształceń harmonicznych oraz współczynnika mocy prądu pobieranego z sieci zasilającej, czyli uzyskanie sinusoidalnego kształtu prądu będącego w fazie z napięciem [4].

## I Układy typu „off-line – on-line” (VFI)

Układy o topologii mieszanej (rys. 2.) są stosowane w UPS o mocach znamionowych do 10 kVA, które są często nazywane jako „online”, pomimo że przetwornik dc/dc przetwarzający napięcie z baterii akumulatorów do poziomu napięcia wyprostowanego sieci zasilającej pracuje w trybie „off-line”. Zastosowanie natomiast diodowego układu przełączania źródła energii sieć/akumulator pozwala na odpowiednio wcześnie wykrycie zaniku zasilania sieciowego

PREMIERA  
ENERGETAB  
2022



Lucjan Myrda

Poradnik.  
Dokumentowanie  
właściwości pożarowych  
wyrobów budowlanych

Jak sprawdzić, czy kupowany lub przewidziany do zastosowania wyrób posiada oczekiwane właściwości?

Stan prawny: lipiec 2022

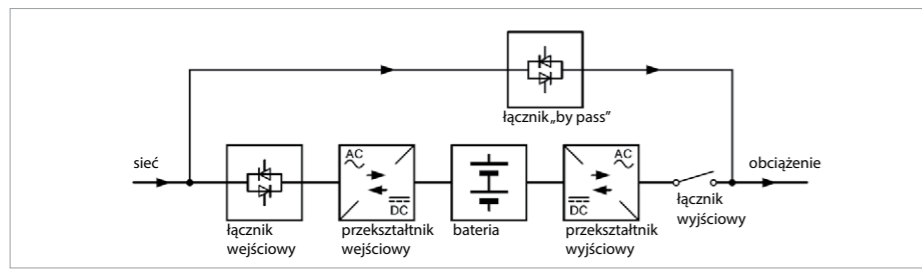
Książka zawiera materiały pomocnicze dotyczące dokumentowania właściwości wyrobów budowlanych!

Publikacja miesięcznika



Zamów:

www.wydawniczy.pl



Rys. 3. Topologia UPS o podwójnej konwersji [4]

oraz całkowicie bezprzerwowe przejście w tryb zasilania akumulatorowego. Można zatem zgodzić się z zaliczeniem tego rozwiązania do klasy „on-line” w sensie funkcjonalnym, pomimo że układ w rzeczywistości pracuje w trybie „off-line”. Jest to jedno z dość często stosowanych rozwiązań, w którym powszechnie przyjęta klasyfikacja może prowadzić do nieporozumień. Zaletą takiego rozwiązania jest uzyskany końcowy efekt funkcjonalny jak dla klasy „on-line”, gdzie możliwe jest bezprzerwowe przejście z trybu zasilania sieciowego do akumulatorowego przy jednoczesnym zwiększeniu sprawności całego układu na skutek zastosowania trybu pracy „off-line” przekształtnika dc/dc [4].

Natomiast układy z podwójnym przetwarzaniem są najczęściej stosowanymi układami w zakresie mocy znamionowych powyżej 10 kVA, typową topologią przedstawiono na **rysunku 3**. Najistotniejszą cechą odróżniającą układy z podwójnym przetwarzaniem od pozostałych topologii jest wytwarzanie całkowitej mocy wyjściowej poprzez przekształtnik wyjściowy we wszystkich stanach pracy, co ma zarówno pozytywne, jak i negatywne skutki. Napięcie wyjściowe jest całkowicie niezależne od stanów przejściowych występujących przy zmianach trybu pracy, ponieważ nie występują żadne procesy komutacyjne obwodów wyjściowych, cały czas napięcie wyjściowe jest wytwarzane przez ten sam układ przekształtnikowy. Niestety, ciągła praca przekształtnika, w szczególności w trybie normalnym, powoduje zmniejszenie sprawności przetwarzania oraz duże znaczenie ma eksploatacyjne zużycie elementów [4].

### Zgodność z parametrami sieci zasilającej

Podstawowe parametry elektryczne, które musi spełniać UPS: napięcie i częstotliwość, odpowiednia liczba faz, układ sieci, zgodność faz dla podwójnych torów zasilania i toru obejściowego. Jeżeli parametry te nie są zagwarantowane, należy obwód zasilania uzupełnić o dodatkowe elementy, takie jak transformatory, konwertery częstotliwości, wspólne linie zasilania

dla linii wejściowych i toru bypassu serwisowego lub układy synchronizacji napięcia wyjściowego falownika z napięciem linii zasilającej tor obejściowy [2, 3].

Przy przełączeniu zasilania UPS-a z sieci elektroenergetycznej na pracę z zespołu prądowłórczego (szczególnie dla systemów średniej i dużej mocy) przydatna jest funkcja „miękkiego startu”, czyli stopniowego zwiększania mocy pochodzącej z zespołu prądowłórczego, przy jednoczesnym zmniejszaniu mocy pobieranej z baterii akumulatorów.

### Dobór baterii akumulatorów do wymaganego czasu podtrzymania

Informacje o czasach podtrzymania można znaleźć w tabelach czasów podtrzymania zamieszczonych w specyfikacjach producenta lub wyliczyć na podstawie parametrów elektrycznych zasilacza UPS. UPS-y posiadają baterie akumulatorów wewnętrzne (znajdujące się we wspólnej obudowie z elektroniką UPS-a) lub baterie zewnętrzne. W UPS-ach małej mocy baterie zewnętrzne wykonane są w postaci modułów bateryjnych (najczęściej w obudowach dopasowanych do zasilaczy UPS). W większych jednostkach UPS baterie zewnętrzne umieszczone są w zamkniętych szafach fabrycznych lub na otwartych lub zamkniętych stojakach bateryjnych. Większość UPS-ów jednofazowych o małej mocy posiada baterie wewnętrzne, zapewniające pracę 5–10 minut przy pełnym obciążeniu. Jeżeli wymagany jest dłuższy czas podtrzymania, można [2, 3]:

- » przewymiarować UPS-a, wybierając o większej mocy z większą pojemnością baterii wewnętrznych,
  - » wybrać model UPS-a oferujący dłuższy czas podtrzymania,
  - » dobrać zewnętrzne moduły bateryjne,
  - » wyłączyć część odbiorników, jeśli istnieje taka możliwość (przy użyciu oprogramowania do zarządzania pracą UPS-a), pozostawiając więcej energii dla odbiorników krytycznych.
- Należy zwrócić uwagę, że liczba zewnętrznych modułów bateryjnych jest ograniczona

wydajnością ładowarki zasilacza UPS. Większe pojemności baterii wymagają dłuższego czasu ładowania, przez co UPS nie jest w krótkim czasie gotowy do podjęcia pracy po wcześniejszym rozładowaniu baterii.

UPS-y dużej mocy mają najczęściej ładowarki baterii o regulowanym prądzie ładowania. Funkcja ta daje możliwość szybkiego naładowania baterii, a z drugiej strony, może ograniczyć wartość prądu pobieranego z sieci zasilającej (co może okazać się przydatne przy limitach dostępnej mocy lub doborze zabezpieczeń). Należy zwrócić uwagę, że niektóre zasilacze UPS wymagają stosowania wyłączników bateryjnych ze stykami pomocniczymi podnapięciowymi i cewką wyzwalającą [2, 3].

Ze względów niezawodnościowych zaleca się stosowanie co najmniej dwóch gałęzi baterii akumulatorów (eliminacja pojedynczego punktu awarii). Niektórzy producenci baterii zalecają stosowanie nie więcej niż 4 gałęzi oraz wymagają stosowania takich samych typów baterii w każdej gałęzi.

### Podsumowanie

Dla odbiorników o mocy do około 40kVA wymagających zasilania przy krótkich przerwach rzędu kilkudziesięciu sekund ciekawym rozwiązaniem może być zastosowanie zasilacza UPS z superkondensatorami lub dynamicznymi zasobnikami energii. Zestawy takie mogą również pracować wiele lat w szerokim zakresie zmian temperatury otoczenia od -40 do +60 °C.

Interesującymi rozwiązaniami w zasilaczach VFI są różne tryby „eco”, które zapewniają zwiększenie efektywności energetycznej przy jednoczesnym zapewnieniu niezawodności zasilania. W trybie tym odbiorniki są zasilane przez statyczny tor obejściowy z możliwością przełączenia na podwójną konwersję, w czasie <2 ms w przypadku jakichkolwiek nieprawidłowości ze strony źródła zasilania. Przy pracy w trybie ekonomicznym, odbiorniki są najczęściej chronione przez zintegrowane zabezpieczenie przeciwprzepięciowe i filtry wejściowe.



### ABSTRACT

**Double Conversion UPS**  
The article discusses the basic topologies used in UPS. Attention has been paid to the selection of the power of the UPS unit.  
**Keywords:** UPS, uninterruptible power supply, battery selection.

# Niezawodna serwerownia? To nasza specjalność.

## PROWADZIMY CAŁY PROCES



	KONCEPCJE, PROJEKTOWANIE SERWEROWNI		BUDOWA LUB MODERNIZACJA SERWEROWNI „POD KLUCZ”
	ZASILACZE UPS - MODUŁOWE I MONOBLOKOWE O SPRAWNOŚCI >97%		AGREGATY PRĄDOWŁÓRCZE, KOGENERACJA I TRIGENERACJA
	KLIMATYZACJA PRECYZYJNA		SYSTEMY GASZENIA GAZEM I DETEKCJI
	PRODUKCJA I DOSTAWA SERWEROWNI KONTENEROWYCH		INSTALACJE ELEKTRYCZNE I NISKOPRĄDOWE
	CERTYFIKACJA UPTIME, TIA-942, EN 50600		UTRZYMANIE WSZYSTKICH SYSTEMÓW SERWEROWNI

Inżynierska firma rodzinna działająca od 1990 roku.

Skontaktuj się z nami

Al. 3 Maja 12  
00-391 Warszawa

tel: +48 22 625 10 18  
email: info@fast-group.pl

www.fast-group.pl

# Tryby pracy w zasilaczach UPS

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 wybrane 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 uniezależnieniem 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 odbiorniki 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.

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.

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 50Hz na 150Hz (prąd przechodzi przez oś X 6 razy w ciągu okresu/20ms). Zjawiska te nakładają się, a w stanie ustalonym występuje niekorzystne

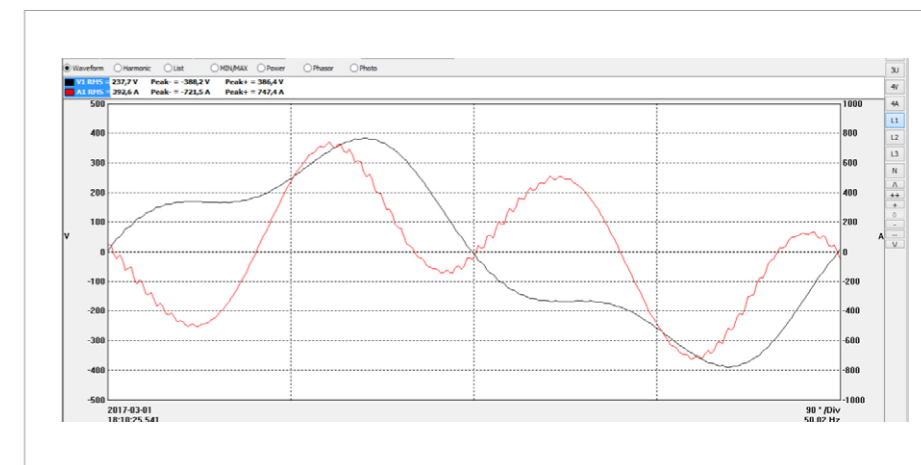
zjawisko przeciążeń po stronie UPS oraz grzania się układu rozruchowego lamp i ich migotania.

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

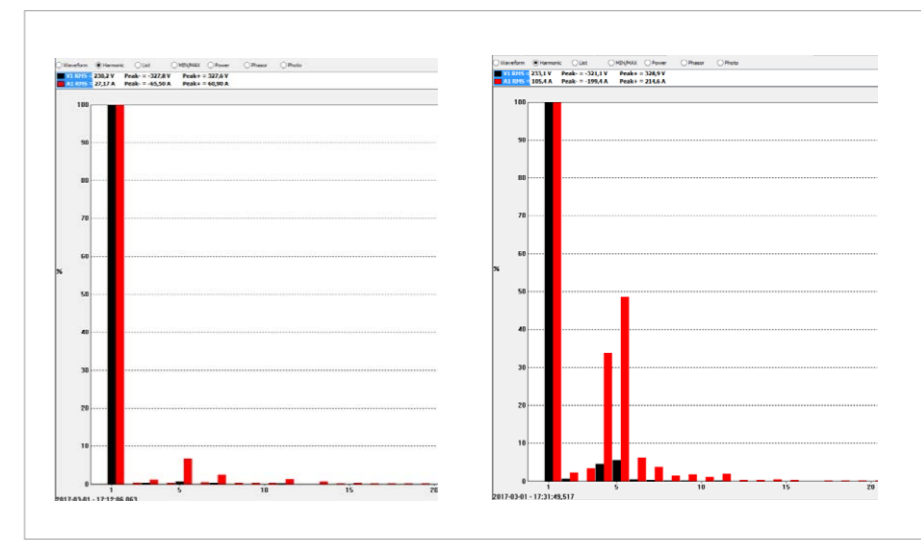
- » bezpośrednio z sieci (poprzez bypass elektroniczny UPS),
- » z falownika.

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 odbiorców.

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 60kVA 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



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



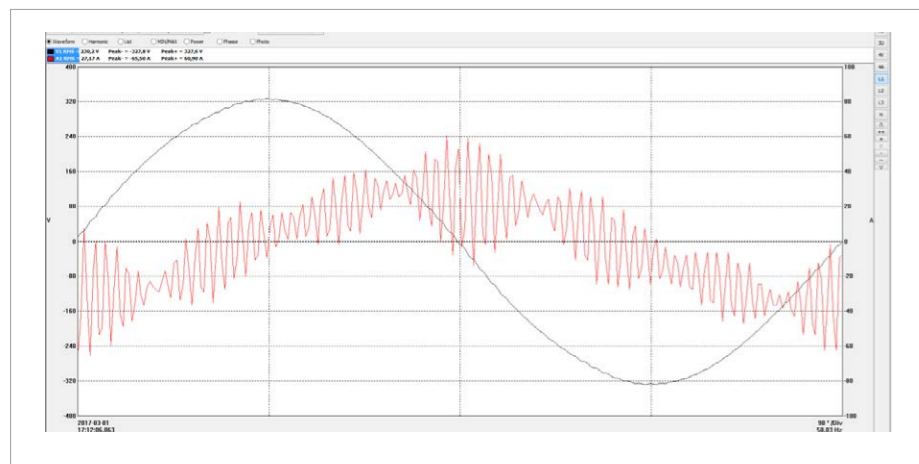
Rys. 2. Zawartość harmonicznych THDi (czerwony), THDu (czarny) w fazie L1 dla przypadku: a) zasilania z bezpośrednio z sieci, b) z falownika UPS

ekonomicznym i przełączające się na tryb pracy z falownika po zaniku w sieci.

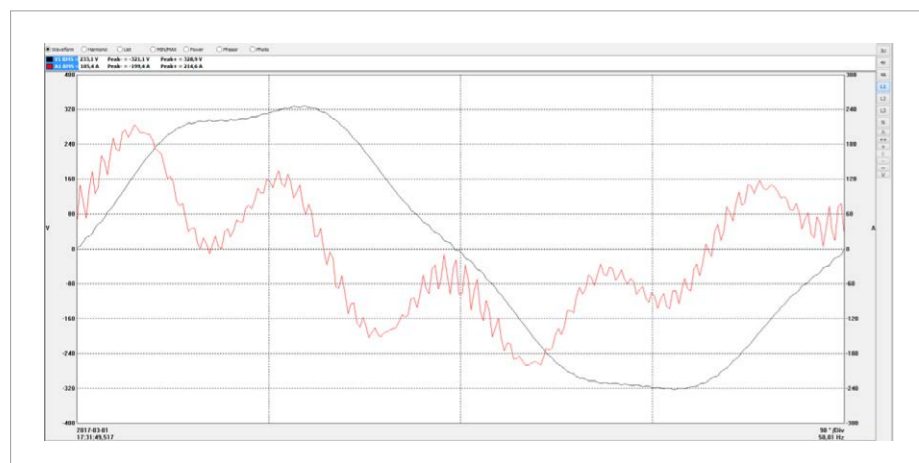
Na wyjściu falownika elementem łączącym napięcie z odbiorcami może być tyrystor lub stycznik. W przypadku tyrystorów osiąga się szybkie czasy przełączania, ale tyrystory pogarszają sprawność w trybie podwójnej konwersji pracy stąd większość producentów stosuje styczniki jako element o relatywnie wysokiej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

żalnym przełączeniem napięcia z sieci na falownik. 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 wystąpienie z tego trybu również w pracy równoległej zasilaczy. Zasadność stosowania trybu ECO jest czysto ekonomiczna. Jednak zdarzają się sytuacje, w których powodem stosowania trybu ECO są pogarszające jakość pracy odbiorców 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



Rys. 1a Zasilanie układu rozruchowego lamp bezpośrednio z sieci



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

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 ufnosci” sieci i po odpowiednim czasie, kiedy nie ma w niej zakłóceń poza tolerancję, przechodzi na zasilanie z bypassu elektronicznego (tryb ECO). Ustawienie tolerancji napięcia sieci wykonuje się najczęściej na poziomie oprogramowania serwisowego, co prezentuje rysunek 4.

