



Nakład 9,5 tys. egz.
Cena 29 zł (w tym 8% VAT)

ISSN 1642-8722 indeks 373761
www.elektro.info.pl

4/2026
(243)

elektro info

NOWOŚĆ 2026
wsporniki instalacji
odgromowych

OGX



odgrom.pl

podstawa mocująca
z prowadnicą
do przyklejenia
paskiem papy

lekki wspornik
z uchwytem
do przewodów
odgromowych



PN-EN 62561-4:2018
PRODUKUJEMY W POLSCE

**NIE
ZA
WOD
NE**

WSPORNIKI
INSTALACJI
TECHNICZNYCH

odgrom

**Trendy w rozwoju
zasilania obiektów
Data Center**

s. 88

**Współpraca instalacji
fotowoltaicznej
i magazynu energii**

s. 74

**Jak poprawnie dobrać
przewody wewnątrz
rozdzielnic, by uniknąć
pożaru?**

s. 28

GEWISS

Pewność potwierdzona ponad
20 letnim doświadczeniem
w produkcji aparatury modułowej
dla europejskich instalacji



5 lat gwarancji

na aparaturę modułową Gewiss na projektach*

*Zapytaj swojego dystrybutora lub opiekuna handlowego o szczegóły warunków 5 letniej gwarancji.



MT
Wyłączniki
nadprądowe



MTC
Wyłączniki
nadprądowe
kompaktowe



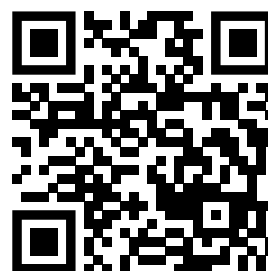
IDP
Wyłączniki
różnicowo-
prądowe



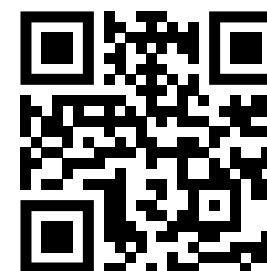
MDC
Wyłączniki
różnicowo-
nadprądowe



ReStart
Automatyczna
diagnostyka
i zatkanie RCD



Poznaj nasze
produkty do
zarządzania
energiją.



Gewiss Tips
Twój codzienny
sojusznik!

GEWISS



WIĘCEJ MOŻLIWOŚCI DLA TWOJEJ INFRASTRUKTURY

ILFE-4P-1GE-1S-90 × ILGE-4P-2S-90



Stabilna komunikacja
dla wymagających instalacji

DIN rail

PoE / PoE++

Extend do 250 m

VLAN

Ochrona przeciwprzepięciowa

Modułowa inteligencja

Uwolnij potencjał dzięki modułowej inteligencji.

Tester CPX 200 może być precyzyjnie skonfigurowany do Twoich potrzeb dzięki modułowej budowie, oprogramowaniu, akcesoriom i dopasowanym ofertom usługowym. Możesz zacząć od elastycznego, wielofunkcyjnego rozwiązania, a potem łatwo rozbudować je do postaci wyspecjalizowanego systemu testującego, dostosowanego do Twoich konkretnych zastosowań.

Uwolnij pełny potencjał:

- > 1000 A AC/DC z modulem wysokoprądowym
- > 10 kV AC/DC z przystawką HVX10
- > Zakres częstotliwości testowej: 1–600 Hz i DC
- > i wiele więcej...



Dla tworzących nowe możliwości.
CPX 200 zaprojektowano dla Ciebie.



» Od redakcji	6
» Nowości	8
» Z branży	12
» Z kart historii – Maurycy Altenberg	102
» „elektro.info” poleca	103
» Doskonalenie zawodowe – niezbędny element rozwoju	104
» Katalog firm	105
» Po godzinach	110

OCHRONA ODGROMOWA I PRZECIWPRZEPięCIOWA

» Uproszczony projekt instalacji piorunochronnej budynku hali produkcyjnej Julian Wiatr	16
» Ochrona przepięciowa szaf przemysłowych Krzysztof Wincencik	prezentacja 24

INSTALACJE ELEKTROENERGETYCZNE

» MFT-X1 – zaawansowany miernik instalacji elektrycznych w świetle aktualnych wymagań normatywnych Megger	prezentacja 27
» Poprawność doboru przewodów instalowanych wewnątrz rozdzielnic jako warunek minimalizacji zagrożeń pożarowych Julian Wiatr, Marcin Orzechowski	28
» GEWISS – aparatura modułowa w praktyce projektowej i instalacyjnej Łukasz Strzelczyk	prezentacja 39
» Zestawienie zasilaczy impulsowych	41

KABLE I PRZEWODY

» ERGOM – gwarantowana jakość połączenia	prezentacja 44
» Produkcja końcówek kablowych w Europie – jakość kontra tani import Anna Kuziemska	46
» Zestawienie końcówek kablowych i złącz elektroenergetycznych	51
» Nowoczesna szafa rozdzielcza z piętrowymi złączkami TOPJOB® S (IEK). Praktyczne wskazówki dla instalatorów Wago Elwag	prezentacja 54

SIECI ELEKTROENERGETYCZNE

» Ewolucja zabezpieczeń linii napowietrznych SN – nowe metody detekcji awarii Mirosław Mądry, Bogusław Błaszczykowski	prezentacja 56
» Badania terenowe rezystancji przejścia przy zerwaniu i zwarciu przewodu fazowego z ziemią bez udziału przewodu PEN Mirosław Kielboń	60

W NUMERZE 4/2026

Numer dostępny jako:



PAPIER PLIK PDF E-WYDANIE



Odwiedź nas w sieci

www.elektro.info.pl
www.facebook.com/elektroinfo
www.linkedin.com



» Eliminacja ferorezonansu w nieziemionych sieciach elektroenergetycznych SN z wykorzystaniem specjalizowanych sterowników serii iZAZ Wojciech Podhajecki, Andrzej Włóczyk, Michał Krzęcio	prezentacja 68
--	----------------

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII

» Współpraca instalacji fotowoltaicznej i magazynu energii w trybie harmonogramu czasowego – analiza przepływów mocy Andrzej Książkiewicz	74
---	----

JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ

» Analiza parametrów jakości energii elektrycznej z wykorzystaniem przenośnych analizatorów PQ-BOX 150 Andrzej Książkiewicz	prezentacja 79
» Metodyka oceny zgodności modułów wytwórczych z Kodeksem Sieci i wyniki badań Jacek Katarzyński, Marek Olesz, Artur Cichowski, Krzysztof Jakub Szwarc	80
» Zestawienie baterii kondensatorów i/lub dławików do kompensacji mocy biernej nn	84

SYSTEMY GWARANTOWANEGO ZASILANIA

» Trendy w rozwoju zasilania obiektów Data Center (część 1.) Mariusz Kordeczka, Paweł Piotrowski	88
--	----

OŚWIETLENIE

» Paradoks technologii LED w oświetleniu miejskim: od efektywności energetycznej do zrównoważonej strategii minimalizacji zanieczyszczenia światłem (część 2.) Piotr Bałdyga, Błażej Gajewski, Aneta Stypułkowska, Sebastian Szyjka, Maciej Listowski, Robert Supronowicz, Irena Fryc	98
---	----



elektro.info.pl

Anna Sergel
 asergel@medium.media.pl
 tel. 22 512 60 84
 tel. kom. 662 169 335

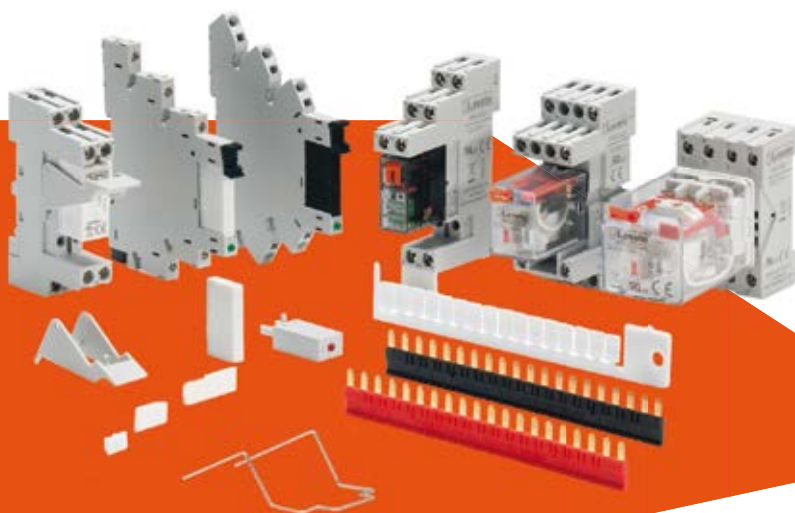


kursy.elektro.info.pl

Paulina Kijak
 pkijak@medium.media.pl
 szkolenia@elektro.info.pl
 tel. 22 512 60 78, tel. kom. 531 474 969



PRZEKAŹNIKI PRZEMYSŁOWE SERII HR



OFERTA KOMPLETNA

LOVATO Electric oferuje szeroki wybór wykonań przełączników przemysłowych, zaprojektowanych tak, aby zagwarantować maksymalną wydajność i niezawodność. W ofercie znajdują się przełączniki interfejsowe, w wersji elektromechanicznej i SSR, przełączniki miniaturowe, w przezroczystej i nieprzezroczystej obudowie oraz

zasilania cewki oraz przycisk mechaniczny, służący do przeprowadzenia testu i sygnalizujący położenie styków

Niezawodność, wydajność i elastyczność: wszystko, czego potrzebujesz, by zoptymalizować układy automatyki i sterowania.