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 wzroście napięcia sieci jeszcze przez pewien ustalony 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 zdemonstrowaną 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 przełączenia 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 niezależności 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).

Julian Wiatr, Marcin Orzechowski

# PORADNIK PROJEKTANTA ELEKTRYKA

Nakładem Wydawnictwa Grupa MEDIUM w maju 2021 roku zostało opublikowane szóste wydanie „Poradnika Projektanta Elektryka”, autorstwa mgr. inż. Juliana Wiata oraz mgr. inż. Marcina Orzechowskiego. Monografia jest bardzo obszerna i obejmuje 1795 stron treści zasadniczych, na które składa się czternaście rozdziałów głównych, spis literatury, 14 załączników oraz 18 dodatków zgromadzonych w dwóch tomach. We wstępie „Od Autorów” podkreślono istotność opisywanych zagadnień oraz duże zainteresowanie Czytelników poprzednimi wydaniami „Poradnika”, co zdecydowało o wydaniu kolejnym (szóstym), które zostało uaktualnione i rozszerzone w stosunku do poprzedniego wydania z 2012 roku.

W tym wydaniu oprócz uaktualnienia treści, Autorzy zamieścili szereg wymagań w zakresie ochrony przeciwpożarowej, która stanowi jeden z najważniejszych elementów każdego budynku lub obiektu budowlanego. Zaktualizowali również wymagania dotyczące przyłączenia odbiorców do sieci elektroenergetycznej i jakości dostarczanej energii elektrycznej, wynikające z Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007 roku w sprawie szczególnych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego. Autorzy przy opracowywaniu „Poradnika” wzięli również pod uwagę cenne uwagi oraz sugestie czytelników, które wpłynęły na ostateczny kształt szóstego wydania. Na uwagę zasługuje dodatek 18, „Elementy fotowoltaiki”, z uwagi na aktualność tematyki. Spis literatury zawiera 326 pozycji, co odpowiada (a nawet przekracza) standardy podobnych monografii. W rozdziale 1 Autorzy przedstawili informacje dotyczące projektu budowlanego i zasad jego uzgadniania. W rozdziale 2 skupili się na istotnym zagadnieniu podstaw zasilania budynków nieprzemysłowych. Rozdział 3 koncentruje się na opisie sieciowych urządzeń zasilających. W rozdziale 4 przedstawili linie elektroenergetyczne niskich i średnich napięć. Rozdział 5 z kolei prezentuje zagadnienie zwarć. Rozdział 6 poświęcono doborowi przewodów

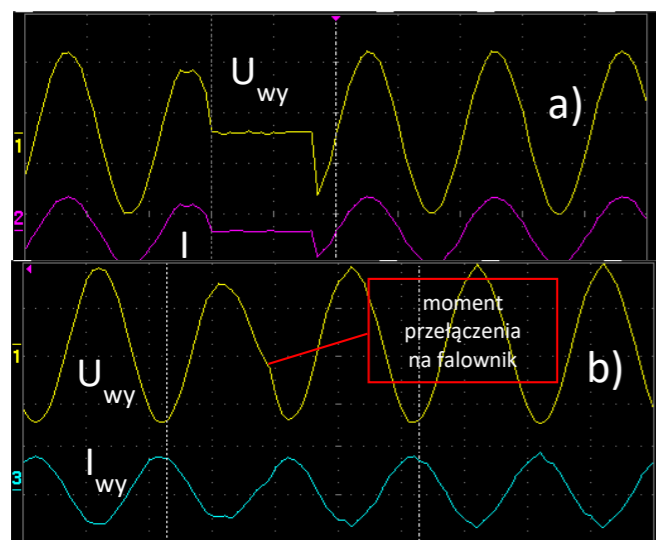


ksiegarnia techniczna.com.pl

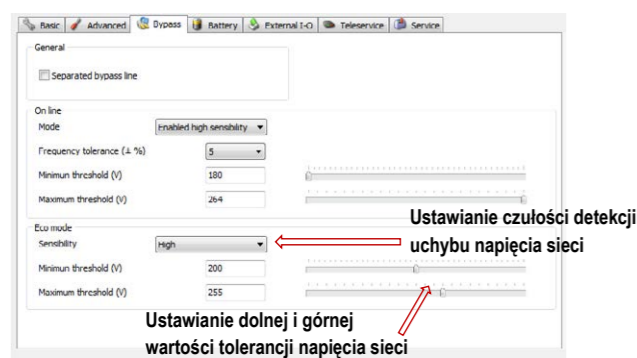
i ich zabezpieczeń. Cały rozdział 7 to przegląd informacji na temat układów i urządzeń zasilania rezerwowego, awaryjnego i gwarantowanego. Rozdział 8 poświęcono kompensacji mocy biernej. W rozdziale 9 scharakteryzowano zwięźle zasilanie terenu budowy i rozbiórki. Z kolei rozdział 10 to opis zasilania tymczasowego imprezy masowej. Kolejny 11 rozdział to krótki opis wymagań stawianych obiektom budowlanym łączności – zasilanie. Rozdział 12 dotyczy zasilania oświetlenia ulicznego. Obszerny rozdział 13 dotyczy ochrony przeciwporażeniowej (zagadnienia wybrane). Ostatni rozdział 14, również bardzo obszerny, zawiera opis badań instalacji elektrycznych niskiego napięcia (zagadnienia wybrane). Cennym uzupełnieniem tekstu monografii są za-

łączniki oraz dodatki. Cechą pracy jest szerokie spojrzenie na tematykę oraz duża skrupulatność Autorów. Monografia może stanowić cenną pomoc (źródło wiedzy) dla osób zajmujących się w praktyce projektowaniem zasilania obiektów mieszkalnych i użyteczności publicznej – zarówno z sieci elektroenergetycznej niskiego napięcia, jak i z zespołu prądoworczo i innych dostępnych na rynku źródeł zasilania. Wymiar monografii jest zdecydowanie praktyczny. Brak jest na rynku krajowym tak obszernego (niemal 2 tysiące stron!) kompendium wiedzy z poruszanych zagadnień w postaci jednej książki.

Tekst dr hab. inż. Paweł Piotrowski, prof. uczelni, Politechnika Warszawska, Wydział Elektryczny



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 < 1 ms (UPS Riello, seria MST, GreenForce)



Rys. 4. Ustawienia tolerancji napięcia sieci oprogramowaniem serwisowym



**Riello Delta Power Sp. z o.o.**  
02-849 Warszawa, Krasnowolska 82R  
tel. 22 3791700  
e-mail: [biuro.warszawa@deltapower.pl](mailto:biuro.warszawa@deltapower.pl)  
[www.riello-deltapower.pl](http://www.riello-deltapower.pl)

## ZAMÓWIENIA

✉ [eib@ksiegarniatechniczna.com.pl](mailto:eib@ksiegarniatechniczna.com.pl)  
[www.ksiegarniatechniczna.com.pl](http://www.ksiegarniatechniczna.com.pl)

☎ tel. 22 512 60 60, -61, -62, -68  
faks 22 810 27 42



mgr inż. Karol Kuczyński

# Wymagania stawiane pomieszczeniom przeznaczonym do instalacji zespołów prądotwórczych i zasilaczy UPS

Wysokie wymagania dotyczące pewności dostaw energii elektrycznej do odbiorników o znaczeniu krytycznym zmuszają projektantów do projektowania układów zasilania wyposażonych w zasilacze UPS i zespoły prądotwórcze. Zespół prądotwórczy, który stanowi źródło zasilania awaryjnego, instalowany jest w obiektach budowlanych wymagających zwiększonej pewności zasilania. Jest urządzeniem skomplikowanym i wymaga specjalnego pomieszczenia oraz wykwalifikowanej obsługi. W związku z tym przed podjęciem decyzji o zakupie konkretnego zespołu prądotwórczego 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.

## I Projekt budowlany

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 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 nad-



Fot. 1. Przykład zespołu prądotwórczego w obudowie wyciszzonej fot. JT

zorowanie 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 tech-

nicznych, 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 zasilać 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 (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 szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego – DzU z 2015 r. poz. 1554). Projekt budowlany po wy-

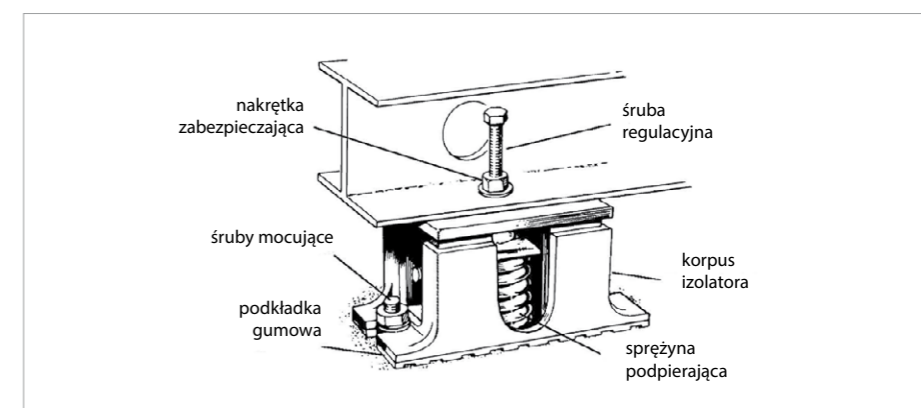
konaniu należy uzgodnić z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż. oraz z rzeczoznawcą ds. bhp. Opracowany projekt podlega uzgodnieniu i sprawdzeniu w zakresie zgodności z wydanymi warunkami technicznymi przyłączenia w przedsiębiorstwie energetycznym, które wydało warunki techniczne przyłączenia. W przypadku 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 uprawomocnieniu się wydanego pozwolenia na budowę [2, 4].

## I Warunki instalowania zespołu

Zespół prądotwórczy pracujący w układach zasilania awaryjnego może być instalowany w kontenerze ustawianym na fundamentie 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 ge-



Rys. 1. Przykład sprężynowego izolatora drgań [9]

neratora 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 spaliny wymaga czerpni i kanałów dolutowych świeżego powietrza oraz przewodów odprowadzających spaliny oczyszczone w układzie wydechowym. Pomieszczenie, w którym zostanie zainstalowany zespół prądotwórczy, należy wyposażać 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 wyposażać 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 spalinywo-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 spalinywo-elektrycznych małej mocy (0,8–12(20) kW) [3].

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

## I 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 [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



## I Wymagania w zakresie wentylacji

Podstawowe wymagania w zakresie wentylacji przedziału bateryjnego wynikają bezpośrednio z normy PN-EN 62040-1:2009 *Systemy bezprzewodowego 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<sup>3</sup>/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: 0,45·10<sup>-3</sup>, w [m<sup>3</sup>/Ah],

s – współczynnik bezpieczeństwa,

I<sub>g</sub> – 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<sub>B</sub> – pojemność baterii, w [Ah],

Q<sub>p</sub> – ilość wymaganego powietrza, w [m<sup>3</sup>/h].

Przyjmując współczynnik bezpieczeństwa s=5, wzór na obliczenie Q<sub>p</sub> 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<sub>p</sub> – objętość pomieszczenia z akumulatorami, w [m<sup>3</sup>],

V<sub>u</sub> – objętość, jaką zajmują akumulatory ze stojakami oraz inne wyposażenie pomieszczenia, w [m<sup>3</sup>], to wystarczające jest zastosowanie wentylacji grawitacyjnej, z umieszczonymi po przeciwnych stronach pomieszczenia otworami: do lotowym 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<sub>p</sub> – powierzchnia przekrojów otworów zewnętrznych i wewnętrznych, w [cm<sup>2</sup>].

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 ogniw 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 równo-

mierności 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) mΩ/100 Ah, zwarcie będzie skutkowało przepływem prądów o dużej wartości, co należy uwzględnić przy doborze zabezpieczeń oraz doborze przewodów.

## I Podsumowanie

Na zakończenie należy podkreślić, że artykuł nie stanowi recepty na realizację pomieszczeń przeznaczonych do umieszczenia zespołu prądowłórczego i zasilaczy UPS wraz z szafami baterijnymi. 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 prądowłórczego, połączonego sprzęgłem z kinematycznym zasobnikiem energii. Takie rozwiązanie określa się mianem źródeł zasilania bezprzewodowego.

Poprawnie dobrane zespoły prądowłórcze, 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 prądowłórczego 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].



literatura do artykułu na [elektro.info.pl](http://elektro.info.pl)



## CZASOPISMO

Czasopismo dla projektantów i elektryków obecne na rynku od 2001 roku, będące niewyczerpanym źródłem fachowej informacji na temat zagadnień związanych z elektrotechniką i elektroenergetyką.

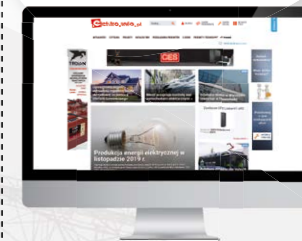
## WYDANIA SPECJALNE

Kompendium elektryka. Niezbędny elektryka. Vademecum elektro.info – cykl wydawnictw specjalnych przygotowywanych przez redakcję „elektro.info”.



## elektro.info.pl

Popularny portal branżowy (ponad milion odsłon miesięcznie!), który daje dostęp do merytorycznych artykułów, najświeższych informacji oraz terminarza wydarzeń.



## E-BOOKI

Bezpłatne poradniki dotyczące branży: elektrycznej, oświetleniowej, kablowej mierniczej i odgromowej.



## KSIĄŻKI

Publikacje autorów „elektro.info”, będące kompendiami wiedzy dla kolejnych pokoleń elektryków.



## FACEBOOK

Prężnie działający profil – ponad 3 tys. obserwatorów! Codzienne aktualności, relacje z konferencji, konkursy i treści z przymrużeniem oka.



## NEWSLETTER

Dwa razy w tygodniu wysyłamy paczkę, w której dostarczamy: artykuły merytoryczne, aktualności z branży elektrycznej, wywiady, nowości produktowe, informacje o szkoleniach, konferencjach i targach.



## PRZEGLĄDARKA PRODUKTÓW

Przeglądaj, porównuj i zapoznaj się ze specyfikacją techniczną wybranych produktów dla branży elektrycznej.



## E-WYDANIA:

Nasze czasopismo dostępne w wygodnej wersji elektronicznej w formie flipbook.



# UPS-y kompensacyjne

## Nowa generacja profesjonalnych urządzeń zasilania bezprzerwowego produkcji Benning

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 **nadodatkowy aspekt korzystania z energii elektrycznej.**

Są nim opłaty, a raczej **kary za ponadnormowy tzw. „pobór mocy biernej”**, związany z przekroczeniem umownego tgj. Tangens kąta j (kąta mocy) związany jest ze zwiększonym prądem płynącym do obciążenia, gdy wystę-

puje 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.

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 obciążeniowym, można połączyć z niezależną baterią lub kilkoma łańcuchami baterii.

W zależności od producenta baterii, w systemie 1 MW, zbudowanym z modułów 40 kW (25 x 40 kW x 10 bat) do 250 łańcuchów bate-



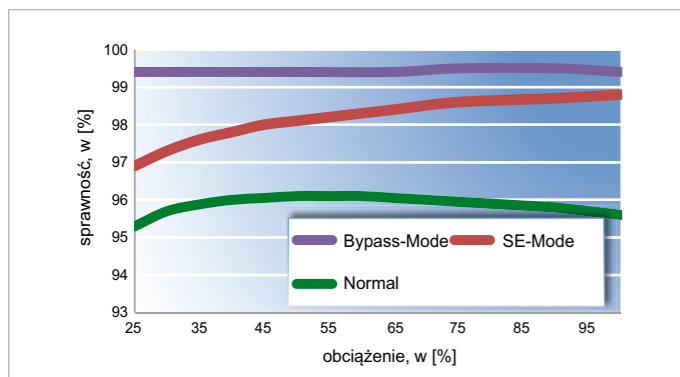
Fot. 1. Wielomodułowy UPS 200 kW z modułami Enertronic modular SE BENNING Power Electronics Sp. z o.o.

rii. Urządzenie może współpracować z bateriami ołowiovymi, niklo-kadmowymi i litowo-jonowymi.

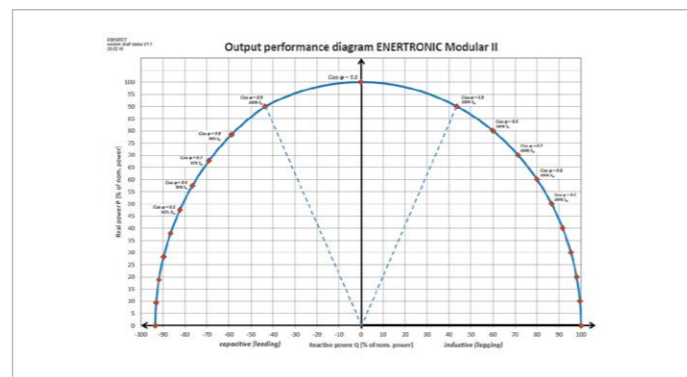
Wymienione wyżej właściwości Enertronic modular SE czynią go **prekursorem nowej generacji profesjonalnych UPS-ów kompensacyjnych** dla klientów komercyjnych.

**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](http://www.benning.pl)



Rys.1. Wykres sprawności Enertronic modular SE



Rys. 2. Wejściowa charakterystyka  $\cos \varphi$  Enertronic modular SE

# Grupa MEDIUM

30 lat

polski wydawca czasopism

z 30-letnim  
doświadczeniem



C Z Y M S I Ę Z A J M U J E M Y :

czasopisma branżowe

portale internetowe

książki i dodatki

konferencje

szkolenia

akcje społeczne



# Jakość energii elektrycznej w układach z zasilaczami UPS z uwzględnieniem kształtowania przebiegów wyjściowych – zagadnienia wybrane

Zasilacz UPS (z ang. *Uninterruptible Power Supply*) jest to urządzenie przeznaczone do utrzymania bezprzerwowej pracy urządzeń komputerowych, łączności oraz innych urządzeń wrażliwych na przerwy w zasilaniu lub wahania napięcia, czy też inne zakłócenia występujące w sieci zasilającej. Jest on urządzeniem energoelektronicznym umożliwiającym zasilanie odbiorników z baterii lub innego magazynu energii elektrycznej – w przypadku zaniku napięcia w sieci zasilającej. Najczęściej eliminuje zakłócenia pochodzące z sieci elektroenergetycznej, utrzymuje stałą wartość skuteczną napięcia i w razie potrzeby izoluje dołączone do niego urządzenia od sieci elektroenergetycznej [1, 2].

Ponadto układy UPS, w zależności od ich konstrukcji, spełniają zazwyczaj wiele dodatkowych funkcji związanych z poprawą jakości zasilania, jak np. ograniczanie wahań wartości skutecznej napięcia, ograniczenie przepięć, ograniczanie zniekształceń harmonicznych napięcia, filtracja zaburzeń przewodzonych. Układy UPS obecnie są produkowane jako jednofazowe o mocach znamionowych do kilkudziesięciu kVA oraz w wykonaniach trójfazowych o mocach od 3 kVA do kilku tysięcy kVA. Układy UPS powszechnie kojarzone są jako urządzenia zabezpieczające zasilanie urządzeń IT, jednak obecnie obszar ich zastosowań znacznie się rozszerza i obejmuje różne aplikacje w rozbudowanych systemach informatycznych i przemysłowych, w których ciągłość funkcjonowania jest podstawowym wymaganiem przede wszystkim ze względów ekonomicznych oraz bezpieczeństwa. Zgodnie z definicją określoną przez normę PN-EN 62040-3, zasilacz UPS jest zestawem przekształtników, łączników i urządzeń magazynujących energię (np. akumulatorów), które tworzą źródło energii zapewniające ciągłość zasilania obciążenia w przypadku uszkodzenia zasilania na wejściu [3].

## STRESZCZENIE

Artykuł omawia wybrane zagadnienia jakości energii elektrycznej w układach z zasilaczami UPS z uwzględnieniem kształtu przebiegów wyjściowych.

**Słowa kluczowe:** zasilacz UPS, jakość energii elektrycznej.

Ze względu na ograniczone możliwości gromadzenia energii w bateriach akumulatorów, układy UPS często współpracują z innymi źródłami energii, np. zespołami prądowórczymi, tworząc bardziej rozbudowane tzw. systemy gwarantowanego zasilania, w których rolą zasilacza UPS jest zapewnienie ciągłości zasilania na czas niezbędny do załączenia innych źródeł zasilania lub usunięcia przyczyny awarii. Takie systemy zasilania gwarantowanego złożone są zazwyczaj z kilku rezerwowych źródeł energii odpowiednio współpracujących w ramach zaprojektowanej instalacji o ściśle ustalonym algorytmie działania w przypadku wystąpienia awarii zasilania podstawowego [2, 3].

## I Jakość zasilania urządzeń

Podstawowe parametry jakości napięcia zasilającego w sieciach publicznych określa norma PN-EN 50160 *Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych*, która definiuje zakresy wymagań obowiązujące dostawców energii elektrycznej. Przykładowo, zgodnie z wymaganiami tej normy, dopuszczalne zmiany napięcia zasilającego w sieci elektroenergetycznej mierzone jako średnia wartość skuteczna napięcia uśredniana w czasie 10-minutowych przedziałów czasowych w normalnych warunkach pracy powinna zawierać się w prze-

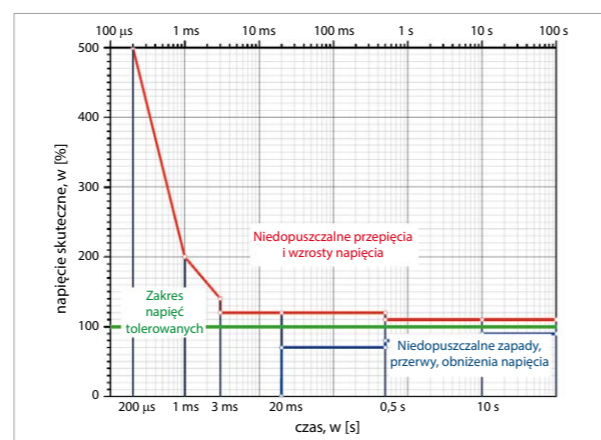
dziale  $\pm 10\%$  napięcia znamionowego przez 95% tygodnia. Z punktu widzenia zasilania ważnych urządzeń, jak np. systemy komputerowe, informatyczne, układy sterowania i automatyki, warunki zasilania zapewniane w ramach publicznej sieci zasilającej są niewystarczające. Dlatego powszechnie stosowaną zasadą staje się stosowanie dodatkowych układów poprawiających jakość zasilania w aplikacjach, dla których pewność zasilania sieciowego jest niewystarczająca ze względu na realizowane funkcje [3].

Wymagane poziomy odporności urządzeń na zmiany zasilania określone są w normie PN-EN 61000-4-11 *Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-11: Metody badań i pomiarów. Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia dla urządzeń o znamionowym prądzie fazowym nie przekraczającym*

16 A, która wprowadza dwa podstawowe wymagania odporności urządzeń na zapady napięcia, krótkie przerwy i wahania napięcia. Urządzenia spełniające wymagania tej normy powinny bez żadnych negatywnych skutków dla ich funkcjonowania tolerować [3]:

- » całkowity zanik napięcia zasilającego (0% wartości napięcia znamionowego) przez czas jednego okresu napięcia sieciowego (20 ms) oraz
- » zapad napięcia zasilania do 70% wartości napięcia znamionowego o czasie trwania do 25 okresów napięcia sieciowego (0,5 s).

Spełnienie tych wymagań przez urządzenie zasilane nie gwarantuje jednak poprawnej pracy we wszystkich warunkach zasilania, które mogą występować w sieci zasilającej, dlatego w odniesieniu do urządzeń informatycznych najczęściej stosuje się wymagania opracowane przez stowarzyszenie producentów sprzętu informatycznego ITIC (*Information Technology Industry Council*). Charakterystyki odporności urządzeń informatycznych na zmiany napięcia zasilania opracowane przez ITIC (rys. 1.) określają dopuszczalne zakresy napięć zasilających oraz maksymalne czasy ich występowania bez negatywnego wpływu na poprawność funkcjonowania zasilanych urządzeń.



Rys. 1. Charakterystyka odporności urządzeń informatycznych na zmiany napięcia zasilania – krzywa ITIC [3]

Większość obecnie stosowanych układów zasilających urządzenia informatyczne jest zasilaczami prądu stałego zasilanymi z sieci napięcia przemiennego. W zasilaczach tych napięcie przemiennie na samym początku procesu przetwarzania jest prostowane i zamieniane na napięcie stałe, które jest filtrowane najczęściej przez filtry pojemnościowe, aby zmniejszyć tętnienia napięcia stałego po wyprostowaniu. Taka konstrukcja w większości układów zasilających pozwala w naturalny sposób na znaczne zwiększenie odporności zasilanych układów na chwilowe, tzn. trwające nie więcej niż połowę okresu napięcia zasilającego obniżenia napięcia zasilania. Przy odpowiednim doborze pojemności układu zasilającego można uzyskać efekt podtrzymania napięcia zasilającego w czasie nawet kilku okresów napięcia zasilającego, co znacznie zmniejsza wymagania dla UPS pod względem czasu przełączenia z normalnego trybu pracy do pracy z akumulatorów [3].

## I Podstawowe funkcje

Podstawową funkcją układów UPS w systemach zasilania jest zapewnienie ciągłości zasilania urządzeń w sytuacji wystąpienia nieakceptowanych poziomów napięcia sieciowego poprzez

załączenie w odpowiednio krótkim czasie zasilania rezerwowego pochodzącego najczęściej z przetwornicy napięcia zasilanej z baterii akumulatorów. Dla tak określonego układu zasilania możemy wyróżnić trzy podstawowe rodzaje pracy: praca normalna, praca z wykorzystaniem energii zmagazynowanej, praca z wyłączonym obwodem obejściowym (bypass) [1, 2, 3].

Praca normalna to stabilna praca UPS zasilającego obciążenie w warunkach, gdy dostępna jest w deklarowanym zakresie tolerancji energia pierwotna, bateria akumulatorów jest ładowana lub rozładowywana we właściwym czasie, obciążenie jest utrzymywane w wymaganych granicach, a napięcie wyjściowe zawiera się w wymaganym zakresie tolerancji. Przekazywanie energii pobieranej z sieci zasilającej do obwodów obciążenia najczęściej następuje przy jedynie nieznacznie zmodyfikowanym napięciu poprzez działanie układów filtracji przepięć oraz regulacji wartości skutecznej [3].

Praca z wykorzystaniem energii zmagazynowanej to praca UPS w stanie, gdy nastąpił zanik napięcia w sieci zasilającej lub parametry napięcia zasilającego przekroczyły założone tolerancje i do utrzymania napięcia wyjściowego w określonych granicach jest zużywana energia zma-

JULIAN WIATR

## PODSTAWY PROJEKTOWANIA PRZYDOMOWYCH SYSTEMÓW PV

WYDANIE PAPIEROWE:

45 zł

WYDANIE ELEKTRONICZNE:

35 zł

(EBOOK)

PDF



Publikacja prezentuje praktyczne podejście do projektowania systemów fotowoltaicznych w odniesieniu do wymagań wynikających z Ustawy o odnawialnych źródłach energii.

Poruszono w niej między innymi zagadnienia związane z ograniczeniem mocy generatora PV w układach współpracujących z siecią elektroenergetyczną oraz omówiono metodykę neutralizacji tych ograniczeń. Opisane zostały m.in. zasady doboru przewodów i ich zabezpieczeń, metody projektowania ochrony odgromowej oraz ochrony przeciwporażeniowej zarówno po stronie stałoprądowej, jak i przemiennoprądowej.

## BONUS!

- Metodyka instalowania systemów PV na stacjach paliw płynnych i gazowych.
- Uproszczony projekt instalacji przydomowego systemu PV.
- Wykorzystanie fotowoltaiki do zasilania znaków drogowych oraz oświetlenia terenu w miejscach, gdzie doprowadzanie energii z sieci elektroenergetycznej jest ekonomicznie nieuzasadnione

ZAMÓW: [www.wydawniczy.pl](http://www.wydawniczy.pl), [www.ksiegarniatechniczna.com.pl](http://www.ksiegarniatechniczna.com.pl)

gazynowana. W tym trybie pracy UPS energia zgromadzona w baterii akumulatorów jest przetwarzana na napięcie przemiennie, którego wartość i kształt są całkowicie niezależne od sieci zasilającej. Praca z obwodem obejściowym – stan, w którym UPS pracuje, zasilając obciążenie tylko poprzez załączony obwód obejściowy [1, 2, 3].

Dodatkowymi, również istotnymi z punktu widzenia jakości zasilania urządzeń, stanami pracy UPS, są dynamiczne stany przejściowe występujące podczas zmian trybów, w szczególności przy przejściu z pracy normalnej do pracy z wykorzystaniem energii zmagazynowanej. Realizacja układów zasilania gwarantowanego UPS wymaga stosowania różnych podzespół realizujących poszczególne funkcje oraz ściśle współpracujących pomiędzy sobą. Do najważniejszych modułów funkcjonalnych typowych układów UPS zaliczyć możemy [3]:

- » układ monitorowania napięcia sieci zasilającej oraz oceny poprawności warunków zasilania odbiorców,
- » układ ładowania i kondycjonowania w stanie gotowości baterii akumulatorów działający w czasie występowania poprawnych warunków zasilania sieciowego,
- » układ przetwornicy napięcia DC/AC zapewniającej dostarczenie odpowiedniego napięcia wyjściowego w czasie pracy ze źródła energii zmagazynowanej,
- » układ sprzęgający pomiędzy siecią zasilającą oraz przetwornicą napięcia zasilaną z akumulatora a obwodami obciążenia, umożliwiającą przełączanie źródła energii w odpowiednio krótkim czasie.

Najbardziej istotnymi cechami układów UPS decydującymi w znacznym stopniu o ich przydatności do zapewniania odpowiedniej jakości zasilania chronionych urządzeń, jest sposób realizacji procesu przejścia od pracy normalnej do akumulatorowej, który decyduje o czasie trwania procesu przełączania oraz poziomie jakości napięcia wyjściowego podczas pracy akumulatorowej, a w szczególności jego kształcie [3].

Norma PN-EN 62040-3 *Systemy bezprzerwowego zasilania (UPS). Część 3: Metody określania właściwości i wymagania dotyczące badań* określa literowo-cyfrowy system oznaczania układów bezprzerwowego zasilania. Przyjęty kod oznaczenia składa się z trzech części oddzielonych myślnikiem: 3 litery, 2 litery oraz 3 cyfry (L1, L2, L3 – L4, L5 – C1, C2, C3 przykładowo VFI-SS-123). Pierwsze trzy litery L1, L2, L3 określają jakość napięcia wyjściowego podczas pracy normalnej. Stosowane są trzy oznaczenia, które charakteryzują właściwości napięcia wyjściowego w odniesieniu do napięcia zasilania, co jest istotnie związane z zastosowaną topologią UPS [1, 3]:

- » VFI (z ang. *Voltage Frequency Independent*) – napięcie wyjściowe UPS jest niezależne od zmian wartości napięcia zasilającego i częstotliwości,
- » VFD (z ang. *Voltage Frequency Dependent*) – wyjście UPS jest zależne od zmian wartości napięcia zasilającego i częstotliwości,
- » VI (z ang. *Voltage Independent*) – wyjście UPS jest zależne od zmian częstotliwości napięcia zasilającego, lecz zmiany wartości napięcia zasilającego są kondycjonowane przez energoelektronicznie biernie urządzenie regulujące napięcie w granicach przyjętych w pracy normalnej (np. przełącznik zakresów uzwojenia transformatora sprzęgającego). Kolejne dwie litery L4 i L5 określają kształt przebiegu napięcia wyjściowego w różnych warunkach pracy UPS: pierwsza L4 w warunkach pracy normalnej wraz z włączonym obwodem obejściowym, druga L5 w warunkach pracy ze źródła energii zmagazynowanej. Stosowane są następujące oznaczenia [1, 3]:
- » S – wytwarzane napięcie jest sinusoidalne, całkowity poziom zniekształceń harmonicznym mniejszy niż 8% oraz rozkład widmowy harmonicznym zgodnym z normą PN-EN 61000-2-2 w warunkach obciążenia liniowego i wzorcowego nieliniowego,
- » X – wytwarzane napięcie jest sinusoidalne, tak jak w przypadku oznaczenia S, ale tylko

w warunkach obciążenia liniowego, przy obciążeniu wzorcowym nieliniowym całkowity współczynnik zniekształceń harmonicznym przekracza 8%, jeżeli obciążenie nieliniowe wzorcowe przekroczy wartości graniczne podane przez producenta,

- » Y – wytwarzane napięcie nie jest sinusoidalne i przekracza wartości graniczne zawarte w wymaganiach normy PN-EN 61000-2-2, parametry kształtu napięcia wyjściowego deklaruje producent.
- Ostatnie trzy cyfry C1, C2 i C3 określają największe dopuszczalne wartości graniczne zmian napięcia wyjściowego w warunkach dynamicznych UPS [1, 3]:
- » C1 – w czasie zmian trybów pracy (normalny/ze źródła energii zmagazynowanej/obejściowy),
- » C2 – przy skokowych zmianach obciążenia liniowego,
- » C3 – przy skokowych zmianach obciążenia nieliniowego.