Wykonania elektromagnetyczne i półprzewodnikowe (SSR)

Cewki AC lub DC

Gniazda z zaciskami śrubowymi lub sprężynowymi oraz do płytek PCB

Przełączniki ze wskaźnikiem LED statusu i przyciskiem mechanicznym zadziałania i testu

Złącza grzebieniowe i filtry przeciwzakłóceń

Wykonania z atestem ATEX



www.LovatoElectric.pl



Lovato
electric
ENERGY AND AUTOMATION

LAUREAT
MEDALU SEP IM. MICHAŁA
DOLIWO-DOBROWOLSKIEGOLAUREAT
MEDALU 100-LECIA SEPLAUREAT MEDALU
ODDZIAŁU POZNAŃSKIEGO SEP
IM. PROF. JÓZEFA WĘGLARZA

WYDAWCA elektro.info
GRUPA MEDIUM Sp. z o.o. Sp. k.
04-112 Warszawa, ul. Karczewska 18
tel. 22 810 65 61, faks 22 468 84 76
redakcja@elektro.info.pl
www.elektro.info.pl

REDAKCJA

Redaktor naczelny JULIAN WIATR
jwiatr@elektro.info.pl
Sekretarz redakcji ANNA KUZIEMSKA
akuziemska@elektro.info.pl (redaktor językowy)

AGNIESZKA ROSZKOWSKA (redaktor)

RADA NAUKOWA CZASOPISMA

mgr inż. DARIUSZ DUPLICKI SPE Oddział Warszawa
dr inż. prof. uczelni KAZIMIERZ HERLENDER Politechnika Wrocławska
dr hab. inż. prof. uczelni PAWEŁ PIOTROWSKI Politechnika Warszawska
mł. bryg. dr inż. SZYMON PTAK Akademia Pożarnicza w Warszawie
dr inż. RADOSŁAW SZCZERBOWSKI Politechnika Poznańska
dr inż. JAROSŁAW WIATER Politechnika Białostocka
dr inż. MARTA ŻUREK Sieć Badawcza Łukasiewicz,
Instytut Technologii Eksploatacji w Radomiu
mgr inż. MARCIN ORZECZOWSKI
dr inż. KAROL KUCZYŃSKI

REKLAMA I MARKETING

tel./faks 22 810 28 14
Dyrektor ds. marketingu i reklamy JOANNA GRABEK
jgrabek@medium.media.pl
tel. 0 600 050 380
Specjalista ds. reklamy w „elektro.info” EDYTA KOSKO
ekosko@medium.media.pl
tel. 22 512 60 57, 0 602 277 820
KOLPORTAŻ I PRENUMERATA
tel./faks 22 810 21 24

Dyrektor ds. rozwoju MICHAŁ GRODZKI
mgrodzki@medium.media.pl
Kierownik ds. logistyki ANETA CARTAILLER
acartailler@medium.media.pl
Specjalista ds. dystrybucji i prenumeraty ANNA SERGEL
asergel@medium.media.pl
Specjalista ds. szkoleń „elektro.info” PAULINA KIJAK
pkijak@medium.media.pl, szkolenia@elektro.info.pl

ADMINISTRACJA

Księgowość MARIA KRÓŁAK
mkrolak@medium.media.pl
HR DANUTA CIECIERSKA
dciecierska@medium.media.pl

SKŁAD I ŁAMANIE

Studio graficzne Grupy MEDIUM

DRUK

Drukarnia Paper&Tinta
Redakcja zastrzega prawo do adyustacji tekstów. Nie zwraca tekstów niezamówionych.
Za treść ogłoszeń redakcja ponosi odpowiedzialność w granicach wskazanych w ust. 2
art. 42 ustawy Prawo prasowe oraz ma prawo odmówić publikacji bez podania przyczyn.
ICI Journals Master List database for 2022: 48.71. Lista recenzentów merytorycznych
dostępna jest na stronie www.elektro.info.pl. Wersja pierwotna czasopisma – papierowa.



jest członkiem Izby Wydawców Prasy – ISSN 1642-8722



Drodzy Czytelnicy

Witam Państwa w kwietniowym numerze „elektro.info”. Kwiecień to pierwszy miesiąc wiosny, w którym rozpoczyna się porządkowanie przydomowych ogródków; jest to też początek sezonu burzowego, trwającego do końca lata. To dobry czas na sprawdzenie stanu technicznego instalacji piorunochronnych wraz z uziomami, których ocena jest powszechnie bagatelizowana. Temu tematowi zostanie poświęcona książka autorstwa wysokiej klasy specjalisty z zakresu ochrony odgromowej i przepięciowej Krzysztofa Wincencika. Piorun trafiający w rozpadlinę skalną skutkuje jej rozerwaniem wskutek błyskawicznie zachodzącej przemiany izochorycznej powodującej wzrost ciśnienia pary wodnej powstającej przez odparowanie wody zalegającej w szczelinie skalnej. Bardzo niebezpieczne jest uderzenie pioruna w budynek pozbawiony instalacji piorunochronnej, który najczęściej kończy się pożarem. Problem ten dotyczy także budynków z niesprawną lub niepoprawnie wykonaną instalacją piorunochronną. Dlatego w tym miejscu przypominam o tych czynnościach w celu uniknięcia problemów związanych z zagrożeniem pochodzącym od wyładowań piorunowych. W związku z tym w numerze prezentujemy uproszczony projekt instalacji piorunochronnej budynku hali produkcyjnej, mojego autorstwa (**s. 16**). Natomiast Marcin Orzechowski, przy moim udziale, kontynuuje opis przyczyn pożarów rozdzielnic, które powstają wskutek niewłaściwej interpretacji zapisów norm przedmiotowych (**s. 28**). W artykule zamieściliśmy opis zasad doboru przewodów pracujących przy wyższych temperaturach niż wartość przyjęta w normie poświęconej zasadom ich doboru, ze względu na częste błędy spotykane w praktyce w tym zakresie, które stanowią główną przyczynę pożarów rozdzielnic. Artykuł ten nawiązuje do artykułu pt. „Jaki cel ma do spełnienia zapis pkt 2 art. 14 projektu nowelizacji ustawy o wyrobach budowlanych z 21 października 2025 roku?”, opublikowanego w numerze 3/2026, gdzie przedstawiono zagrożenia wynikające z bezmyślnego instalowania baterii akumulatorów w szafie PWP, stanowiącej część rozdzielnic głównej budynku, przez którą przepływa całkowita moc zapotrzebowana przez budynek. Mirosław Kielboń, pracownik naukowo-dydaktyczny Politechniki Śląskiej, opisał badania terenowe rezystancji przejścia przewodu fazowego, przy zwarciu z ziemią z pominięciem przewodu PEN (**s. 60**). Andrzej Książkiewicz przeanalizował współpracę instalacji fotowoltaicznej z magazynem energii w zakresie przepływu mocy, w trybie harmonogramu czasowego (**s. 79**). Jacek Katarzyński i Marek Olesz, pracownicy naukowcy Politechniki Gdańskiej, opisać metodykę oceny zgodności modułów wytwórczych energii elektrycznej z kodeksem sieciowym, która została uzupełniona wynikami badań w przedmiotowym zakresie (**s. 80**). Paweł Piotrowski, pracownik naukowy Politechniki Warszawskiej, wraz ze swoim dyplomantem Mariuszem Kordeczką, opisać trendy w rozwoju zasilania obiektów DATA CENTER (**s. 88**). Irena Fryc, pracownik naukowy Politechniki Białostockiej, przy udziale współpracowników, opisać technologie LED w oświetleniu miejskim, omawiając zrównoważony rozwój oświetlenia w zakresie od efektywności energetycznej do minimalizacji „zanieczyszczenia” światłem (**s. 98**). W numerze znajdują Państwo zestawienia wybranych produktów branżowych, informacje o nowościach rynkowych oraz relacje z imprez branżowych, w których uczestniczyła nasza redakcja. W rubryce „Z kart historii” znajdują Państwo życiorys kolejnej osoby zasłużonej w rozwoju techniki. Na szaradzystów tradycyjnie czeka krzyżówka, której rozwiązanie upoważnia do udziału w losowaniu ciekawej nagrody. Miłej lektury.