Wymagane wartości graniczne zmian napięcia wyjściowego w warunkach dynamicznych są zależne od klasy wymagań. Wyróżnia się trzy klasy właściwości dynamicznych napięcia wyjściowego oznaczone jako 1, 2 i 3, oznaczenie 4 oznacza specyfikację określaną wyłącznie przez producenta. Dla poszczególnych klas najważniejsze różnice, dotyczące dopuszczalnych przerw zasilania występujących podczas zmian trybów pracy, są następujące [3]:

- » klasa 1 – przełączenie następuje bezprzerwowo lub przy napięciu zerowym,
- » klasa 2 – zerowe napięcie na wyjściu może utrzymywać się nie dłużej niż 1 ms,
- » klasa 3 – zerowe napięcie na wyjściu może utrzymywać się nie dłużej niż 10 ms,
- » liczba 4 – oznacza inne właściwości określone jedynie przez producentów.

Jednym z ważniejszych parametrów napięcia wyjściowego wpływających w istotnym stopniu na warunki pracy zasilanych odbiorników jest jego kształt. Najbardziej pożądanym kształtem

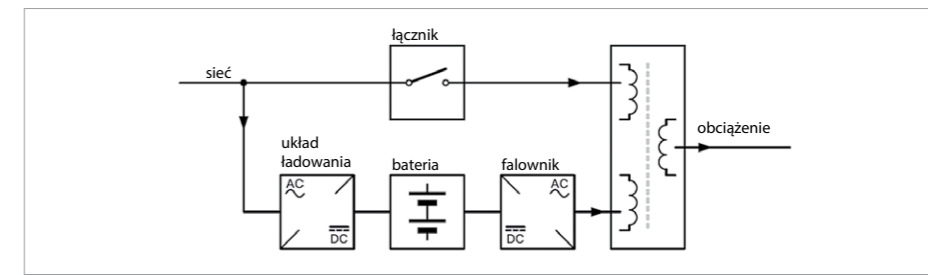
napięcia wyjściowego jest kształt sinusoidalny, który jest w pełni tolerowany przez wszystkie odbiorniki. Jest to jednak najwyższy poziom jakości, którego uzyskanie wymaga stosowania najbardziej złożonych przekształtników DC/AC, najczęściej opartych na tranzystorach IGBT. Znaczna ilość odbiorników zasilanych z zasilaczy UPS, a w szczególności większość zasilaczy impulsowych stosowanych w urządzeniach informatycznych, nie wymaga aż tak wysokiej jakości napięcia i toleruje aproksymację sinusoidy. W zasilaczach impulsowych najczęściej wyjściowe napięcie przemienne najpierw jest prostowane, a dopiero po wyprostowaniu odpowiednio przetwarzane, w związku z tym kształt przebiegu napięcia zasilania nie jest aż tak istotny, chociaż mogą zdarzać się wyjątkowe przypadki [3]. Do nich należy zaliczyć komputery i serwery, które najczęściej źle tolerują zasilanie napięciem prostokątnym.

### I Kształt napięcia

Urządzenia zabezpieczone przez zasilacze awaryjne zazwyczaj (z wyjątkiem np. aparatury telekomunikacyjnej wymagającej napięcia stałego) przystosowane są do pracy z zasilaniem napięciem przemiennym 230 V o częstotliwości 50 Hz i dlatego najlepszym rozwiązaniem byłaby sytuacja, gdyby produkowane UPS-y dawały na wyjściu przebieg sinusoidalny. Jednakże realizacja tego nie jest sprawą prostą – zwłaszcza ze względu na koszty. Dlatego w praktyce spotyka się następujące kształty napięć wyjściowych wytwarzanych przez zasilacze bezprzerwowe: prostokątne, quasi-sinusoidalne (dające aproksymowaną sinusoidę) oraz sinusoidalne.

Najprostszym (i najtańszym) rozwiązaniem są układy wytwarzające **fałę prostokątną** o potrzebnym napięciu skutecznym (230 V) i częstotliwości 50 Hz. Tego typu przebieg nie nadaje się do zasilania urządzeń, w których zasilacz zawiera prostowniki z filtrami pojemnościowymi (detektorami szczytowymi), bo amplituda przebiegu jest równa jego wartości skutecznej, a powinna wynosić 1,41 (pierwiastek z dwóch) razy więcej – co uniemożliwia poprawną pracę zasilanych układów. Układy takie (z przebiegiem prostokątnym) również nie nadają się do zasilania układów wyposażonych w wejściowe filtry pojemnościowe poprawiające ich wejściowe  $\cos \phi$ .

Kolejnym rozwiązaniem są układy dające nadal fałę prostokątną, ale o współczynniku amplitudy (tzn. stosunku amplitudy do wartości skutecznej), takim jak dla przebiegu sinusoidalnego – przebiegi te nazywane są **quasi-sinusoidalnymi lub aproksymowanymi krokowo** (schodkowa aproksymacja sinusoi-



Rys. 3. Schemat blokowy zasilacza UPS-a typu „standby-ferro” [3, 4]

dy). Taki kształt napięcia zapewnia poprawną pracę większości układów, ale charakteryzuje się znaczną zawartością wyższych harmonicznym. Najlepszym rozwiązaniem są układy wytwarzające na wyjściu przebieg sinusoidalny.

Kształtowanie na wyjściu przebiegu **sinusoidalnego** może być realizowane na dwa sposoby:

- 1) „brutalny” – poprzez wytworzenie fali prostokątnej o odpowiedniej amplitudzie, a następnie wytracenie zbędnej energii, tak by otrzymać przebieg sinusoidalny – tak jest to realizowane w transformatorze ferrozonansowym – stąd znaczne ilości ciepła wydzielanego przez zasilacze o strukturze „standby-ferro”,
- 2) „czysta” sinusoida – wytworzenie przebiegu sinusoidalnego poprzez modulację szerokości impulsów (PWM – *Pulse Width Modulation*) fali prostokątnej o częstotliwości wyższej od podstawowej 50 Hz (najczęściej kilka kHz) w taki sposób, że chwilowa wartość średnia takiego przebiegu tworzy sinusoidę o właściwej amplitudzie i częstotliwości. Wyjściową (czystą) sinusoidę uzyskuje się po usunięciu wyższych harmonicznym w pasywnym filtrze LC. Regulacja przy zmianach napięcia wejściowego (baterii) i przy zmianach obciążenia jest realizowana przez falownik PWM poprzez dodatkową modyfikację szerokości impulsów wyjściowych. Przykładowy przebieg (wraz z jego widmem) zarejestrowany na wyjściu UPS-a tak realizującego sinusoidalny kształt napięcia wyjściowego przedstawiony został na **rysunku 2**.

### I Układ „standby-ferro”

Topologia typu „standby-ferro” z sprzężeniem magnetycznym (**rys. 3.**) stosowana w układach o mocach znamionowych do kilkunastu kVA. Jej istotnym elementem konstrukcyjnym jest transformator trójuzwojeniowy przystosowany do pracy w stanie nasycenia, co pozwala na ograniczoną regulację wartości napięcia oraz kształtowanie krzywej napięcia wyjściowego. Zaletą tej konfiguracji, oprócz separacji galwanicznej, jest również możliwość bardzo skutecznej filtracji przepięć oraz zaburzeń impulsowych występujących w sieci zasilającej. Niestety, zastosowana

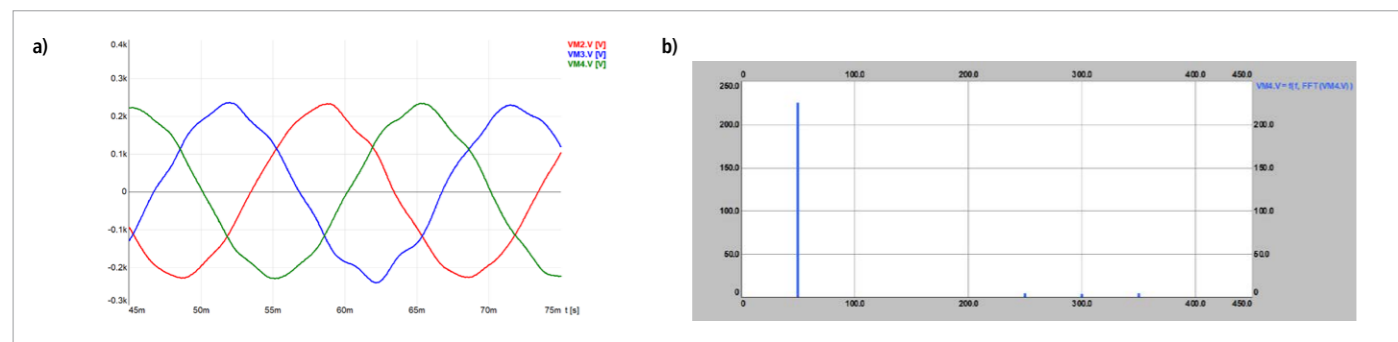
metoda regulacji wprowadza znaczące zniekształcenia harmoniczne napięcia. Ponadto, zastosowanie transformatora powoduje zwiększenie masy oraz kosztu, a także obniża znacząco sprawność. Układy „standby-ferro” bywają klasyfikowane jako „on-line”, jednak przetwornica DC/AC uruchamiana jest dopiero w przypadku wystąpienia zakłócenia zasilania po rozłączeniu łącznika obejściowego, czyli jak w klasie „off line”, co wymaga określonego czasu na zmianę trybu pracy zasilacza UPS. Obecnie układy „standby-ferro” są coraz rzadziej stosowane, ponieważ źle współpracują z nowoczesnymi zasilaczami prądu stałego zawierającymi układy poprawy współczynnika mocy  $\cos \phi$  (PFC). Wzajemne oddziaływanie układów PFC z ujemną (w niektórych sytuacjach) impedancją układów ferro regulacyjnych może powodować, przy określonych obciążeniach, znaczne oscylacje napięcia wyjściowego zagrażające zasilanym urządzeniom.

### I Literatura

1. J. Wiatr, M. Miegoń, zasilanie budynków użyteczności publicznej oraz budynków mieszkalnych w energię elektryczną – zasilacze UPS i baterie akumulatorów oraz sposoby ich doboru, układy pomiarowe zużytej energii, DWM, Warszawa 2017.
2. T. Sutkowski, Rezerwowe i bezprzerwowe zasilanie w energię elektryczną, COSiW SEP, Warszawa 2007.
3. K. Iwan, P. Musznicki, J. Guziński, J. Łuszcz, Laboratorium Podstaw Energoelektroniki, Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2011.
4. A. Kretek, Zasilacze bezprzerwowe (UPS-y) – przeznaczenie, budowa, podstawowe parametry, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Seria: Elektronika z. 3, 1994, s. 59–75.

### ABSTRACT

**The Electric Power Quality in Systems with UPS Power Supplies, Taking into The Shape of the Output Waveforms – Selected Issues**  
The article discusses selected issues of electric power quality in systems with UPS power supplies, taking into the shape of the output waveforms.  
**Keywords:** UPS, electric power quality.



Rys. 2. Przykładowy przebieg wraz z widmem dla przebiegu VM4.V – rys. b) zarejestrowany na wyjściu UPS-a [4]

mgr inż. Karol Kuczyński

# Lokalizacja zespołów prądotwórczych ze względu na hałas i odprowadzanie ciepła

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.

## I 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 przeciwpożarowej. Opis tych zagadnień wykracza poza ramy artykułu. Zainteresowani tymi problemami czytelnicy potrzebne informacje znajdują 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.

Układ wentylacji i dostarczania paliwa powinien być uzgodniony międzybranżowo przez specjalistów m.in. wentylacji, instalacji paliwo-

wych 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 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 prądotwórczy”.

Projekt należy opracować zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Transportu, Budownictwa



Fot. 1. Układ sterowania zespołu prądotwórczego zabudowanego w kontenerze fot. JT

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 uprawomocnieniu się wydanego pozwolenia na budowę [2, 4].

## I 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 czepni 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 wyposażać 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 wyposażać 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].

## I 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 izolują-

cych 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 sprężynowe muszą być prawidłowo dobrane i zainstalowane. 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 [4].

## I 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 utrzymania w pomieszczeniu odpowiedniej temperatury, konieczna jest wentylacja nawiewno-wywiewna. Powietrze chłodzące zasysane jest przez wentylator zamontowany 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 automatycznie muszą zostać uruchomione wentylatory nawiewne i wywiewne. W przypadku ze-

Lp.	Rodzaj Terenu	Dopuszczalny poziom hałasu w [dB]			
		Drogi lub linie kolejowe		Pozostałe obiekty i działalność będąca źródłem hałasu	
		L <sub>Aeq D</sub> przedział czasu odniesienia równy 16 godzinom	L <sub>Aeq N</sub> przedział czasu odniesienia równy 8 godzinom	L <sub>Aeq D</sub> przedział czasu odniesienia równy 8 najmniej korzystnym godzinom dnia kolejno po sobie następującym	L <sub>Aeq N</sub> 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

społół 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 prądowłórczego układ automatyki samorozruchu oraz samozatrzymania przełącza zasilanie agregatorni na zasilanie z zespołu prądowłórczego z jednoczesnym odłączeniem zasilania nagrzewnic [2, 4].

## I Dopuszczalny hałas

W przypadku zespołół prądowłórczych posadowionych na fundamentie 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  $L_{Aeq D}$  i  $L_{Aeq N}$ , które to wskaźniki mają zastosowanie do ustalania i kontroli warunków korzystania ze środowiska, w odniesieniu do jednej doby przedstawia **tabela 1.** [6].

## I Podsumowanie

Poprawnie dobrane zespoły prądowłórcze, 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 prądowłórczego zapewni 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 prądowłórczego. Zwraca on uwagę na pewne istotne problemy, które należy rozwiązać aby zapewnić niezawodne zasilanie obiektu budowlanego.

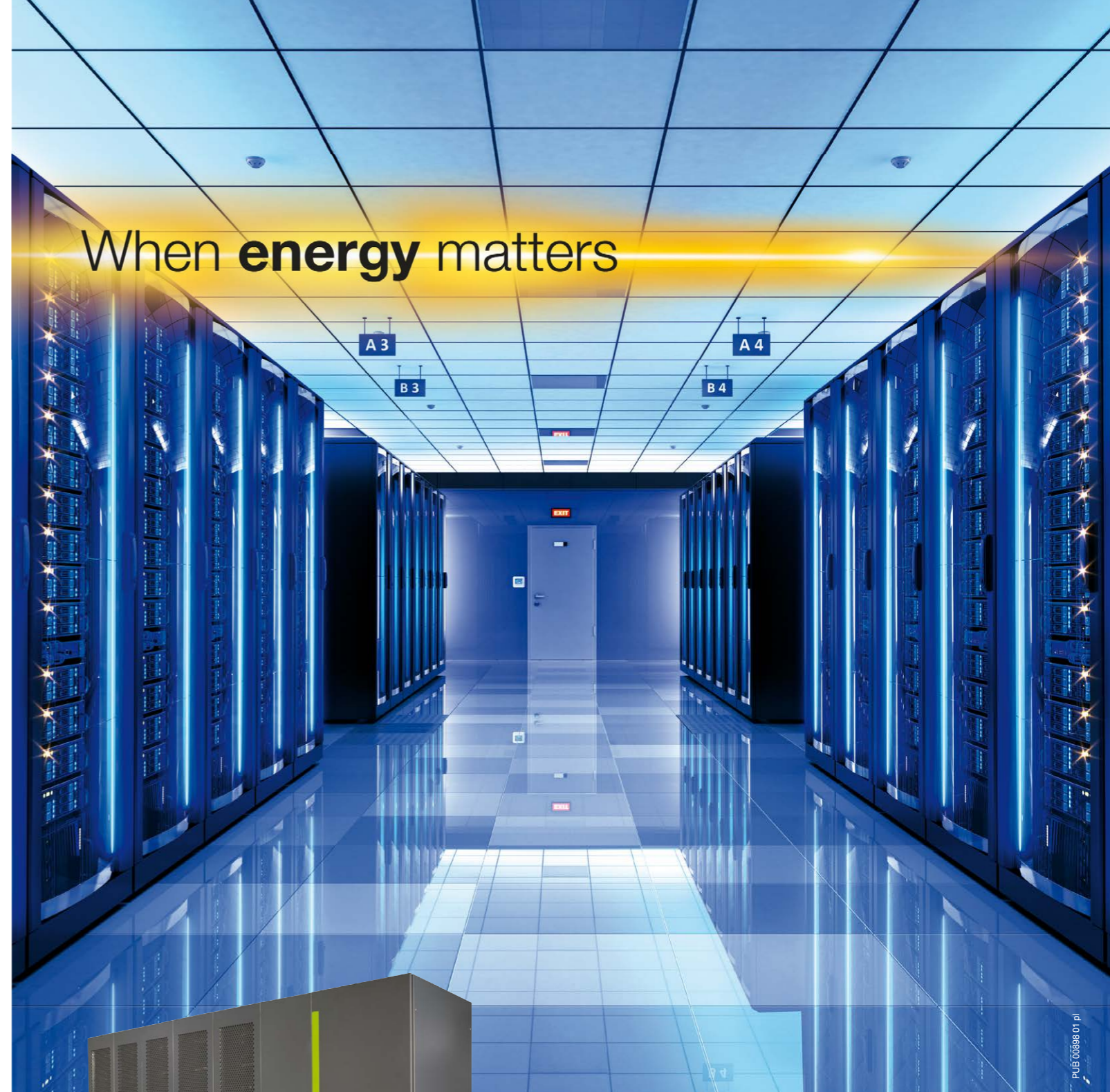


literatura do artykułu na  
**elektro.info.pl**

## 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



DELPHYS XL  
1200 KW

## Wyjątkowa odporność w optymalnym rozmiarze

DELPHYS XL to zasilacz UPS o dużej mocy, zaprojektowany z myślą o:

- elastycznej integracji przy zoptymalizowanej powierzchni podstawy,
- najlepszym w swojej klasie zarządzaniu i oszczędzaniu energii,
- współpracy z aplikacjami krytycznymi,
- niezrównanej odporności na awarie, aby zmaksymalizować dostępność zasilania,
- łatwej i bezpiecznej konserwacji ograniczającej MTTR.

mgr inż. Karol Kuczyński, mgr inż. Julian Wiatr

# Ogólne wymagania dotyczące zasilania w energię elektryczną oraz stosowania nowoczesnych technologii informatycznych w służbie zdrowia

Zastosowanie nowoczesnych systemów informatycznych wspomagających aparaturę medyczną stosowaną do obrabowania wymusza zapewnienie niezawodności zasilania tych systemów. Obecnie diagnostyka medyczna coraz częściej wspierana jest poprzez sieci neuronowe i uczenie głębokie, które wspomagają identyfikację zmian chorobowych oraz wymagają dużej mocy obliczeniowej procesorów i układów graficznych.