Julian Wiatr



GEN-SYS Sp. z o.o. – Dystrybutor i Serwis agregatów firmy REHLKO w Polsce.
Od 21 lat współpracuje z francuską fabryką agregatów REHLKO, dawniej KOHLER/SDMO.
Oferuje profesjonalne urządzenia w przedziale mocy od **2 kVA** do **4500 kVA**.

GEN-SYS jest profesjonalną, polską firmą z długoletnim doświadczeniem w branży zasilania gwarantowanego. Zajmuje się dystrybucją, serwisem oraz montażem. Posiada zespół inżynierów-techników wyspecjalizowany w projektowaniu i wykonywaniu kompletnych systemów.

SZNUR TRASERSKI W OBUDOWIE PICARD

W pracy fachowca, niezależnie czy chodzi o elektryka, dekarza czy ekipę budowlaną, precyzyjne wyznaczanie linii to podstawa dobrze wykonanej pracy. Sznur traserski Picard w obudowie to proste, ale niezwykle skuteczne rozwiązanie, które pozwala szybko i dokładnie oznaczyć proste linie na różnych powierzchniach.

Wytrzymały sznur oraz solidna obudowa sprawiają, że narzędzie dobrze znosi intensywne użytkowanie w trudnych warunkach. Wygodny mechanizm zwijania pozwala na sprawne rozwijanie i chowanie sznura, co znacząco przyspiesza pracę i eliminuje zbędne przestoje. Dzięki temu można szybko przygotować powierzch-



nię do dalszych etapów – cięcia, montażu czy wiercenia. Sznur traserski umożliwia tworzenie długich, prostych i wyraźnych linii, co przekłada się na większą dokładność pracy i mniejszą liczbę poprawek. To szczególnie ważne przy pracach np. na dachu, gdzie każdy milimetr ma znaczenie, i praktyczne wsparcie dla każdego, kto chce pracować szybciej i dokładniej. Więcej rozwiązań tej marki oraz inne narzędzia ręczne do codziennej pracy znajdziesz w sklepie internetowym profitechnik.pl.

TALIS M – NOWA SERIA CZUJNIKÓW RUCHU FIRMY GRÄSSLIN

Niemiecka firma Grässlin, znana m.in. z produkcji bardzo dobrej jakości zegarów sterujących, wypuściła na rynek nową serię czujników ruchu o ulepszonych parametrach w stosunku do poprzedniej wersji.

Czujniki identyfikują poruszające się obiekty za pomocą detekcji w podczerwieni (PIR) i w zależności od wariantu urządzenia nadają się do montażu zewnętrznego (IP55) lub wewnętrznego (IP21) w wersji natynkowej oraz sufitowej podtynkowej. Czas włączenia oświetlenia zależny jest od ostatnio wykrytego ruchu oraz od wartości ustawionej przez użytkownika na potencjometrze. Poza standardowymi wersjami czujników istnieją jeszcze warianty dwukanałowe (odrębne sterowanie oświetleniem i wentylacją; styk bezpotencjałowy), miniaturowe oraz korytarzowe (prostokątny zasięg o rozmiarach 3x25 m).

Podstawowe parametry całej serii czujników: napięcie zasilania: 230 V, zakres regula-



cji jasności: 5–1000 lx, kąt detekcji: 180/360 stopni, obciążalność: 1000 W/200 W LED, czas działania: 5 s – 15 min, temperatura pracy: od –20/–5°C do 40°C.

URZĄDZENIA DO IDENTYFIKACJI USZKODZENIA PRZEWODU NEUTRALNEGO FIRMY DOEPKE

Jedną z najczęstszych przyczyn uszkodzeń sprzętu elektronicznego w gospodarstwach domowych oraz instalacjach przemysłowych jest przerwanie przewodu neutralnego. W tej sytuacji, w przypadku niesymetrycznego obciążenia przewodów fazowych nastąpi przemieszczenie punktu neutralnego i wystąpienie przepięcia na odbiornikach jednofazowych. Aby nie dopuścić do tej bardzo niekorzystnej sytuacji – powodującej często uszkodzenie urządzeń elektronicznych znacznej wartości (np. telewizor, komputer, sprzęt AGD) – firma Doepke wypuściła na rynek urządzenia monitorujące ciągłość przewodu neutralnego. Wprowadzono dwie grupy urządzeń monitorujących przewód N: wyłączniki główne (DHS NU) oraz wyłączniki różnicowoprądowe typu A i B (DFS NU). Podstawowe parametry urządzeń monitorujących: napięcie znamionowe: 230/400 V, prąd znamionowy: 63 A, maks. czas wyłączenia: < 150 ms, szerokość wyrażona liczbą modułów: 6, czułość dla wyłączników różnicowoprądowych: 30 mA, zaciski przyłączeniowe – 1,5–50 mm².



Szkolenia, uprawnienia, przyszłość



SPE wspiera energetykę od 30 lat

Stowarzyszenie Polskich Energetyków

jest dobrowolnym, samorządnym, trwałym zrzeszeniem naukowo-technicznym, mającym na celu rozwijanie i propagowanie inicjatyw, postaw i działań, sprzyjających rozwojowi energetyki polskiej, racjonalnemu użytkowaniu paliw stałych, płynnych, gazowych i energii elektrycznej i cieplnej oraz wspieranie organizacyjne i rzeczowe osób fizycznych i prawnych, które podejmują takie działania.

Organizujemy konferencje o tematyce związanej z promocją i wdrażaniem najlepszych technologii energetycznych.

Jesteśmy partnerami w programach społecznych związanych z nauką i promocją najlepszych rozwiązań energetycznych. Aktualnie naszym partnerem jest Branżowe Centrum Umiejętności w Nisku.

Dbamy o niezależność wydawanych przez nas opinii i nie poddajemy się chwilowym trendom o zabarwieniu lobbyngu politycznego.

Stowarzyszenie Polskich Energetyków SPE prowadzi szkolenia, egzaminy, wydaje świadectwa kwalifikacyjne na wszystkie kategorie uprawnień energetycznych na terenie całego kraju. Prowadzimy również szkolenia BHP.

Nasze motto skierowane do osób chcących z nami współpracować w ramach Stowarzyszenia Polskich Energetyków to:

„Działalność w SPE jest dowodem dojrzałości zawodowej i wyrazem chęci pełnego uczestnictwa w życiu społecznym”.

Jesteśmy z wami i działamy w środowisku energetycznym już 30 lat.

Stowarzyszenie Polskich Energetyków
Zarząd Główny w Radomiu

ul. Żeromskiego 84a, 26-600 Radom
tel.: (048) 381-51-82, 381- 52-31
e-mail: radom@spe.org.pl
<https://www.spe.org.pl/>



BRANŻOWE
CENTRUM
UMIEJĘTNOŚĆ
W NISKU
ENERGETYKA

ICZ-E

**NOWOCZESNE
ROZWIĄZANIE
DO HAL PRZEMYSŁOWYCH**



Transformator żywiczny w obudowie na hali

To rozwiązanie przedstawia innowacyjną koncepcję wykorzystania transformatora żywicznego w specyficznych warunkach przemysłowych, które oferują szereg korzyści zarówno w aspekcie kosztów, jak i efektywności energetycznej. Poniżej prezentujemy szczegóły i korzyści wynikające z tego rozwiązania:

GŁÓWNE CECHY INNOWACYJNEGO ROZWIĄZANIA:

1. Transformator żywiczny:

- Moc do **3150 kVA**, z możliwością dostosowania do większych mocy na specjalne zamówienie
- Napięcie do **36 kV**, co sprawia, że jest odpowiedni do różnych zastosowań przemysłowych

2. Elastyczność montażu:

- posadowienie na posadzce hali
- na ścianie hali, specjalna konstrukcja wsporcza

- na dachu hali – wzmocnienie dachu
- **Wejście kabla SN**: możliwość montażu kabla od góry lub dołu, co zapewnia elastyczność przy projektowaniu układu instalacji elektrycznych
- **Wyjście kabli nn**: opcja prowadzenia kabli niskiego napięcia zarówno od góry, jak i od dołu
- Możliwość zabudowy **szynoprzewodu** oraz **rozdzielniczy nn** o dowolnej konfiguracji, co umożliwia dostosowanie układu instalacji do specyficznych potrzeb produkcji
- Wymiary dostosowane do wymiarów bram na hali
- Mały ciężar

3. Chłodzenie i odzysk ciepła:

- Transformator żywiczny pracuje w temperaturze **około 145°C**, a jego chłodzenie odbywa się za pomocą **powietrza z otoczenia**
- Możliwość **dogrzewania hali** ciepłem odzyskanym z transformatora, co przekłada się na dodatkowe oszczędności energetyczne i poprawę efektywności energetycznej całego zakładu
- Spełnia wymagania Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- Obudowa metalowa pochłania pole elektromagnetyczne
- Ściany z wypełnieniem z wełny mineralnej pochłaniają hałas