Zasilanie szpitala wymaga projektowania układów o bardzo wysokich parametrach jakościowych dostaw energii elektrycznej. Układy zasilania szpitali wyposaża się w stacje transformatorowe zawierające układy automatyki SZR, które dodatkowo rezerwuje się zespołem prądotwórczym o mocy zapewniającej pokrycie zapotrzebowania przez najważniejsze odbiorniki, gwarantujące funkcjonowanie szpitala w warunkach przerwy w dostawie energii elektrycznej z sieci elektroenergetycznej. W celu zapewnienia bezprzerwowej dostawy energii elektrycznej do odbiorników gwarantujących podtrzymanie życia, stanowiących wyposażenie bloku operacyjnego oraz OIOM, zasilanie jest realizowane w układzie, którego końcowym elementem jest zasilacz UPS.

## Zasilanie obiektów służby zdrowia

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 26 czerwca 2012 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą w § 41 stwierdza, że rezerwowym źródłem zaopatrzenia szpitala w energię elektryczną jest zespół prądotwórczy

### STRESZCZENIE

W artykule omówiono podstawowe wymagania dla zasilania obiektów medycznych. Istotnym jest zapewnienie odpowiedniego stopnia dostępności tego typu systemów zasilania i odpowiedni dobór układów zasilania w zależności od pełnionej funkcji.

**Słowa kluczowe:** zasilanie obiektów medycznych, zespół prądotwórczy, UPS.

wyposażony w funkcję autostartu, zapewniający co najmniej 30% potrzeb mocy szczytowej, a także urządzenie zapewniające odpowiedni poziom bezprzerwowego podtrzymania zasilania. Należy przez to rozumieć, że wysoki poziom niezawodności zasilania szpitala w energię elektryczną jest warunkiem bezpieczeństwa wszystkich pacjentów, a w szczególności tych, którzy poddawani są operacjom i innym procedurom medycznym mającym wpływ na funkcje życiowe organizmu. Po nowelizacji Rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 26 marca 2019 r. w sprawie szczegółowych wymagań, jakim powinny odpowiadać pomieszczenia i urządzenia podmiotu wykonującego działalność leczniczą (Dz.U. z dnia 29 marca 2019 r., poz. 595) tej samej treści jest § 42. Dodatkowo wymagane jest, aby systemy monitoringu w wymienionych pomieszczeniach wyposażony był w zasilanie rezerwowe pozwalając personelowi medycznemu monitorować stan pacjentów.

Zgodnie z [3, 4, 6] 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 elementów 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 oraz 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.;



Układ sterowania zespołu prądotwórczego o mocy 2,2 MVA fot. JT

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.

## I Zasilanie obiektów medycznych

Istotne znaczenie dla bezpieczeństwa pacjentów ma zapewnienie ciągłości zasilania, w związku z tym w obiekcie służby zdrowia 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 zasilanych z różnych linii wysokiego napięcia. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie właściwego rezerwowania zasilanych odbiorników przy zasilaniu z systemu elektroenergetycznego.

Przy głównym złączu budynku szpitala powinien być zainstalowany samoczynnie załączający rezerwy (SZR), z którego energia elektryczna powinna być doprowadzona do rozdzielni głównej szpitala, gdzie należy wydzielić obwody odbiorników zaliczonych do III kategorii zasilania, które nie muszą funkcjonować w czasie zaniku zasilania podstawowego oraz obwód zasilający kolejny SZR, przeznaczony do współpracy z zespołem prądotwórczym, stanowiącym awaryjne źródło zasilania [1, 2].

Z drugiego SZR-a zasilanie należy doprowadzić do rozdzielni 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 samorozruchu zespołu prądotwórczego i ustabilizowanie obrotów). W rozdzielni należy wydzielić obwody zasilający zasilacz UPS, przeznaczony do zasilania odbiorników I kategorii zasilania, dla których niedopuszczalna jest jakakolwiek przerwa w zasilaniu. Układ współpracy zespołu prądotwórczego z zasilaczem UPS nazywa się tandemem. Dokonanie takiego podziału jest konieczne ze względu na warunki lo-

kalowe, jakimi dysponuje szpital oraz wysokie koszty zakupu, eksploatacji zespołu prądotwórczego i zasilaczy UPS. Zakwalifikowanie sal operacyjnych, OIOM oraz laboratoriów do I kategorii zasilania jest uzasadnione tym, że pacjent połączony do aparatury nie może być pozbawiony 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 [3].

## II Ochrona przeciwporażeniowa

Pomieszczenia grupy 0 i 1 muszą spełniać wszystkie warunki normy PN-HD 60364-4-41 [7], prawa budowlanego, rozporządzeń wykonawczych oraz cech indywidualnych 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 systemie TN-S, mieć połącze-

SPRAWDŹ NASZĄ OFERTĘ SZKOLENIOWĄ I WYBIERZ TEMAT DLA SIEBIE

elektro  
info  
20 lat

## Dostępne szkolenia:

- Metodyka konstruowania przeciwpożarowego wyłącznika prądu
- Kompensacja mocy biernej. Podstawy teoretyczne i zastosowania praktyczne
- Ochrona odgromowa i przepięciowa obiektów budowlanych
- Ewakuacja ludzi z płonącego budynku i jej wspomaganie. Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne
- Zasilanie budynków w energię elektryczną w warunkach normalnych a zasilanie w czasie pożaru)
- Obliczanie zwarć symetrycznych oraz metodyka doboru aparatów, przewodów i urządzeń elektrycznych do spodziewanych warunków zwarciowych w instalacjach elektrycznych nn
- Podstawy projektowania przydomowych systemów fotowoltaicznych
- Dobór przewodów i kabli elektrycznych oraz ich zabezpieczeń

Znajdź swoje szkolenie na:

**KURSY.ELEKTRO.INFO.PL**

nia wyrównawcze i być chroniona przed przeciążeniami i zwarciami, a także mieć ochronę przeciwprzepięciową [3].

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 zwarc.

Spośród pięciu dostępnych systemów zasilania (TN: TN-S, TN-C-S, TN-C oraz TT i IT) tylko system IT może podołać tym wymaganiom. Układ ten buduje się z wykorzystaniem jednofazowych transformatorów separacyjnych ze stałą kontrolą stanu izolacji. 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 kilka sieci elektromedycznych zasilanych z osobnych transformatorów o mocach dobranych do potrzeb zasilanych odbiorników (zgodnie z normą PN-HD 60364-7-710:2012 [7] transformatory elektromedyczne nie mogą być łączone równolegle). Przykładowe rozwiązania układów zasilania zostały zamieszczone w publikacji [5, 6].

### Układ zasilania IT

W odróżnieniu od układów TN, w których jeden przewód ma potencjał ziemi, a pozostałe są pod napięciem 230 V, układ IT charakteryzuje się odizolowanym punktem neutralnym [3].

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 najczęściej do układu TT. 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 µA.

Należy pamiętać, że zwiększona podatność pacjentów na działanie prądu elektrycznego wynika między innymi z następujących czynników [3]:

- » 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 krótkotrwałe przeciążenie uzyskuje się przez stosowanie transformatorów separacyjnych o uzwojeniach z przewodami o zwiększonym przekroju [3].

### Zasilanie systemów informatycznych w służbie zdrowia

Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT Health) i firma konsultingowa McKinsey w marcu 2020r. przygotowały wspólnie raport dotyczący zastosowania sztucznej inteligencji i technologii informatycznych w ochronie zdrowia: „Transforming healthcare with AI – The impact on the workforce and organisations – Transformacja opieki zdrowotnej poprzez AI: wpływ na ludzi i organizacje”. Uczenie maszynowe jako część sztucznej inteligencji (AI) wymaga dużych zbiorów danych do ich analizy z użyciem sieci neuronowych i uczenia głębokiego. Sztuczna inteligencja ma wspomóc analizę danych obrazowych wykonywaną przez specjalistów we wczesnym wykrywaniu chorób. Jednocześnie należy pamiętać, że uczenie maszynowe (ang. machine learning) to nauka o algorytmach i systemach usprawniających swoje działanie oraz zwiększających trafność diagnozy wraz ze zdobywanym doświadczeniem [8]. Algorytmy

w uczeniu maszynowym nazywamy algorytmami uczącymi (ang. *learning algorithms*). W odróżnieniu od klasycznych algorytmów, które opisują konkretną sekwencję instrukcji, algorytmy uczące tworzą model zawierający listę instrukcji do wykonania na podstawie analizy przekazanych im danych uczących. Proces tworzenia wiedzy o rozwiązaniu nazywamy uczeniem, a jako wyniki procesu budujemy model danych [8]. Systemy informatyczne służące do przechowywania i analizy danych to serwery obliczeniowe wymagające odpowiednich układów zasilania i stopnia niezawodności. W kolejnym artykule przybliżymy wymagania dla zasilania takich serwerowni.

### Literatura

1. J. Wiatr, M. Orzechowski, Podstawy zasilania budynków mieszkalnych, użyteczności publicznej i innych obiektów nieprzemysłowych w energię elektryczną, Poradnik projektanta elektryka, Grupa MEDIUM, Warszawa 2012.
2. J. Wiatr, M. Miegoń, Zasilanie budynków użyteczności publicznej oraz budynków mieszkalnych w energię elektryczną, niezbędnik elektryka nr 4, Warszawa 2012.
3. J. Wiatr, Zasilacze UPS w układach zasilania urządzeń elektromedycznych (część 1.), „elektro.info” 6/2018.
4. W. Dołęga, Zasilanie obiektów budowlanych służby zdrowia w energię elektryczną, „elektro.info” 4/2021.
5. K. Sałasiński, Bezpieczeństwo elektryczne w zakładach opieki zdrowotnej, COSIW SEP 2007.
6. PN-HD 60364-7-710:2012 E, Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-710: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pomieszczenia medyczne.
7. Raport EIT Health and McKinsey „Transforming healthcare with AI – The impact on the workforce and organizations” marzec 2020.
8. P. Flach, Machine Learning: The Art and Science of Algorithms, Cambridge University Press, 2012.

### ABSTRACT

#### General Requirements for Power Supply and the Use of Modern Technologies in Healthcare

The article discusses the basic requirements for power supply healthcare facilities. It is important to ensure the appropriate degree of availability of this type of power supply systems and proper selection power supply systems for these functions.

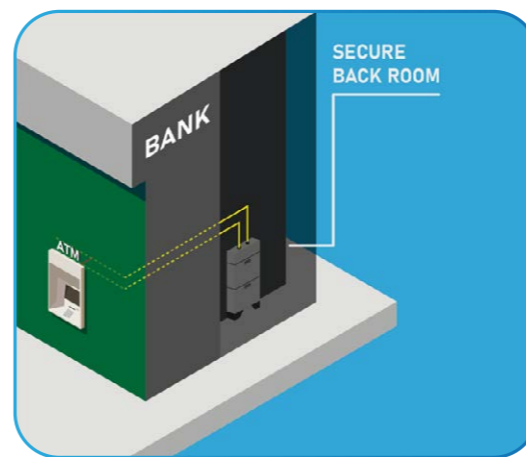
**Keywords:** power supply for medical facilities, genset, UPS.

PowerWalker

# VFI EVS

## DOŚWIADCZ TURBODOŁADOWANEJ WYDAJNOŚCI

- Długie czasy podtrzymania
- Szybki i prosty montaż
- Możliwość instalacji w punktach w których brak miejsca na standardowe regały bateryjne i agregaty prądotwórcze
- Łatwe możliwości rozbudowy



VFI 5000 EVS

LIFE BATTERY SYSTEM 48-100

### VFI 5000 EVS

- Współpraca z zewnętrznymi bateriami litowymi
- Praca równoległa do 9 jednostek (od 5kVA do 45kVA)
- Możliwość pracy w konfiguracji trójfazowej
- Potężna ładowarka do 60A

### LIFE BATTERY SYSTEM 48 100

- Żywotność baterii przewidziana na 12-15 lat
- Szybkie ładowanie (1 godzina do 90% naładowania)
- Możliwość pracy do 10 jednostek aby zwiększyć czas podtrzymania

Liczba Battery Packów	250 W	500 W	1000 W	1500 W	2000 W	2500 W
1	1080	540	270	180	135	108
2	2160	1080	540	360	270	216
3	3240	1620	810	540	405	324
4	4320	2160	1080	720	540	432

Szacunkowe czasy podtrzymania w minutach, w zależności od poboru mocy (W) podłączonych urządzeń

# Nowa rodzina zasilaczy PowerWalker UPS VFI EVS 5 kVA z magazynami energii

Seria PowerWalker VFI EVS to nowa generacja zasilaczy UPS, oferująca długi czas podtrzymania dzięki zastosowaniu baterii LiFePO<sub>4</sub> o 40% mniejszej masie i wymiarach w odniesieniu do klasycznych baterii kwasowo-ołowiowych. Zastosowana topologia podwójnej konwersji (VFI-SS-311) gwarantuje najwyższy poziom bezpieczeństwa, a wyspecjalizowane układy utrzymują współczynnik mocy PF na poziomie >0.99. Oczywiście zależy on od podłączonych urządzeń odbiorczych. Wszelkie informacje o stanie UPS widoczne są na wbudowanym wyświetlaczu LCD, który dodatkowo pozwala na intuicyjną konfigurację urządzenia.

PowerWalker jest marką należącą do BlueWalker GmbH, firmy założonej w 2004 w Neuss. Jako doświadczony i profesjonalny dostawca zasilaczy UPS, regulatorów napięcia i inwerterów marki PowerWalker jest dostępny w całej Europie. Portfolio produktów to ponad 300 modeli, od urządzeń domowych, poprzez biurowe i serwerowe, aż do rozwiązań dedykowanych dla przemysłu.

Bogata oferta akcesoriów i modułów baterii pozwala na zastosowanie produktów w wielu rozwiązaniach. Nasze produkty przechodzą dokładny, czterostopniowy proces kontroli jakości w fazie produkcji podzespołów, montażu, testów gotowego produktu i przed wprowadzeniem na rynek. Z dumą oferujemy produkty wysokiej jakości z najlepszym współczynnikiem cena/jakość.