KORZYŚCI:

1. Obniżenie kosztów budowy:

- o Dzięki zastosowaniu specjalistycznej obudowy transformatora żywicznego oraz optymalnemu rozmieszczeniu kabli, możliwe jest **zmniejszenie ilości kosztownych kabli niskiego napięcia**, co obniża koszty budowy instalacji

2. Zmniejszenie kosztów eksploatacji:

- o Dzięki efektywnemu odzyskiwaniu ciepła z transformatora, można **zredukować straty ciepła** oraz wykorzystać je do **dogrzewania hali produkcyjnej**, co pozwala na zmniejszenie zużycia energii potrzebnej do ogrzewania obiektu
- o Ponadto transformator w obudowie żywicznej redukuje straty ciepłne, co prowadzi do **wyższej efektywności energetycznej**
- o **Niższe koszty serwisowe** – brak konieczności wymiany oleju i filtrów
- o **Dłuższa żywotność** dzięki odporności na przeciążenia i stabilnej pracy w wysokich temperaturach

3. Ochrona i wytrzymałość:

- o **Specjalistyczna, niepalna obudowa** transformatora zapewnia **odporność na uderzenia mechaniczne**, co gwarantuje bezpieczeństwo pracy urządzenia w trudnych warunkach przemysłowych
- o Dodatkowo, obudowa zapewnia skuteczne **odprowadzanie ciepła**, co poprawia trwałość i niezawodność urządzenia



4. Odporność na trudne warunki środowiskowe:

- o Transformatory żywiczne są hermetycznie zalane żywicą epoksydową, co chroni uzwojenia przed wilgocią, pyłem, agresywnymi oparami chemicznymi i zanieczyszczeniami, dzięki temu sprawdzają się w: kopalniach, hutach, zakładach chemicznych, środowiskach morskich

5. Bezpieczeństwo i niezawodność:

- o Brak łatwopalnego oleju izolacyjnego (w przeciwieństwie do transformatorów olejowych) zmniejsza ryzyko pożaru, co jest kluczowe w strefach zagrożenia wybuchem

6. Ekologia:

- o Brak ryzyka wycieku oleju, co jest istotne w zgodności z normami środowiskowymi (np. RoHS, REACH)

PODSUMOWANIE:

Innowacyjne rozwiązanie z zastosowaniem transformatora żywicznego w specjalistycznej obudowie to opcja, która nie tylko zapewnia niezawodność i bezpieczeństwo, ale także pozwala na obniżenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych. Dzięki efektywnemu odzyskiwaniu ciepła oraz elastyczności montażu, jest to rozwiązanie, które może znacząco wpłynąć na efektywność energetyczną oraz rentowność procesów produkcyjnych.

ELEKTROBUD P.S.A.

ul. Nowopolna 10
67-400 Wschowa

tel. 65 547 66 00
faks 65 547 66 09

wschowa@elektrobud.pl
www.elektrobud.pl

www.stacjetransformatorowe.pl

SMA SOLAR ACADEMY POLSKA OFICJALNIE OTWARTA – NOWY ROZDZIAŁ W ROZWOJU KOMPETENCJI OZE

Rynek PV w Polsce przestaje być „rynkiem instalacji”, a zaczyna być rynkiem technologii, kompetencji i długofalowych decyzji. Przykładem tych postępujących zmian jest uroczyste otwarcie 24 marca 2026 roku w Modliczce pod Krakowem przez SMA Magnetics nowoczesnego centrum szkoleniowego SMA Solar Academy Polska przeznaczonego dla profesjonalistów z branży fotowoltaicznej i systemów energetycznych.

Nowo otwarta przestrzeń szkoleniowa została zaprojektowana z myślą o praktycznym podejściu do edukacji. Uczestnicy mają dostęp do pełnowymiarowych stanowisk treningowych, działających urządzeń oraz zaplecza testowego, co pozwala zdobywać doświadczenie w warunkach maksymalnie zbliżonych do rzeczywistych instalacji. Programy szkoleniowe obejmują kompleksowe rozwiązania systemowe – od falowników po magazyny energii i systemy zarządzania energią – umożliwiając pracę zgodnie z globalnymi standardami SMA Solar Technology AG.

– To wydarzenie jest nie tylko inauguracją nowego miejsca, ale przede wszystkim prezentacją kierunku, w jakim rozwija się nowoczesna energetyka – oparta na technologii, wiedzy i lokalnej produkcji – podkreślał w swoim wystąpieniu Jacek Maciejewski, prezes SMA Magnetics Sp. z o.o. Na uroczyste otwarcie centrum szkoleniowego przybyli Jan Stottko – Sales Partner Manager SMA Solar i Kara Clauss – Head of Solar Academy SMA Solar, którzy nie kryli uznania dla SMA Solar Academy Polska, podkreślając, że to miejsce, w którym wiedza spotyka się z praktyką – dzięki pełnowymiarowym stano-



wiskom szkoleniowym, działającym systemom oraz bezpośredniemu dostępowi do technologii wykorzystywanych w rzeczywistych instalacjach. W swoich przemówieniach podkreślali, że gwarantuje to, że absolwenci kursów będą gotowi do rozwiązywania najbardziej złożonych problemów technicznych w terenie.

Podczas spotkania eksperci, Kamil Nawrocki i Michał Kotkowski – menedżerowie techniczni SMA Polska, omówili perspektywy rozwoju rynku fotowoltaicznego w Polsce i Europie, a także przedstawili strategię technologiczną SMA, zwracając szczególną uwagę na wyzwania przyszłości, takie jak integracja systemowa oraz rosnące znaczenie cyberbezpieczeństwa w rozproszonych sieciach energetycznych.

Istotnym elementem programu była prezentacja oferty szkoleniowej SMA Solar Academy Polska na 2026 rok, przygotowanej z myślą o specjalistach chcących rozwijać swoje kompetencje w oparciu o najnowsze rozwiązania technologiczne. Akademia wyróżnia się podejściem, w którym teoria jest bezpośrednio powiązana z praktyką, co znacznie zwiększa gotowość uczestników do rozwiązywania realnych problemów technicznych.

Częścią wydarzenia była również wizyta w halach produkcyjnych SMA Magnetics. Uczestnicy mogli z bliska przyjrzeć się procesowi powstawania nowoczesnych urządzeń – od komponentów po finalny montaż falowników trafiających na rynki całego świata.



Otwarcie SMA Solar Academy Polska wpisuje się w szerszy kontekst zmian zachodzących na rynku. Polska coraz wyraźniej przestaje być jedynie odbiorcą technologii, a zaczyna pełnić rolę aktywnego uczestnika ich tworzenia. Potwierdzeniem tego kierunku jest m.in. decyzja SMA o przeniesieniu produkcji falowników seg-

mentu Home & Business do Krakowa, co wzmacnia pozycję kraju jako potencjalnego europejskiego hubu produkcyjno-technologicznego.

Rozwój lokalnych kompetencji, skracanie łańcuchów dostaw oraz rosnące znaczenie jakości i bezpieczeństwa technologicznego wskazują, że rynek PV w Polsce wchodzi w nową fazę – od

rynku instalacji do rynku zaawansowanych technologii i wiedzy. SMA Solar Academy Polska jest wyrazem tej transformacji – miejscem, w którym globalne doświadczenie spotyka się z lokalnym potencjałem, a edukacja staje się realnym narzędziem budowania przyszłości energetyki.

Tekst i fot. red.

ENPP 2026



Zapraszamy do udziału w VIII edycji Konferencji „Energooszczędne Napędy Przekształtnikowe w Przemśle (ENPP 2026)”, która odbędzie się w dniach 10–12 czerwca 2026 r. w wyjątkowej scenarii Kompleksu Pałacowo-Parkowego w Kamieniu Śląskim (woj. opolskie).

Konferencja od lat łączy środowisko naukowe i przemysł, tworząc przestrzeń do prezentacji rozwiązań, które znajdują realne zastosowanie w zakładach produkcyjnych i infrastrukturze energetycznej. Program wydarzenia obej-

muje m.in. zagadnienia związane z nowoczesnymi napędami, energoelektroniką, integracją z odnawialnymi źródłami energii oraz diagnostyką i utrzymaniem ruchu.

Tegoroczna edycja wprowadza nowe obszary tematyczne, takie jak robotyka przemysłowa, systemy napędowe dla pojazdów mobilnych oraz cyberbezpieczeństwo w systemach sterowania i produkcji, odpowiadając na aktualne wyzwania transformacji energetycznej i cyfryzacji przemysłu.

W programie m.in.: sesje plenarne i postelowe, prezentacje firm i rozwiązań przemysłowych, sesja wyjazdowa do ArcelorMittal Poland – Kokosowni Zdzeszowice, spotkania integracyjne w historycznym otoczeniu Pałacu w Kamieniu Śląskim.

Pełne informacje o konferencji oraz formularz zgłoszeniowy dostępne są na stronie: www.jadan.com.pl/enpp2026/, kontakt organizacyjny: biuro@jadan.com.pl +48 502 756 441.

Oprac. red.

WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY POLITECHNIKI BIAŁOSTOCKIEJ ZMODERNIZOWAŁ LABORATORIUM URZĄDZEŃ WIELKOPRĄDOWYCH

Zmodernizowane Laboratorium Urządzeń Wieloprądowych na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej to jedno z najbardziej zaawansowanych stanowisk dydaktyczno-badawczych tego typu w regionie. Umożliwia prowadzenie badań nad funkcjonowaniem nowoczesnych sieci elektroenergetycznych z udziałem odnawialnych źródeł energii, magazynów energii oraz infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych.

To nie jest klasyczne laboratorium odtwarzające pojedyncze zjawiska. To spójny, zintegrowany system, który pozwala symulować rzeczywiste warunki pracy współczesnych mikro sieci elektroenergetycznych. – Laboratorium zostało wyposażone w najnowocześniejsze rozwiązania techniczne z zakresu energetyki i pozwala testować rozwiązania, które dopiero stają się standardem w tej branży – podkreśla dr hab. inż. Bogusław Butryło, prof. PB, Dziekan Wydziału Elektrycznego Politechniki Białostockiej. – Rozwój mikrosieci, czyli niewielkich, lokalnych systemów energetycznych opartych na prosumentach, to niedaleka przyszłość. Właśnie takie układy będą budować większe systemy elektroenergetyczne. Studenci mogą tu zobaczyć, jak w praktyce wygląda zarządzanie ener-

gią, zapewnienie stabilności sieci, jej odporności i efektywności.

Nowe stanowisko łączy wiele elementów, które w rzeczywistych warunkach funkcjonują często w rozproszeniu – od źródeł energii, przez magazyny, po odbiorniki i systemy sterowania. – To stanowisko integruje różne typy źródeł i odbiorów energii, szczególnie z obszaru odnawialnych źródeł energii, i daje możliwość badania rzeczywistych zjawisk zachodzących w sieci – wyjaśnia Maciej Krajewski, prezes APS S.A., firmy odpowiedzialnej za koncepcję laboratorium.

– Możemy odtwarzać sytuacje, które w normalnych warunkach występują w systemach elektroenergetycznych, i analizować ich przebieg w kontrolowanym środowisku.

Laboratorium odwzorowuje złożoność współczesnych systemów energetycznych również od strony jakości energii. Znajdują się tu zestawy obciążeń liniowych i nieliniowych, elementy indukcyjne i pojemnościowe, aktywny kompensator mocy biernej oraz filtr wyższych harmonicznych. – Kończąc studia, absolwenci będą mieli styczność z urządzeniami i problemami, które rzeczy-





wieście występują w przemyśle – zaznacza Grzegorz Sasinowski z APS S.A. – Mamy ładowarkę do samochodów elektrycznych zasilaną prądem stałym, którą można konfigurować i analizować jej wpływ na sieć. Dysponujemy też urządzeniami poprawiającymi jakość energii elektrycznej, takimi jak aktywne kompensatory mocy biernej. To szczególnie istotne, ponieważ we współczesnych sieciach pracuje coraz więcej urządzeń energoelektronicznych, które wprowadzają zakłócenia. Studenci uczą się nie tylko je identyfikować, ale też przeciwdziałać ich skutkom.

Całość funkcjonuje pod nadzorem rozbudowanego systemu SCADA. – System wizualizuje pracę całego układu i gromadzi blisko 5500 parametrów – dodaje Grzegorz Sasinowski. – Dla porównania, systemy w elektrociepłowniach średniej wielkości obejmują często około 3000 danych. Dzięki temu możemy bardzo szczegółowo analizować pracę układu i testować różne warianty jego konfiguracji.

Istotnym elementem laboratorium jest możliwość symulowania pracy odnawialnych źródeł energii niezależnie od warunków atmosferycznych.

– Możemy zasymulować wytwarzanie energii z instalacji fotowoltaicznej, jej magazynowanie oraz wprowadzanie do sieci – tłumaczy dr inż. Zbigniew Sołjan, adiunkt w Katedrze Elektrotechniki, Energoelektroniki i Elektroenergetyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej. – Mamy możliwość dowolnego sterowania układem: uruchamiania, blokowania poszczególnych elementów, a także wprowadzania celowych zaburzeń. Dzięki temu analizujemy zjawiska takie jak niezrównoważenie, przepływ energii biernej czy wpływ różnych typów obciążeń na pracę systemu.

Laboratorium pozwala również na optymalizację pracy systemu energetycznego. – Jesteśmy w stanie tak sterować układem, aby energia wprowadzana do sieci miała optymalne parametry – dodaje dr Zbigniew Sołjan. – Chodzi o to, by nie przeciążać przewodów, aparatów i urządzeń oraz zapewnić stabilną pracę całego systemu. Ważnym elementem infrastruktury jest magazyn energii. – Możemy gromadzić energię w okresach jej niskiej ceny, a następnie oddawać ją do sieci w bardziej korzystnym momencie – wyjaśnia dr Zbigniew Sołjan. – Dzięki zastosowaniu falowników możliwe jest elastyczne zarządzanie przepływem energii między źródłami, magazynem a siecią.

System sterowania umożliwia także symulację różnorodnych stanów pracy sieci. – Możemy generować różne konfiguracje obciążeń – liniowych i nieliniowych – oraz sterować nimi zarówno lokalnie, jak i zdalnie – mówi dr Zbigniew Sołjan. – Dzięki temu analizujemy m.in. wpływ ładowarek pojazdów elektrycznych na pracę sieci i sprawdzamy, jak uniknąć zakłóceń w działaniu innych odbiorników.

Z laboratorium korzystają studenci wszystkich kierunków Wydziału Elektrycznego, w tym m.in. elektrotechniki, elektrotechniki dualnej, ekoenergetyki, elektroniki i telekomunikacji oraz kierunków związanych z cyfryzacją przemysłu. – To miejsce łączy wiele obszarów: od elektroenergetyki wysokich napięć, przez automatykę, po systemy cyfrowe i przemysł 4.0 – podkreśla dziekan wydziału. – Dzięki temu odpowiada na potrzeby różnych kierunków studiów, szczególnie ekoenergetyki.

Studenci zwracają uwagę na praktyczny charakter zajęć. – Możemy nie tylko poznać teorię, ale też sprawdzić, jak działają odnawialne źródła energii w różnych warunkach – mówi Julia Kędzierska, studentka trzeciego roku ekoenergetyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Białostockiej. – Symulujemy wpływ nasłonecznienia, magazynujemy energię i analizujemy jej wykorzystanie.

W przeciwieństwie do rzeczywistych instalacji OZE, laboratorium działa w pełni niezależnie od warunków atmosferycznych. – Nie musimy czekać na słońce czy wiatr – zaznacza dziekan. – Każdy scenariusz pracy możemy przetestować w dowolnym momencie, nawet w nocy.

Laboratorium Urządzeń Wieloprądowych na Wydziale Elektrycznym zostało uruchomione w ramach projektu „PB 5.0 – dostosowanie oferty dydaktycznej Politechniki Białostockiej do potrzeb nowoczesnej gospodarki oraz zielonej i cyfrowej transformacji”. – Naszym celem jest jak najlepsze przygotowanie studentów do realiów rynku pracy – podsumowuje dr hab. inż. Mirosław Świercz, prof. PB. – Dzięki takim stanowiskom poznają oni rzeczywiste problemy, z jakimi spotykają się jako inżynierowie. Laboratorium umożliwia również prowadzenie badań przy dużych wartościach prądu (do 5400 A) oraz analizę pracy urządzeń w warunkach zakłóceń, takich jak harmoniczne, asymetria czy wahania napięcia.