## Główne cechy UPS VFI EVS 5kVA

PowerWalker VFI 5000 EVS to seria zasilaczy UPS on-line z technologią podwójnej konwersji, zaprojektowana w celu ochrony sprzętu o znaczeniu krytycznym. Taka topologia umożliwia pracę z siecią elektroenergetyczną o napięciu od 176 do 280V przy obciążeniu 100%, zapewniając na wyjściu UPS-a sinusoidę 230V ±1% o częstotliwości 50 ±0,1 Hz. Pozwala to na nieprzerwaną pracę urządzeń pamięci masowych, systemów IT w bankach i systemów CCTV. PowerWalker VFI EVS może pracować równolegle do 9 jednostek o mocy 5 kVA każda, które będą podłączone do wspólnych modułów bateryjnych. Przy zastosowaniu co najmniej trzech jednostek możemy zbudować trójfazowy zasilacz UPS.

Mimo masy tylko 14,2kg ma bardzo wydajną ładowarkę (do 60 A), która może obsługiwać nie tylko tradycyjne akumulatory kwasowo-oł-



Szafa z dwoma modułami baterijnymi LiFePO<sub>4</sub> i PDU – LiFe 48-100

wiowe, ale jest również kompatybilna z pakietami akumulatorów litowych. Jest to szczególnie przydatne w przypadku aplikacji wymagających tworzenia kopii zapasowych dużych zbiorów danych.

- Dostępny jest na rynku w trzech opcjach:
- » EVL: pakiet zasilacz UPS + moduł baterijny z akumulatorami litowo-jonowymi BP; w tym jeden moduł akumulatora LiFe (wymaga karty BMS),
  - » EVA: pakiet zasilacz UPS + moduł baterijny z akumulatorami ołowiowymi BP,
  - » EVS: zasilacz UPS bez akumulatora.

## Z myślą o magazynach energii

Dla zasilaczy serii PowerWalker VFI 5000 EVS oferujemy specjalny system magazynowania

energii (ESS). System akumulatorów PowerWalker LiFe to modułowy (do 10 modułów) i skalowalny zestaw akumulatorów LiFePO<sub>4</sub>, kompatybilny ze wszystkimi naszymi falownikami 48V. System magazynowania energii (ESS) ma stosunkowo małą masę i kompaktowe wymiary – około 40% mniej niż standardowe akumulatory kwasowo-ołowiowe. Zmniejsza to problemy z obciążalnością stropów w istniejących budynkach, które łatwo zaadaptować na potrzeby umieszczenia w nich tzw. serwerów do przetwarzania brzegowego (ang. *edge computing*) wraz z zasilaczem UPS o odpowiednio długim podtrzymaniu baterijnym.

Nasze moduły bateryjne z akumulatorami LiFePO<sub>4</sub> wyposażone są w ogniwa, których cykl życia to co najmniej 10 lat. W tym czasie może

nastąpić nawet 8000 cykli ładowania. Warunkiem jest rozładowywanie akumulatorów do 60% pojemności prądem 1C i ładowaniu prądem 0,2C. Natomiast w przypadku głębokiego rozładowania, do 90% pojemności prądem 1C i ładowaniu prądem 0,2C, gwarantujemy co najmniej 2000 cykli ładowania. Z tego powodu ładowarka wbudowana w zasilacz posiada system optymalizacji procesu ładowania i rozładowywania baterii akumulatorów (OBM – *Optimized Battery Management*). Dodatkowo technologia LiFePO<sub>4</sub> z wbudowanym w moduły bateryjne systemem zarządzania bateriami (BMS – *Battery Management System*) zapewnia bezpieczeństwo i niezawodność, gdyż w trakcie ładowania nie jest wydzielany wodór, który wraz z powietrzem mógłby wytworzyć atmosferę wybuchową. Ogniwa LiFePO<sub>4</sub> są praktycznie niepalne, dopóki nie zostanie przedziurawiona mechanicznie obudowa.

Według naszych doświadczeń czas podtrzymania wzrasta praktycznie liniowo dla danego obciążenia przy zwiększaniu liczby modułów bateryjnych co obrazuje tabela 1.

Dla klientów indywidualnych i firm oferujemy również możliwość szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych maksymalnym

Moduł baterijny	Liczba modułów	Moc podłączonych urządzeń, w [W]									
		250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2500	3000
LiFe 48-100	1	1080	540	360	270	216	180	157,5	135	108	90
LiFe 48-100	2	2160	1080	720	540	432	360	315	270	216	180
LiFe 48-100	3	3240	1620	1080	810	648	540	472,5	405	324	270
LiFe 48-100	4	4320	2160	1440	1080	864	720	630	540	432	360

Tab. 1. Czasy podtrzymania w minutach w zależności od liczby modułów bateryjnych LiFe 48-100

prądem 150 A. Natomiast w zakresie prądów wyjściowych od 150 do 300 A wymagane jest zastosowanie PDU dla układu akumulatorów LiFePO<sub>4</sub>. Zalecamy jednak ładowanie pojazdów elektrycznych mniejszymi prądami, co znacznie zwiększy żywotność akumulatorów w magazynie i wpłynie pozytywnie na środowisko.

## Korzyści dla użytkownika

Jednostki UPS mogą współdzielić podłączone moduły Battery Pack. Produkt posiada zaawansowaną ładowarkę z technologią OBM, która znacznie wydłuża żywotność podłączonych baterii. Moc wyjściowa UPS wynosi 5 kW, ale UPS może być obsługiwany równolegle z maksymalnie 9 jednostkami, potencjalnie zwiększając jego moc do 45 kW! Jednostki zasilaczy awa-

ryjnych są jednofazowe, ale można je podłączyć w konfiguracji trójfazowej, gdy działają co najmniej 3 jednostki.

Najważniejszą cechą wyróżniającą ten model UPS jest ładowarka 60 A, która pozwala na pracę z zewnętrznymi stelażami baterijnymi, w tym z bateriami LiFePO<sub>4</sub>! UPS VFI EVS wraz z naszym bankiem energii PowerWalker LiFe Battery System 48-100 jest doskonałym rozwiązaniem do zastosowań biznesowych. Może zasilać bankomaty, urządzenia pamięci masowych, systemy IT w bankach i systemy CCTV. Ważną zaletą tego zaawansowanego rozwiązania jest długi czas podtrzymania. Do komunikacji mogą być stosowane wbudowane porty: RS-232, USB oraz gniazdo na kartę komunikacyjną. Zasilacz ma funkcję zimnego startu bez podłączenia do sieci zasilającej, automatyczny bezpiecznik, tryb ECO,

REKLAMA

# elektro info Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

Ewakuacja ludzi z płonącego budynku i jej wspomaganie. Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne

**Dostępne od ręki o każdej porze i bez względu na to, gdzie jesteś!**

[www.kursy.elektro.info.pl](http://www.kursy.elektro.info.pl)



Panel przedni oraz tylny zasilacza PowerWalker VFI 5000 EVS

EPO – Emergency Power Off oraz listwę przyłączeniową.

Karta PowerWalker BMS jest dodatkiem do systemu baterii LiFePO<sub>4</sub>. Zapewnia komunikację pomiędzy systemem baterii LiFe a podłączonym zasilaczem UPS, umożliwiając skonfigurowanie: napięcia ładowania, prądu ładowania, napięcia odcięcia akumulatora oraz maksymalnego prądu rozładowania – zgodnie z parametrami akumulatora litowego.

Zalety akumulatorów LiFePO<sub>4</sub>:

- » szybkie ładowanie, uzyskanie 90% poziomu naładowania baterii w około 1–2 godziny (z 1 modulem Life Battery System 48-100),
- » wbudowany system zarządzania baterią (BMS) – optymalizuje wykorzystanie baterii,
- » głębokość rozładowania do 90% (DoD),

- » oszczędność do 40% cennej przestrzeni przy zaledwie 40% masy zwykłego akumulatora kwasowo-olowiowego,
- » bezpieczne użytkowanie akumulatorów LiFePO<sub>4</sub> dzięki zastosowaniu systemu OBM.

### I Nasze doświadczenie

Nasza geneza sięga roku 1997, kiedy Impakt był małą firmą prywatną. W naszej dwudziestoletniej już historii pokonałyśmy wiele etapów rozwoju, począwszy od roku 2002, kiedy to Impakt zmienił formę prawną przekształcając się w Impakt Sp. z o.o. aż do obecnej formy i uzyskania statusu Spółki Akcyjnej w 2016 roku.

Profil naszej działalności ulegał przeobrażeniom wraz ze zmianami obecnymi na rynku. Początkowo była to dystrybucja programów użyt-

kowych, edukacyjnych i gier komputerowych. Wraz z rozwojem firmy i rozszerzaniem się sieci dystrybucji, wprowadziliśmy nowy asortyment w postaci akcesoriów komputerowych i nośników danych. Jednocześnie stale wydłużała się lista dostawców, którzy podpisywali z nami umowy dystrybucyjne.

Stale reagowanie na zmiany rynkowe pomogło nam rozszerzać zarówno profil działalności, jak również zasięg i liczbę kontrahentów. Wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej zaczęliśmy importować produkty znanych światowych producentów oraz uzyskaliśmy status dystrybutora kilku dużych korporacji międzynarodowych.

Kolejnym ważnym krokiem w rozwoju firmy stało się wprowadzenie oraz ciągłe rozwijanie internetowego systemu obsługi klienta eTrade. Dziś naszymi klientami są nie tylko setki firm komputerowych i elektronicznych w całej Polsce, ale także czołowi krajowi dystrybutorzy sprzętu komputerowego. Ponadto Impakt swoimi usługami obejmuje klientów i odbiorców na terenie niemal całej Europy i wciąż zdobywa nowe rynki.

Obecnie głównym profilem naszej aktywności jest działalność dystrybucyjna na szeroko rozumianym rynku IT w segmencie urządzeń peryferyjnych, akcesoriów i podzespołów komputerowych, a także akcesoriów dla graczy, rozwiązań sieciowych i elektroniki użytkowej oraz zasilaczy UPS. Zaopatrujemy zarówno kanał tradycyjny reprezentowany przez setki małych sklepów specjalistycznych czy też resellerów, jak również sklepy internetowe, sieci supermarketów, sieci sklepów specjalistycznych oraz największe hurtownie. Ciągły rozwój i poszerzanie oferty o kolejnych producentów sprawia, że nasz profil ulega systematycznemu rozwojowi.

Zapraszamy do kontaktu z nami, podczas którego zaproponujemy rozwiązania dostosowane do Państwa potrzeb.



Karta PowerWalker BMS



**Impakt S.A.**  
62-050 Mosina  
ul. Stanisława Lema 16  
tel. 61 10 10 230, 61 898 32 23  
faks 61 10 10 230 w. 215  
[www.impakt.com.pl](http://www.impakt.com.pl)

# Grupa MEDIUM <sup>30 lat</sup>

polski wydawca czasopism  
z 30-letnim  
doświadczeniem



C Z Y M S I Ę Z A J M U J E M Y :

- czasopisma branżowe
- portale internetowe
- książki i dodatki
- konferencje
- szkolenia
- akcje społeczne



# Magazynowanie energii w zasilaczach UPS

Kluczowym elementem dla wszystkich aplikacji krytycznych jest gwarancja ciągłości zasilania. Przerwy w zasilaniu trwające od kilku sekund do kilku minut mogą spowodować zakłócenia generujące straty produkcyjne oraz wzrost kosztów w przypadku procesów technologicznych wrażliwych na krótkotrwałe przestoje. W celu nieprzerwanego dostarczenia energii stosowane są zasilacze UPS (ang. *Uninterruptible Power Supply*), które zapewniają zasilanie odbiorników nawet do kilku godzin, wykorzystując energię zasobników. Czas nieprzerwanego zasilania podczas przerwy w dostawie energii z sieci elektroenergetycznej jest uzależniony od pojemności zastosowanych akumulatorów oraz zapotrzebowania mocy przez zasilane odbiorniki. W celu zapewnienia dużej dostępności i wydłużonego okresu pracy zasilacza UPS, musi być on chroniony za pomocą wydajnego systemu do przechowywania energii, który charakteryzuje się krótkim czasem ładowania, brakiem konieczności przeprowadzania częstych przeglądów konserwacyjnych oraz ciągłym monitorowaniem [1, 2].

Istotną kwestią jest wybór odpowiedniego zasilacza UPS do konkretnego przypadku, w którym ma być zastosowany. Należy przy tym uwzględnić m.in. rozmieszczenie odbiorników w obiekcie, czas podtrzymania pracy poszczególnych odbiorników, ich układ połączeń czy przeanalizować sytuacje awaryjne, okresowe wyłączenia urządzeń do przeglądów i konserwacji. Po wyliczeniu mocy zapotrzebowanej przez odbiory należy dobrać moc UPS-a, topologię jego wykonania oraz dokonać wyboru baterii akumulatorów (zasobników energii) do wymaganego czasu podtrzymania pracy od-

biorników. Szczegółowe informacje dotyczące doboru zasilacza UPS przedstawiono w [2].

W celu zapewnienia bezpieczeństwa i poprawnej pracy obiektów o znaczeniu krytycznym, stawiane są wysokie wymagania zasilaczom UPS, które muszą być niezawodne i odporne na ekstremalne warunki pracy. Wymagania dotyczące zastosowania zasilaczy UPS w centrach telekomunikacyjnych oraz na potrzeby urzędzeń przeciwpożarowych przedstawiono w [2, 6].

Wybrane zagadnienia związane z parametrami jakości energii elektrycznej w układach z zasilaczami UPS opisano w artykule [5], w którym odniesiono się do obowiązujących norm i wymagań, szczególnie dotyczących parametrów jakości napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych oraz wymaganych poziomów odporności urządzeń na zmiany zasilania.

## Magazynowanie energii

Wysoka niezawodność systemu zasilania gwarantowanego (na poziomie 99,999%) zależy głównie od jakości i typu zastosowanego zasobnika energii (najczęściej baterii akumulatorów). Doświadczenia eksploatacyjne wykazały, że najslabszym ogniwem w systemie zasilania gwarantowanego z zastosowaniem zasilaczy UPS są baterie akumulatorów. Średni czas pomiędzy naprawami MTBF (ang. *Mean Time Between Failure*) zasilaczy UPS wynosi około 25 lat, podczas gdy baterie akumulatorów ulegają częstszemu uszkodzeniu, powodując niedolność zasobnika do pracy w układzie zasilania gwarantowanego [1, 2].

Na rynku dostępne są następujące rodzaje baterii [2]:

- » kwasowo-olowiowe,
- » nikłowo-kadmowe (NiCd),
- » nikłowo-wodorowe (NiMH),
- » litowo-jonowe (Li-Ion),
- » litowo-jonowe z elektrolitem polimerowym (Li-Ion Polimer),
- » nikłowo-chlorosodowe (NiNaCl).

Najbardziej rozpowszechnionym typem baterii są baterie kwasowo-olowiowe, wykonane z dwóch elektrod umieszczonych w obudowie zalanej elektrolitem, którym jest wodny

roztwór kwasu siarkowego. Materiałem aktywnym elektrody dodatniej jest dwutlenek ołowiu, natomiast elektroda ujemna pokryta jest gąbczastym ołowiem. W procesie elektrochemicznym (ładowanie i rozładowanie) powstają gazy (tlen i wodór), które wydostają się na zewnątrz obudowy. Procesy te powodują, że woda ulega odparowywaniu i konieczne jest jej uzupełnianie [2].

Jednym z rozwiązań wykorzystywanych do budowy akumulatorów kwasowo-olowiowych jest technologia VRLA (ang. *Valve Regulated Lead Acid*), gdzie stosowane są akumulatory o budowie zamkniętej, posiadające zawory regulowane o jednostronnym działaniu. Budowa wewnętrzna jest podobna do baterii klasycznych, jednak stosowane są tu dodatki stopowe ograniczające wydzielanie wodoru na płycie ujemnej. W bateriach tych stosuje się elektrolit o większej gęstości, który uwięziony jest w separatorze między płytowym wykonanym z włókna szklanego (ang. *AGM – Absorbent Glass Mat*) lub zestalony w całej objętości w postaci żelu na bazie krzemionki SiO<sub>2</sub>. Szczelność akumulatora bezobsługowego (VRLA) zapewnia zawór podciśnieniowy, wypuszczający gazy tylko w przypadku pracy awaryjnej. Zamknięty obieg tlenu zabezpiecza akumulator przed znaczącą utratą wody w całym okresie żywotności akumulatora i dzięki temu akumulator jest bezobsługowy w zakresie uzupełniania elektrolitu [2].

Samorozładowanie baterii, które jest naturalnym procesem występującym podczas eksploatacji, zależy w dużej mierze od temperatury otoczenia. Proces ten intensyfikuje się wraz z jej wzrostem [2].