Tekst: Jerzy Doroszkiewicz, fot. Dariusz Piekut/Politechnika Białostocka





producent **PROTEKT**

Przemysłowe hełmy ochronne elektroizolacyjne



✓ **dedykowane
pracom na wysokości**

EN 397:2012+A1:2012



EN 50365:2002

✓ Przeznaczone do prac
przy instalacjach niskiego napięcia
do **1000 V AC** lub **1500 V DC**



✓ LD - odporność
na zgniatanie boczne



✓ odporność
na uderzenia



✓ MM - odporność
na odpryski stopionego
metal



✓ Testowane
w bardzo niskiej
temperaturze (**-30°C**)



✓ Lekka i wytrzymała
konstrukcja z tworzywa
ABS

ATRA 10



ATRA 20

uchylna osłona
wewnętrzna



ATRA 40

uchylna osłona
zewnętrzna



ZESKANUJ KOD
szczegółowa oferta
hełmów ATRA
wraz z akcesoriami



PROTEKT

ADRES REJESTROWY - PROTEKT Grzegorz Łaskiewicz Spółka z o.o., ul. Starorudzka 9, 93-403 Łódź
BIURO / DZIAŁ HANDLOWY - ul. Skromna 6, 93-405 Łódź, tel. +48 42 29-29-500, handlowy@protekt.com.pl, fax +48 42 680-20-93
MAGAZYN - ul. Gombrowicza 6, 93-405 Łódź

WWW.PROTEKT.PL

eprasa.pl 5b5d5ff93d

Uproszczony projekt instalacji piorunochronnej budynku hali produkcyjnej

Podstawa opracowania

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (tekst jednolity: Dz.U. z 2022 roku poz. 1225 z późniejszymi zmianami) – traci ważność z dniem 21.09.2026.
2. Wieloarkuszowa norma PN-EN 62305-1;2;3;4: 2011; 2008; 2011; 2011 *Ochrona odgromowa*^{*)}.
3. Projekt branży konstrukcyjno-architektonicznej oraz plan zagospodarowania terenu.
4. Projekt wentylacji.
5. Wizja lokalna w terenie oraz uzgodnienia z inwestorem.
6. Uzgodnienie z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż. oraz rzeczoznawcą ds. bhp.

Opis stanu istniejącego

Projektowany budynek jest budynkiem hali produkcyjnej z częścią biurową i socjalną. Wymiary budynku wynoszą 60×20×6/10 m. Jest on położony na przedmieściach, w otoczeniu niskiej zabudowy. Projektowany budynek nie jest budynkiem zabytkowym, przez co nie występuje ryzyko utraty dziedzictwa kulturowego. Występuje natomiast zagrożenie dla środowiska – powodowane przez substancje stanowiące surowiec produkcyjny. Uderzenie pioruna w budynek może spowodować

^{*)} Norma, decyzją prezesa PKN, została zastąpiona normami PN-EN 62305:2025, w języku angielskim. Ponieważ zgodnie z Ustawą o normalizacji (Dz.U. z 2015 roku poz. 1483) w aktach prawnych, do obowiązkowego stosowania, można przywołać normy dostępne w języku polskim, stan prawny pozostaje bez zmian. Obowiązują normy serii PN-EN 62305 w języku polskim.

zagrożenie dla życia ludzkiego, pożar, uszkodzenie instalacji elektrycznej oraz awarię zainstalowanych w nim urządzeń elektrycznych i elektro-nicznych. Źródłem zagrożeń może być również uderzenie pioruna w pobliżu budynku. Za otoczenie budynku należy uznać obrys w odległości 250 m od jego konturów. Nad stropem części produkcyjnej budynku wystają wentylatory dachowe.

Zasilanie budynku jest realizowane linią kablową wyprowadzoną ze stacji transformatorowej położonej na terenie przedsiębiorstwa. Źródłem zasilania awaryjnego jest zespół prądotwórczy zainstalowany w wydzielonym pomieszczeniu budynku.

Na budynku brak jest jakichkolwiek anten. Łączność oraz dostawa usług internetowych odbywa się z wykorzystaniem sieci telefonii komórkowej. W pobliżu budynku nie występują żadne drzewa.

Rezystywność gruntu w miejscu projektowanego posadowienia budynku ustalona w wyniku pomiaru metodą Wennera wynosi $\rho = 300 [\Omega \cdot m]$. Budynek jest położony w terenie znajdującym się poniżej szerokości geograficznej 51°30' (linia łącząca Głogów z Puławami), co pozwala na przyjęcie średniorocznej gęstości wyładowań piorunowych $N_g = 2,5 [1/km^2/rok]$. Plan lokalizacji obiektu przedstawia **rysunek 1**.

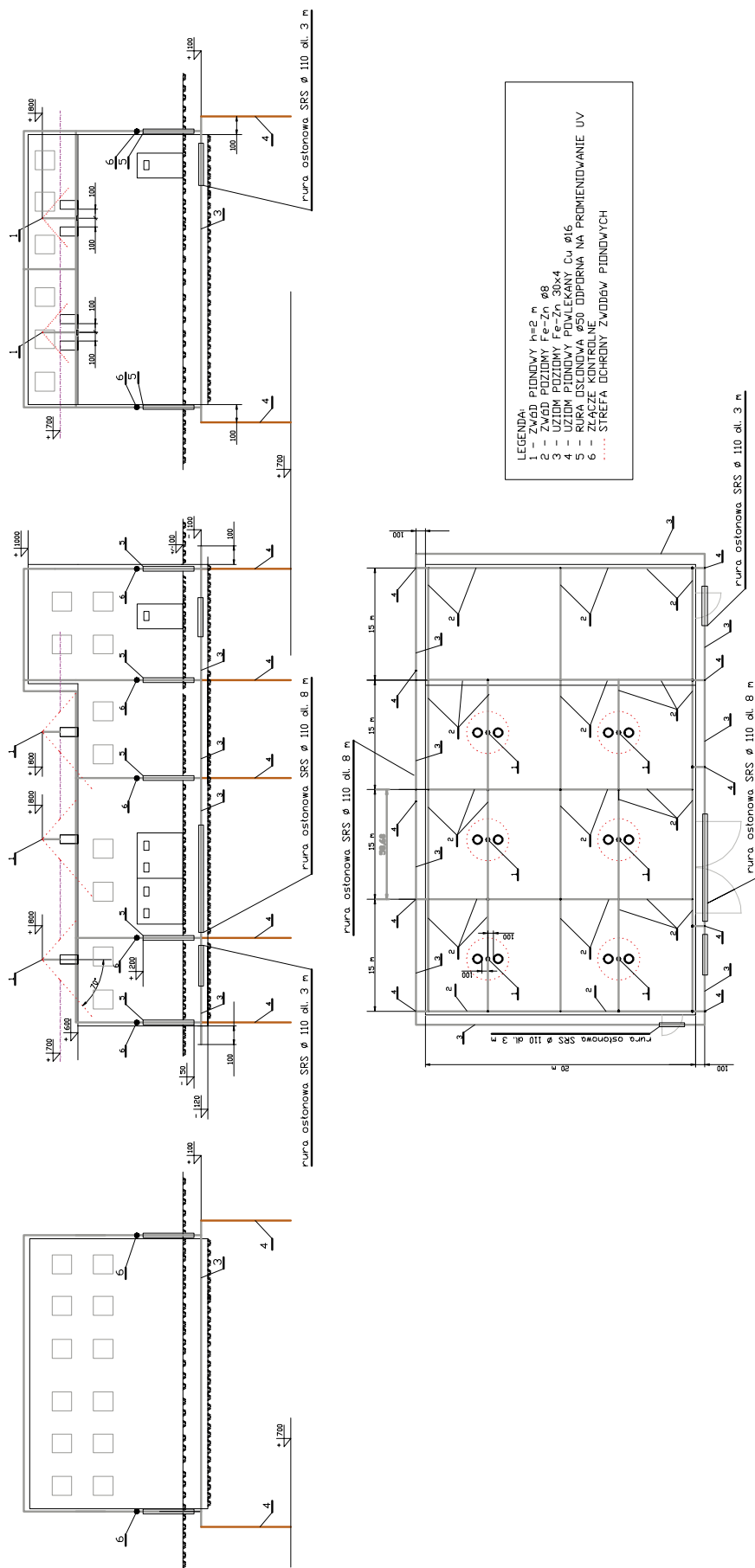
Opis techniczny

Zgodnie z zaleceniami Polskiego Komitetu Ochrony Odgromowej SEP (PKOO), zostanie przyjęty III poziom ochrony i ryzyko obliczone zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 62305-2:2008, którego wartość obliczona stanowi podstawę oceny przyjętego wstępnie poziomu ochrony. Ochronę budynku należy wykonać z wykorzystaniem siatki zwodów poziomych

Rodzaj straty	Źródło szkody	Rodzaj szkody	Komponent ryzyka		Ryzyko [1/rok]
			Symbol	Wartość	
L ₁	S ₁	D ₁	R _A	$0,51 \cdot 10^{-10}$	$R_1 = R_A + R_B + R_{U(zasil)} + R_{V(zasil)} \cong$ $\cong 1,02 \cdot 10^{-4} > R_T = 10^{-5}$ wg PN-EN 62305-2:2008 ochrona wymagana
		D ₂	R _B	$9,5 \cdot 10^{-5}$	
	S ₃	D ₁	R _{U(zasil)}	$5,19 \cdot 10^{-6}$	
		D ₂	R _{V(zasil)}	$13 \cdot 10^{-7}$	
L ₄	S ₁	D ₁	R _B	$9,5 \cdot 10^{-4}$	$R_4 = R_B + R_C + R_M + R_{V(zasil)} + R_{W(zasil)} + R_{Z(zasil)} \cong$ $\cong 1,13 \cdot 10^{-3} > R_T = 10^{-3}$ wg ITU -T Rec. K.39 ochrona wymagana
		D ₃	R _C	$5,7 \cdot 10^{-6}$	
	S ₂	D ₃	R _M	$1,57 \cdot 10^{-4}$	
		D ₂	R _{V(zasil)}	$13 \cdot 10^{-8}$	
	S ₃	D ₃	R _{W(zasil)}	$6,36 \cdot 10^{-6}$	
		D ₃	R _{Z(zasil)}	$6,5 \cdot 10^{-6}$	