W ostatnich latach pojawiło się szereg nowych rozwiązań, pozwalających na gromadzenie energii w układach zasilania rezerwowego, co pokazano w **tabeli 1**. Urządzenia te mogą przykładowo zastąpić baterię akumulatorów w układach UPS. Są one wynikiem prowadzonych w 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

Technologia	Zakres energii, w [MWh], i mocy, w [MW]	Czas pracy, sprawność, w [%]	Liczba cykli, czas życia w [latach]	Zalety	Wady
Elektrownie szczytowo-pompowe	> 1000 300–3000	6–12 h 80–85	Nieograniczona > 60	Znane od lat, wielkoskalowe, ekonomiczne	Niska gęstość energii, ograniczone lokalizacje, wpływ na środowisko
Sprężone powietrze w szczelinach skalnych	> 1000 50–180	8–13 h 40–75	Nieograniczona 20–30	Niski koszt, regulacja pojemności, duża skala	Struktura geologiczna, niska gęstość energii, konieczność podgrzewania powietrza, np. gazem
Baterie sodowo-siarkowe	5– > 1000 1–50	6–8 h 70–90	2500–4500 5–15	Wydajność, duża gęstość energii i cykli pracy	Niebezpieczne, wymagają podgrzewania
Ogniwa wanadowe	< 250 1–100	3–5 h 65–75	> 10000 15–20	Niezależne skalowanie mocy i energii	Drogie
Ogniwa cynkowo-bromowe	< 250 1–100	1 ÷ 5 h 60 ÷ 70	> 10000 20		
Akumulatory kwasowo-olowiowe VRLA	10–20 1–50	2–4 h 85–90	1500–5000 3–15	Znana technologia, wysoka gęstość energii	Wpływ na środowisko, niska liczba cykli
Akumulatory kwasowo-olowiowe	< 250 1–50	1 min – 8 h 90–94	4500–10000 5–15	Wysoka gęstość energii	Wysoki koszt
Akumulatory litowo-jonowe	1–25 < 100	1 min – 8 h 85–98	1000 – > 10000 10–20	Znana technologia, wysoka gęstość energii	Bardzo wysoki koszt, niebezpieczne
Superkondensatory	Mała energia < 1	Milisekundy – 1 h 80–98	bardzo duża 8 – > 20	Wysoka gęstość mocy, wydajne, bardzo krótki czas odpowiedzi	Niska gęstość energii, wysoki koszt jednostkowy, zmienne napięcie
Koła zamachowe	< 5 < 20	Milisekundy – 0,25 h 85–95	> 100000 15–20	Wysoka gęstość mocy, wydajne, szybki start, niski koszt obsługi, skalowalne	Wysoki koszt inwestycji, niska energia, wysoki stopień samorozładowania

Tab. 1. Wybrane technologie magazynowania energii [3]

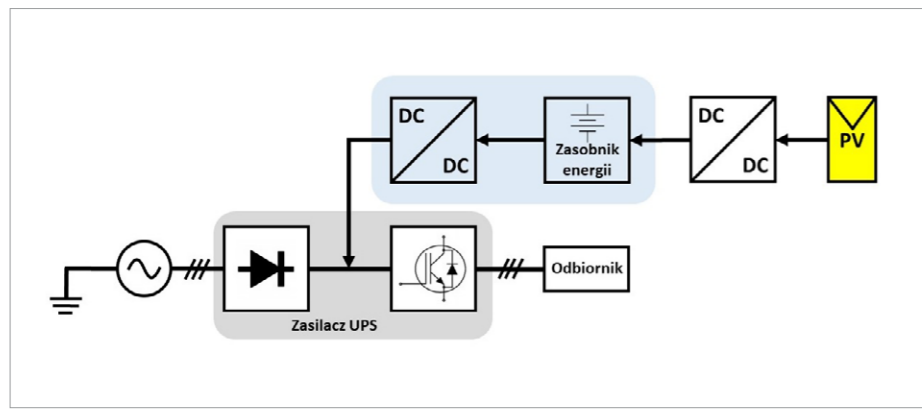
w zasilaniu i zapadów napięcia w sieciach rozdzielczych średniego napięcia to przerwy trwające nie dłużej niż 3 sekundy. Ich przyczyną są najczęściej wyładowania atmosferyczne i związane z tym działanie układów samoczynnego ponownego załączenia, czy też inne czynności łączeniowe w sieci. Przerwy w zasilaniu 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 [4, 5], nadprzewodnikowe magnetyczne zasobniki

energii (*Superconducting Magnetic Energy Storage – SMES*).

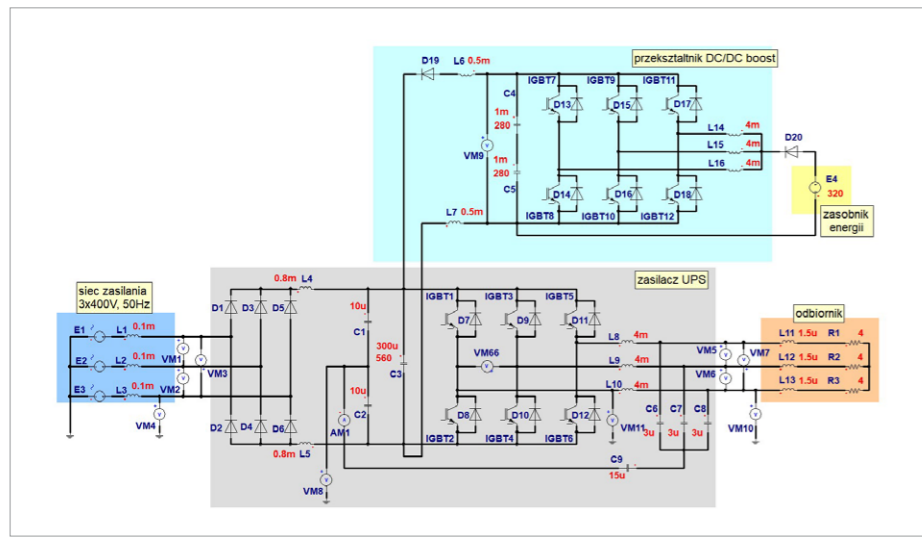
Koła zamachowe to konstrukcje zupełnie inne od tradycyjnego zastosowania kół zamachowych w zespołach prądotwórczych. Różnica polega na tym, że w zespole prądotwórczym koła zamachowe gromadzi jedynie energię potrzebną do szybkiego rozruchu silnika wysokoprężnego, natomiast energia ta nie jest przeznaczona do zamiany na energię elektryczną w celu zasilania odbiorców. Szacuje się, że jedynie ok. 5% energii koła zamachowego jest oddawane 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. W chwilach zaniku napięcia energia elektryczna wytwarzana w generatorze (faza pracy silnikowej) jest przekształcana na energię elektryczną o od-

powiednich parametrach napięcia i częstotliwości i służy do zasilania systemu zasilania rezerwowego. 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.

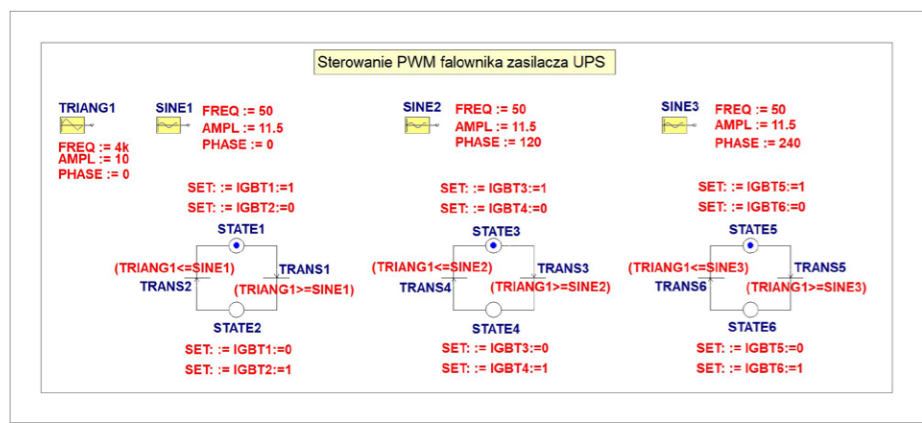
**Koła szybkoobrotowe** są wykonane ze szkła bądź z włókna szklanego lub węglowego. Materiały te są materiałami niemagnetycznymi i mają ciężar właściwy ok. 5-krotnie większy od stali. Prędkości eksploatacyjne kół szybkoobrotowych zawierają się w zakresie od 10 000 do 100 000 obrotów na minutę. Wirnik generatora jest magnesem stałym, co jest spowodowane trudnościami 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 mają moce do 250 kW, z możliwością zgro-



Rys. 1. Schemat blokowy zasilacza UPS z przekształtnikiem DC/DC podwyższającym napięcie magazynu energii  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński



Rys. 2. Model trójfazowego zasilacza UPS z przekształtnikiem DC/DC podwyższającym napięcie magazynu energii  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński



Rys. 3. Grafy sterowania modulacją sinusoidalną falownika PWM kształtującego napięcie wyjściowe zasilacza UPS  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński

madzenia energii nawet 8 MW-s [4, 5] przez czas od 1 do 60 sekund.

**Koła wolnoobrotowe** pracują przy prędkościach rzędu 6000 obr./min. Ze względu na mniejszą prędkość niż koła szybkoobrotowe, muszą one mieć znacznie większą masę, aby uzyskać podobne wartości magazynowanej energii. Wirniki wykonywane są w tym przypadku

ze stali i przy prędkościach obrotowych rzędu 6000 obr./min. nie jest już konieczne umieszczenie 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 2 MW i są zdolne dostarczać energię przez czas od 1 do 60 sekund [4, 5].

Koła zamachowe wolnoobrotowe są stosowane w kombinowanych układach zasilania rezerwowego, gdzie współpracują najczęściej z zespołami 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 zespół prądotwórczy.

**Superkondensatory** (ang. *supercapacitors*) to kondensatory o specjalnej konstrukcji umożliwiającej uzyskanie dużych pojemności rzędu kilkunastu faradów. Dużą pojemność uzyskano przez zastosowanie odpowiednich materiałów na okładki kondensatorów, takich jak aktywny węgiel bądź włókna pokrywane aktywnym węglem lub dwutlenkiem rutenu ( $\text{RuO}_2$ ). 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  $65^\circ\text{C}$  [4, 5]. W przypadku dużych zakładów warto zastanowić się nad tandemem zasilacz UPS–zespół prądotwórczy lub dynamicznym układem zasilania wyposażonym w kinetyczny zasobnik energii.

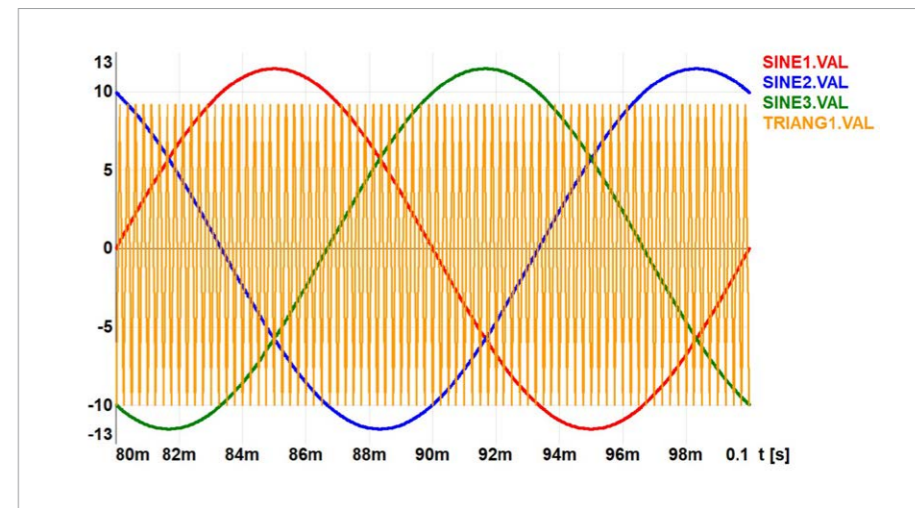
**Nadprzewodnikowe magnetyczne zasobniki energii** (ang. *Superconducting Magnetic Energy Storage – SMES*) to układy gromadzące energię pola magnetycznego wytwarzane przez duże cewki przewodzące prąd stały.

Cewki te, schłodzone do bardzo niskiej temperatury, znajdują się w stanie nadprzewodnictwa i przepływ prądu odbywa się praktycznie bez strat. Gromadzenie energii polega na ciągłym przepływie prądu stałego o dużych wartościach. W chwili zapotrzebowania na energię prąd cewki może być przekształcony na prąd przemienny i dostarczony do systemu zasilania rezerwowego [4, 5]. Obecnie buduje się już układy chłodzone ciekłym helem, natomiast w fazie badań znajdują się układy nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego, czyli chłodzone ciekłym azotem. Obecnie trwają również prace nad udoskonaleniem konstrukcji ogniw paliwowych i jest duże prawdopodobieństwo, że w niedalekiej przyszłości staną się alternatywą dla obecnie stosowanych rezerwowych źródeł energii [1].

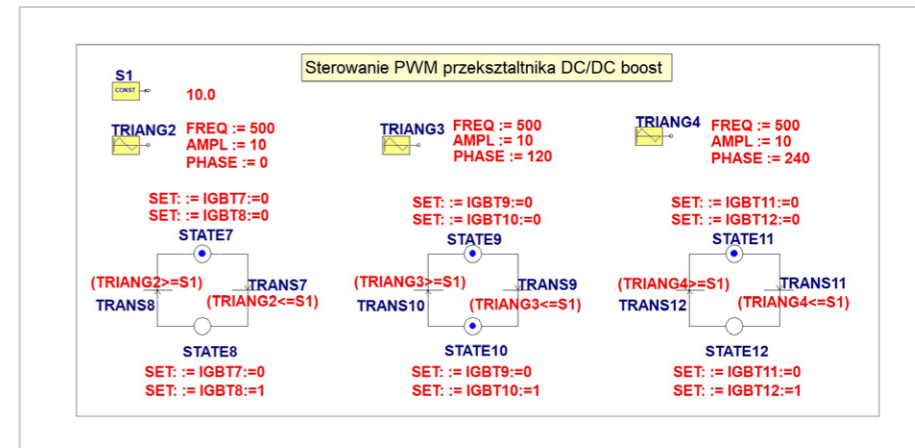
### Model zasilacza UPS z przekształtnikiem DC/DC podwyższającym napięcie zasobnika energii

Ze względu na ograniczone zasoby energii zgromadzonej w niskonapięciowych magazynach energii sprawność układu z zasilaczem UPS, jak i dopasowanie poziomu napięcia wymaganego przez zasilane odbiorniki, mają kluczowe znaczenie. W takim przypadku wykorzystuje się przekształtniki DC/DC podwyższające napięcie, które zwykle stosuje się np. w systemach energetycznych zasilanych odnawialnymi źródłami energii. Istnieją różne rozwiązania zastosowania przekształtnika DC/DC w układach gwarantowanego zasilania. W artykule [8] przedstawiono rozwiązanie wykorzystania przekształtnika DC/DC podwyższającego napięcie z szeregowym obwodem rezonansowym, który pozwala osiągnąć duże wzmocnienie napięciowe przy zachowaniu wysokiej sprawności przekształtnika i małym współczynniku wypełnienia impulsów modulatora PWM. Układ taki spełnia warunek zapewnienia dużej gęstości mocy, co możliwe jest do zrealizowania dzięki wysokiej częstotliwości przełączania kluczy półprzewodnikowych. Inne rozwiązanie przedstawia publikacja [9], w której zaprezentowano strukturę trójfazowego zasilacza UPS z przekształtnikiem DC/DC typu buck/boost (obniżający/podwyższający napięcie stałe) podłączonego do obwodu pośredniego DC zasilacza UPS w celu ładowania i rozładowania zestawu akumulatorów zasobnika energii napięcia stałego.

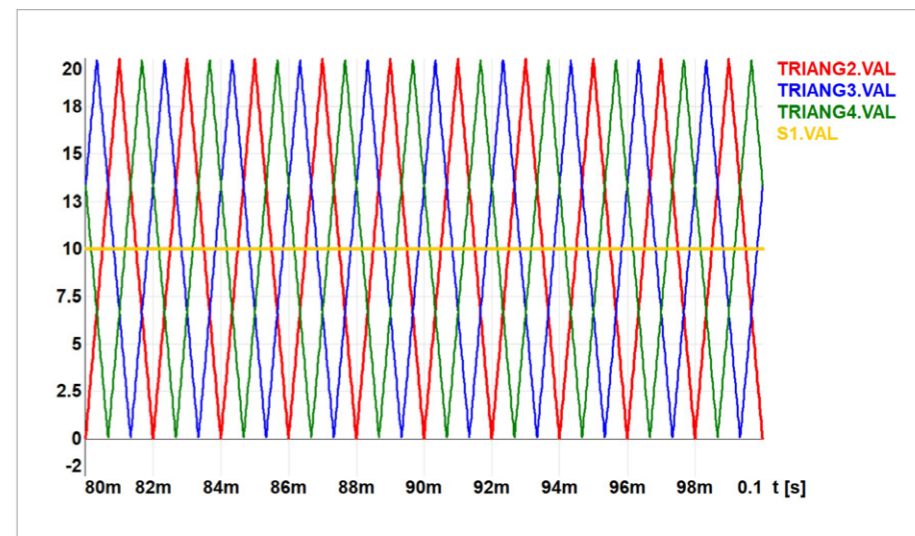
Badany w niniejszym artykule układ trójfazowego zasilacza UPS z przekształtnikiem DC/DC jest zbliżony strukturą do układu przedstawio-



Rys. 4. Sygnały sterujące trójfazowej modulacją sinusoidalnej falownika zasilacza UPS  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński



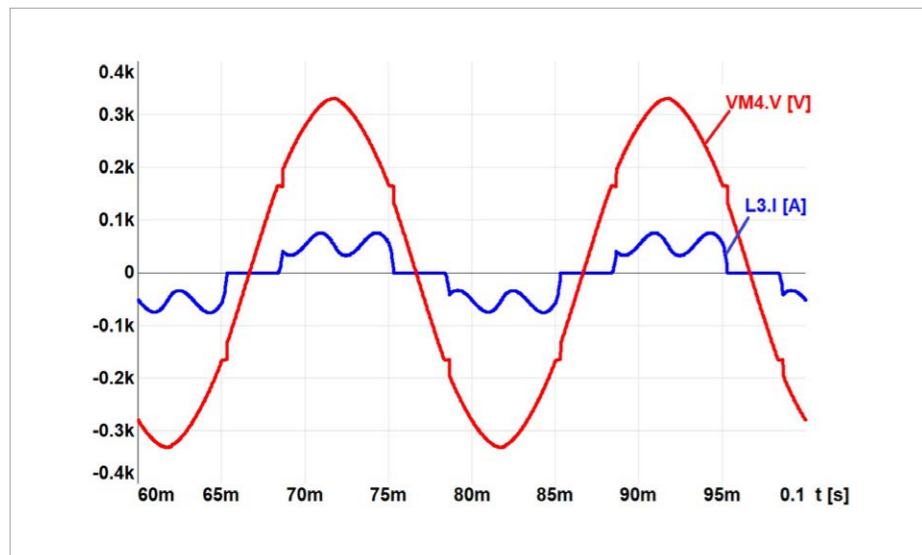
Rys. 5. Grafy sterowania modulacją PWM przekształtnika DC/DC podwyższającego napięcie  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński



Rys. 6. Sygnały sterujące modulacją PWM trójfazowego przekształtnika DC/DC podwyższającego napięcie zasobnika energii  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński

nego w artykule [9] i obrazuje go **rysunek 1**. Model przedstawiony na **rysunku 2**, wykonano w programie do badań symulacyjnych ANSYS Simplorer 6.0. W artykule zamieszczo-

no wszystkie dane modelowanego zasilacza UPS, umożliwiające jego implementację w dowolnym oprogramowaniu do badań symulacyjnych, np. Matlab/Simulink. Sieć zasilania



Rys. 7. Przebiegi napięcia fazowego  $U_{VM4}$  i prądu fazowego  $I_{L3}$  transformatora w sieci zasilającej  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński

dostarcza energię elektryczną o stałych parametrach  $3 \times 400 \text{ V}$  i częstotliwości  $50 \text{ Hz}$ . Budowa zasilacza UPS przypomina budowę napędowego przemiennika częstotliwości. Stosowana jest sinusoidalna modulacja szerokości impulsów PWM (ang. *Pulse Width Modulation*), dzięki której na wyjściu falownika kształtowane są trójfazowe napięcia sinusoidalne. Stosując modulację szerokościową, uzyskuje się napięcie międzyfazowe falownika o wartości bliskiej napięciu transformatora sieci przemysłowej. Układ sterowania modulacją sinusoidalną PWM można przedstawić za pomocą grafów stanów (rys. 3.). Symboliczny zapis modulatora PWM za pomocą grafu stanów wykorzystywany jest w tym opracowaniu do sterowania dwupoziomym falownikiem trójfazowym zasilacza UPS. Przedstawione trzy pętle stanów statycz-

nych (STATE) i przejściowych (TRANS) opisują pracę trzech półmostków falownika i realizują sinusoidalną modulację nieciągłą (przerwaną) falownika przy współczynniku głębokości modulacji  $M = 1,15$ , który jest definiowany następująco [10]:

$$M = \frac{\text{amplituda sinusoidalnego napięcia modulującego}}{\text{amplituda przebiegu nośnego (trójkątnego)}} = \frac{\text{amplituda SINE1}}{\text{amplituda TRIANG1}}$$

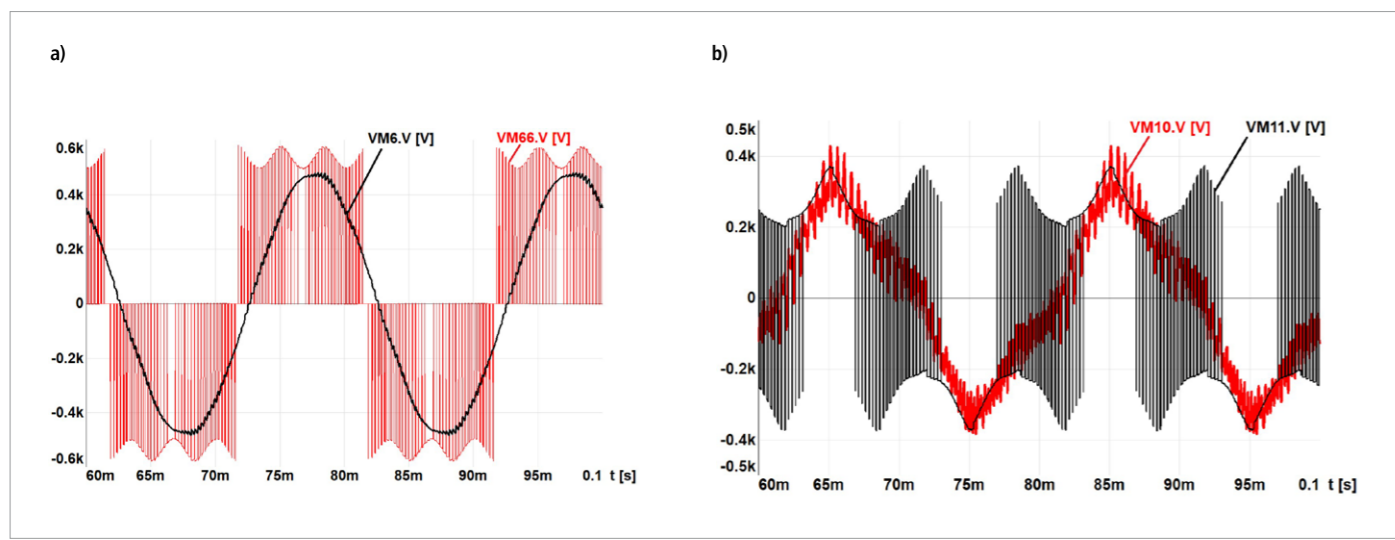
Sinusoidalna modulacja szerokościowa nieciągła (przerwana) jest wykorzystywana do przekształcenia napięcia stałego zasilania falownika na trójfazowe napięcie przemienne falownika. Przebiegi modulujące sinusoidalne wraz z przebiegiem nośnym trójkątnym obrazuje rysunek 4. Zastosowanie

przekształtnika DC/DC typu boost w danym układzie umożliwia kształtowanie napięcia stałego o dowolnej wartości. Topologia obwodów mocy falowników w zasilaczu UPS i przekształtniku DC/DC jest podobna, odmiennie są zastosowane algorytmy sterowania. Układ sterowania modulacją PWM falownika przekształtnika DC/DC różni się pod względem zastosowanej charakterystyki przebiegu modulującego (napięcie stałe) (rys. 5.). Nośne sygnały trójkątne poszczególnych gałęzi przekształtnika DC/DC podwyższającego napięcie zasobnika są modulowane sygnałem napięcia stałego (rys. 6.).

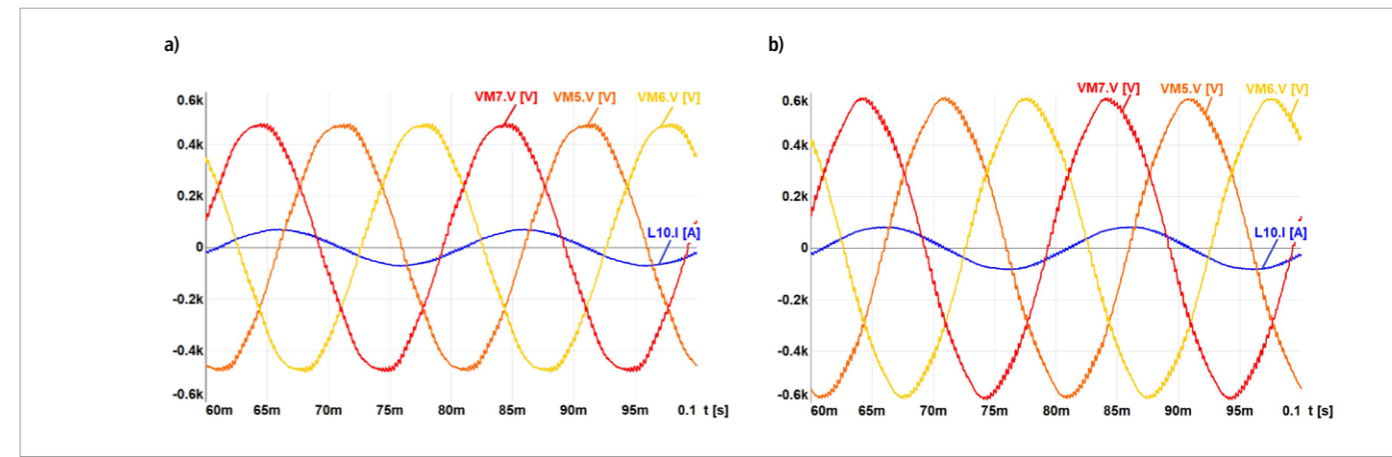
### Badania symulacyjne zasilacza UPS zasilanego z zasobnika energii napięcia stałego

Rysunek 7. przedstawia przebiegi napięcia fazowego  $U_{VM4}$  i prądu fazowego  $I_{L3}$  linii zasilającej po dołączeniu obciążonego zasilacza UPS do przemysłowej sieci zasilania bez wykorzystywania energii zasobnika. Widoczne jest odkształcenie prądu fazowego transformatora  $I_{L3}$ , które jest spowodowane niesinusoidalnym obciążeniem sieci trójfazowym prostownikiem diodowym. Współczynnik zawartości harmonicznego prądu THD<sub>i</sub> wynosi ok. 40% i z tego względu należy dobrać moc transformatora sieciowego i zastosować odpowiednie filtry wejściowe [11].

Model przedstawiony na rysunku 2. zawiera także filtry składowych harmonicznego napięcia różnicowego (ang. *Differential-Mode Voltage*) i składowych harmonicznego napięcia wspólnego (ang. *Common-Mode Voltage*) falownika. Z rysunku 8a wynika, że filtr składowych harmonicznego napięcia różnicowego DM przybli-



Rys. 8. a) Przebieg napięcia międzyfazowego  $U_{VM6}$  falownika po odfiltrowaniu składowych harmonicznego napięcia różnicowego i przebieg napięcia wyjściowego falownika  $U_{VM6}$  bez filtracji, b) przebieg napięcia fazowego  $U_{VM11}$  falownika bez filtracji zaburzeń wspólnych i po zastosowaniu filtra zaburzeń wspólnych  $U_{VM10}$   
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński



Rys. 9. Przebiegi napięć międzyfazowych  $U_{VM5}$ ,  $U_{VM6}$ ,  $U_{VM7}$  falownika (zasilacza UPS) i prądu fazowego obciążenia  $I_{L10}$ : a) zasilacz UPS zasilany z sieci przemysłowej, b) zasilacz UPS zasilany z zasobnika energii  
rys. M. Żurek-Mortka, K. Kuczyński

ża napięcie międzyfazowe falownika zasilacza UPS  $U_{VM6}$  do przebiegu sinusoidalnego. Podobnie jest w przypadku zastosowania filtra zaburzeń wspólnych CM (rys. 8b) – kształt napięcia międzyfazowego  $U_{VM10}$  jest zbliżony do sinusoidy.

Rysunek 9a przedstawia przebiegi napięć międzyfazowych  $U_{VM5}$ ,  $U_{VM6}$ ,  $U_{VM7}$  i prądu fazowego  $I_{L10}$  mierzonych na wyjściach falownika zasilacza UPS. Obserwowane jest zniekształcenie napięć międzyfazowych spowodowane występowaniem harmonicznego w wyniku zastosowania modulacji PWM. Wartość skuteczna napięć międzyfazowych wynosi ok.  $340 \text{ V}$  i jest obniżona w stosunku do napięcia sieci przemysłowej. Istotnym powodem obniżenia tego napięcia jest zastosowanie dławików filtra zaburzeń różnicowych DM (dławiki L8, L9, L10, rys. 2.). Napięcie wyjściowe falownika zasilacza UPS można podwyższyć poprzez zwiększenie napięcia DC na zasilaniu falownika. Współczynnik zawartości harmonicznego napięcia THD<sub>u</sub> wynosi ok. 5% dla napięcia międzyfazowego z rysunku 9a.

Podczas wystąpienia awarii systemu zasilania lub krótkotrwałego zaniku napięcia, zasilacz UPS podtrzymuje pracę urządzeń. Rysunek 9b przedstawia charakterystyki napięć międzyfazowych  $U_{VM5}$ ,  $U_{VM6}$ ,  $U_{VM7}$  i prądu fazowego  $I_{L10}$  na wyjściu falownika w czasie zasilania zasilacza

UPS z dodatkowego zasobnika energii (model UPS z rys. 2.). Analiza THD<sub>u</sub> wskazuje na niską wartość harmonicznego, na poziomie ok. 3% dla napięcia z rysunku 9b. Wartość skuteczna napięć międzyfazowych na odbiorniku w symulowanych warunkach pracy wynosi odpowiednio ok.  $340 \text{ V}$  przy zasilaniu jedynie z sieci przemysłowej  $3 \times 400 \text{ V}/50 \text{ Hz}$ . Napięcie zasilania obciążonego falownika zasilacza UPS jest w tym przypadku obniżone do  $530 \text{ V}$ . Przy zasilaniu zasilacza UPS z zasobnika energii napięcia międzyfazowe falownika (rys. 9b) mają wartość skuteczną równą  $400 \text{ V}$ , dzięki możliwości podwyższenia napięcia DC zasilania falownika do wartości  $640 \text{ V}$ .

### Podsumowanie

W artykule przedstawiono najpopularniejsze stosowane w zasilaczach UPS sposoby maga-

zynowania energii elektrycznej. Przedstawiono uproszczony model zasilacza UPS z konwerterem DC/DC podwyższającym napięcie (typu *boost*, *step-up*) zasobnika energii. Omówiono kształtowanie trójfazowego napięcia wyjściowego oraz możliwości minimalizowania harmonicznego napięcia zasilacza UPS z falownikiem PWM.

Zastosowanie przekształtnika DC/DC do podwyższenia napięcia zasobnika energii umożliwia sterowanie ilością energii pobieranej z przemysłowej sieci napięcia przemiennego przez sterowanie poziomem napięcia DC zasilania falownika w zasilaczu UPS.

literatura do artykułu na [elektro.info.pl](http://elektro.info.pl)

### ABSTRACT

#### Energy storage in UPS systems

The article presents the most popular methods of storing electricity used in UPS. Attention was paid to the amount of energy stored in various storage technologies. The simplified model of a UPS with the use of a DC-DC converter increasing the voltage is presented.

**Keywords:** UPS, DC-DC converter, electric energy storage.

## KOMPENDIUM ELEKTRYKA 2023

**PROFESJONALNY TERMINARZ DLA ELEKTRYKÓW I PROJEKTANTÓW INSTALACJI ELEKTRYCZNYCH**

**WYSŁKA W IV KWARTALE 2022**

**JUŻ W PRZEDSPRZEDAŻY**

**Benning Power Electronics Sp. z o.o.**

05-503 Głusków, Korczunkowa 30  
tel. 22 757 84 53 , 22 757 36 68-70, faks 22 757 84 52  
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

**EST Energy**

05-400 Otwock, Żeromskiego 114  
tel. 22 779 09 00  
www.estenergy.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

**Impakt S.A.**

62-050 Mosina, ul. Stanisława Lema 16  
tel. 61 10 10 230, 61 898 32 23  
faks 61 10 10 230 w. 215  
www.impakt.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

**Riello Delta Power sp. z o.o.**

02-849 Warszawa, ul. Krasnowolska 82R  
tel. 22 379 17 00  
biuro.warszawa@deltapower.pl  
www.riello-deltapower.pl

**SOCOMECSocomec 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

**Redakcja elektro.info**

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