L₁ – utrata życia ludzkiego; L₄ – utrata wartości ekonomicznej (obiektu i jego zawartości); S₁ – bezpośrednie wyładowanie piorunowe w obiekt; S₂ – wyładowanie w pobliżu obiektu; S₃ – wyładowanie w urządzenie usługowe; S₄ – wyładowanie w pobliżu urządzenia usługowego
D₁ – porażenie wywołane przez napięcie dotykowe i krokowe; D₂ – uszkodzenie mechaniczne, termiczne, chemiczne lub pożar; D₃ – awarie systemów elektrycznych i elektro-nicznych; R₁ – ryzyko utraty życia ludzkiego; R₄ – ryzyko utraty wartości ekonomicznej

Tab. 1. Czynniki wpływające na komponenty ryzyka oraz ich wartość



Rys. 3. Plan instalacji piorunochronnej oraz uziemienia odgromowego budynku hali rys. J. Wiatr, M. Orzechowski



30 LAT
DOŚWIADCZENIA



PRODUCENT I DYSTRYBUTOR WYROBÓW OCYNKOWANYCH OGNIOWO

DRUT STALOWY OCYNKOWANY OGNIOWO

- PN-EN IEC 62561-2
- Średnica: 8,10 mm
- Zastosowanie: elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC)
- PN-EN 10244-2
- Średnica: 6, 7, 8, 10 mm

TAŚMA STALOWA OCYNKOWANA OGNIOWO

- PN-EN IEC 62561-2
- Grubość: 2,5-5 mm
- Szerokość: 20-50 mm
- Zastosowanie: elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC)



CYNK-MAL S.A
www.cynkmal.pl

ul. Pątnowska 48
59-220 Legnica
tel. +48 768 551 500

e-mail: cynkmal@cynkmal.pl
NIP 691 11 15 171
REGON 390406820

PRZENOŚNE ANALIZATORY JAKOŚCI ENERGII PQ-BOX

Rodzina przenośnych analizatorów PQ-Box to nowoczesne, intuicyjne w obsłudze urządzenia zaprojektowane z myślą o szybkiej i niezawodnej analizie jakości energii. Precyzyjne analizatory klasy A, zgodne z normą IEC 61000-4-30 Ed.4, oferują rozbudowane funkcje wyzwalania oraz wstępnie zainstalowane szablony raportów, odpowiadające aktualnym wymaganiom norm branżowych.



ZALETY NASZYCH PRODUKTÓW



Oprogramowanie WinPQ Mobile Analysis

potężne i intuicyjne narzędzie analityczne



Konstrukcja przyjazna dla użytkownika

łatwa obsługa i nawigacja



Urządzenia klasy A

precyzyjne pomiary jakości energii elektrycznej (IEC 61000-4-30 Ed. 4)



Rejestracja od 2 800 do 4 200 wartości pomiarowych

kompleksowy pomiar jakości energii



Rozszerzony zakres częstotliwości

możliwość pomiaru w zakresie wysokich częstotliwości kHz



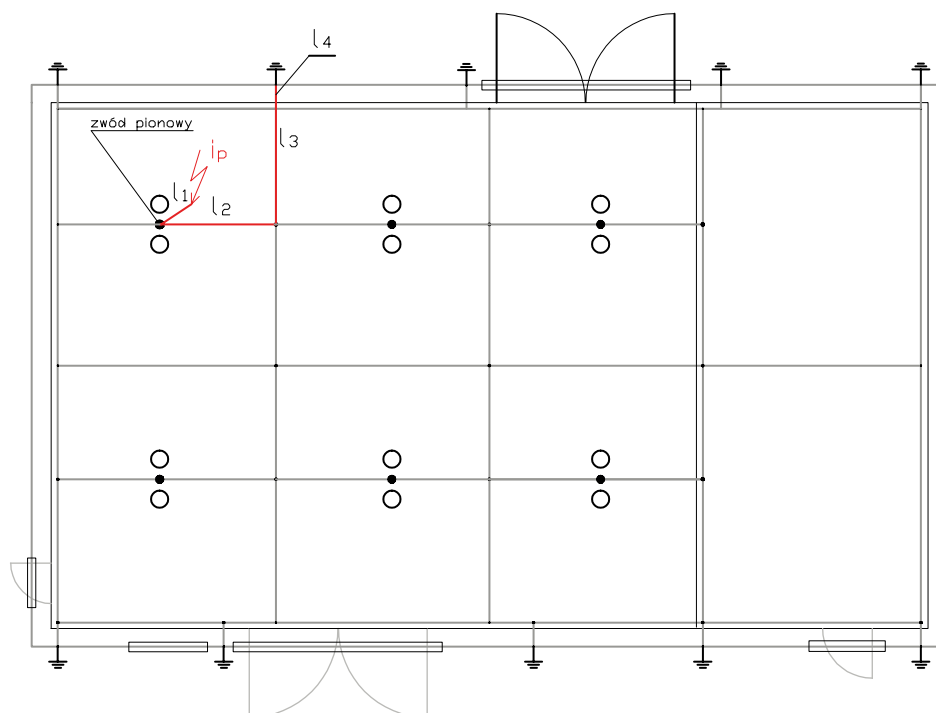
Zobacz produkt



oferty.eijee@astat.pl



www.astat.pl



Rys. 4. Sposób obliczenia współczynnika k_c rys. J. Wiatr

Uziom odgromowy należy wykonać jako kombinowany przez pograżenie prętów $\Phi 16$ pokrywanych warstwą Cu i połączyć taśmą Fe-Zn 30x4 układaną na głębokości 1 m poniżej poziomu gruntu. Dolny koniec uziomów pionowych należy pograżać do głębokości 8 m, a górny do głębokości 1 m poniżej poziomu gruntu (rys. 3.). Łączenia uziomu poziomego z uziomami pionowymi należy zabezpieczać przed korozją. Na budynku należy zamieścić tablice ostrzegawcze zawierające napis: „**ZAKAZ PRZEBYWANIA NA PLACU ORAZ W POBLIŻU BUDYNKU PODCZAS BURZY**”.

Obliczenia

Ocena ryzyka szkód piorunowych

Zgodnie z wymaganiami PN-EN 62305, należy wyznaczyć ryzyko szkód piorunowych dla utraty życia ludzkiego (L_1) oraz utraty wartości ekonomicznej obiektu i jego zawartości (L_4). Wyniki obliczeń zostały przedstawione w tabeli 1.

Uwaga!

$R_1 > 1,02 \cdot 10^{-4} > R_T = 10^{-5}$ natomiast $R_4 = 1,23 \cdot 10^{-3} > R_T = 10^{-3}$, przez co należy uznać zagrożenie występujące podczas burzy jako duże. Analiza uzyskanych wyników potwierdza poprawność przyjęcia III stopnia ochrony, zgodnie z zaleceniami PKOO SEP. W celu zmniejszenia zagrożenia w instalacjach elektrycznych oraz sygnalizacyjnych należy zainstalować ograniczniki przepięć typu III, oprócz standardu dwustopniowej ochrony przepięciowej.

Położenie obiektu

- aktywność burzowa w terenie dyslokacji budynku: $N_g = 2,5$ 1/km²/rok,
- wymiary obiektu: $L = (45+15) = 60$ m; $W = 20$ m; $H_1 = 7$ m/ $H = 10$ m,
- pole powierzchni zbierania wyładowań (rys. 2.):

$$P_1 = (L - 15) \cdot W = 45 \cdot 20 = 1125 \text{ m}^2$$

$$P_2 = 15 \cdot W = 15 \cdot 20 = 300 \text{ m}^2$$

$$P_3 = (3 \cdot H_1) \cdot W = (3 \cdot 7) \cdot 20 = 420 \text{ m}^2$$

$$P_4 = W \cdot (3 \cdot H) = 20 \cdot (3 \cdot 10) = 600 \text{ m}^2$$

$$P_5 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (3 \cdot H_1)^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (3 \cdot 7)^2 \approx 346 \text{ m}^2$$

$$P_6 = (L - 15) \cdot 3 \cdot H_1 = (60 - 15) \cdot 3 \cdot 7 = 945 \text{ m}^2$$

$$P_7 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \alpha}{180^\circ} + \sin \alpha \right) \cdot r^2 = \frac{1}{4} \cdot \left(\frac{\pi \cdot 92^\circ}{180^\circ} - \sin 92^\circ \right) \cdot 30^2 \approx 136 \text{ m}^2$$

$$P_8 = 15 \cdot (3 \cdot H) = 15 \cdot (3 \cdot 10) = 450 \text{ m}^2$$

$$P_9 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (3 \cdot H)^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (3 \cdot 10)^2 \approx 706 \text{ m}^2$$

$$A_d = \sum_{i=1}^4 P_i + 2 \cdot \sum_{i=5}^9 P_i = 7611 \text{ m}^2$$

Współczynniki:

- położenia: $C_d = 1$
- środowiska: $C_e = 0,5$
- transformatora: $C_t = 0,2$

d) średnioroczna liczba groźnych zdarzeń powstałych wskutek wyładowania bezpośredniego w obiekt:

$$N_D = N_g \cdot A_d \cdot C_d \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot 7611 \cdot 1 \cdot 10^{-6} \approx 19,02 \cdot 10^{-3}$$

e) ryzyko związane z utratą życia ludzkiego oraz uszkodzeniem obiektu:

$$P_A = 0,1; L_t = 10^{-4}; r_a = 10^{-2}; L_A = r_a \cdot L_t = 10^{-4} \cdot 10^{-2} = 10^{-6}$$

$$R_A = N_D \cdot P_A \cdot L_A = 9,51 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-1} \cdot 10^{-6} = 0,51 \cdot 10^{-10}$$

$$P_B = 0,1; L_f = 5 \cdot 10^{-2}; r_f = 10^{-1}; r_p = 0,5; h_z = 20$$

$$L_B = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_f = 0,5 \cdot 0,1 \cdot 20 \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-2}$$

$$R_B = N_D \cdot P_B \cdot L_B = 19 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-1} \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 9,5 \cdot 10^{-5}$$

f) pozostałe komponenty ryzyka (linia kablowa zasilająca obiekt o długości 40 m):

$$A_i = (L_c - 3 \cdot (H_a - H_b)) \cdot \sqrt{p} = (40 - 3 \cdot (3 + 7)) \cdot \sqrt{300} \approx 173 \text{ m}^2$$

$$A_i = 25 \cdot L_c \cdot \sqrt{300} \approx 17320 \text{ m}^2$$

$$N_L = N_g \cdot A_i \cdot C_d \cdot C_t \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot 173 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} = 86,5 \cdot 10^{-6}$$

$$N_i = N_g \cdot A_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot 17320 \cdot 0,5 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} = 4,33 \cdot 10^{-3}$$

$$P_v = 0,03; L_v = L_b = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$R_{V(\text{zasil})} = N_L \cdot P_v \cdot L_v = 86,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,03 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 5,19 \cdot 10^{-6}$$

$$P_u = 0,03; L_u = r_u \cdot L_t = 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} = 5 \cdot 10^{-4}$$

$$R_{u(\text{zasil})} = (N_L + N_{Da}) \cdot P_u \cdot L_u = (86,5 \cdot 10^{-3} + 0) \cdot 0,03 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \approx 13 \cdot 10^{-7}$$

g) ocena ryzyka pod kątem utraty wartości ekonomicznej:

$$P_b = 0,1; r_p = 0,5; h_z = 20; r_f = 10^{-1}; L_f = 0,5; L_b = r_p \cdot r_f \cdot h_z \cdot L_f =$$

$$= 0,5 \cdot 20 \cdot 10^{-1} \cdot 0,5 = 5 \cdot 10^{-1}$$

$$R_b = N_b \cdot P_b \cdot L_b = 19 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 5 \cdot 10^{-1} = 9,5 \cdot 10^{-4}$$

$$P_c = P_m = 0,03; L_c = L_0 = 10^{-2}$$

$$R_c = N_b \cdot P_c \cdot L_c = 19 \cdot 10^{-3} \cdot 0,03 \cdot 10^{-2} = 5,7 \cdot 10^{-6}$$

h) otoczenie obiektu podlegającego ochronie:

Po wprowadzeniu uproszczenia polegającego na przyjęciu największej wysokości budynku: część biurowo-socjalna, pole powierzchni A_m wyniesie:

$$A_m = \pi \cdot R_0^2 + 2 \cdot (L \cdot R_0 + W \cdot R_0) =$$

$$= 250^2 + 2 \cdot (60 \cdot 250 + 20 \cdot 250) = 216250 \text{ m}^2$$

i) średnioroczna liczba groźnych zdarzeń powstałych wskutek wyładowania w pobliżu obiektów oraz pozostałe komponenty ryzyka:

$$N_m = N_g \cdot (A_m - A_d \cdot C_d) \cdot 10^{-6} = 2,5 \cdot (216250 - 7611 \cdot 1) \cdot 10^{-6} = 52,2 \cdot 10^{-2}$$

$$P_m = P_c = 0,03; L_m = L_0 = 10^{-2}$$

$$R_m = N_m \cdot P_m \cdot L_m = 52,2 \cdot 10^{-2} \cdot 0,03 \cdot 10^{-2} \approx 1,57 \cdot 10^{-4}$$

$$L_v = L_0 = 5 \cdot 10^{-2}; P_v = 0,03$$

$$R_{V(\text{zasil})} = N_L \cdot P_v \cdot L_v = 86,5 \cdot 10^{-6} \cdot 0,03 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \approx 13 \cdot 10^{-8}$$

$$L_z = L_0 = 5 \cdot 10^{-2}; P_z = 0,03$$

$$R_{Z(\text{zasil})} = (N_i - N_L) \cdot P_z \cdot L_z = (4,33 \cdot 10^{-3} - 86,5 \cdot 10^{-6}) \cdot 0,03 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \approx 6,36 \cdot 10^{-6}$$

$$L_w = L_0 = 5 \cdot 10^{-2}; P_w = 0,03$$

$$R_{W(\text{zasil})} = (N_i - N_{Da}) \cdot P_w \cdot L_w = (4,33 \cdot 10^{-3} - 0) \cdot 0,03 \cdot 5 \cdot 10^{-2} \approx 6,5 \cdot 10^{-6}$$

gdzie:

r_a – współczynnik redukcji utraty życia ludzkiego, zależny od rodzaju gruntu lub podłogi, w [-],

L_t – strata, jaka może powstać wskutek porażenia przy napięciach dotykowych i krokowych, dla osób na zewnątrz budynku, w [-],

P_A – prawdopodobieństwo, że wyładowanie w obiekt spowoduje porażenie istot żywych – w przypadku braku ochrony, w [-],

P_B – prawdopodobieństwo, że wyładowanie w obiekt spowoduje uszkodzenie fizyczne obiektu – przy braku ochrony, w [-]

P_C – prawdopodobieństwo, że trafienie w obiekt spowoduje uszkodzenie urządzeń zainstalowanych wewnątrz obiektu, w [-],

P_U – prawdopodobieństwo, że wyładowanie w pobliżu obiektu spowoduje uszkodzenie fizyczne, w [-],

P_V – prawdopodobieństwo, że wyładowanie w pobliżu obiektu spowoduje porażenie istot żywych, w [-],

P_Z – prawdopodobieństwo, że wyładowanie w pobliżu linii spowoduje awarie układów wewnątrz obiektu, w [-],

R_W – prawdopodobieństwo, że wyładowanie w linii spowoduje awarie układów wewnątrz obiektu, w [-],

$L_t, L_f, L_o, L_w, L_z, L_v$ – wartości strat, jakie mogą powstać, w [-],

r_a, r_u – współczynniki redukcji zależne od rodzaju powierzchni gruntu lub podłogi, w [-],

r_p – współczynnik zależny od zastosowanych środków przeciwpożarowych, w [-],

r_f – współczynnik określający niebezpieczeństwo pożarowe obiektu, w [-],

R_M – prawdopodobieństwo, że wyładowanie w pobliżu obiektu spowoduje awarie układów wewnątrz obiektu, w [-],

h_z – współczynnik zwiększający możliwe straty związane z uszkodzeniem fizycznym, gdy występuje specjalne zagrożenie, w [-],

r_p – współczynnik redukcji w zależności od środków służących ograniczeniu skutków pożaru przy braku środków ochrony, w [-],

r_f – wartość współczynnika redukcji w zależności od niebezpieczeństwa pożarowego obiektu przy zwykłym zagrożeniu pożarowym, w [-],

L_f – strata wskutek uszkodzenia fizycznego, w [-],

A_d – równoważna powierzchnia zbierania wyładowań, w [m²],

A_m – powierzchnia zbierania wyładowań trafiających w pobliżu obiektu, w [m²],

L – długość obiektu, w [m],

W – szerokość obiektu, w [m],

H – wysokość obiektu, w [m],

N_d – średnia roczna liczba groźnych zdarzeń wskutek wyładowań w obiekt,

N_g – gęstość piorunowych wyładowań doziemnych dla terenów o szerokości geograficznej powyżej 51°30', w [1/km²/rok],

N_m – średnia roczna liczba groźnych zdarzeń powstających wskutek wyładowań w pobliżu obiektu podlegającego ochronie,

C_d – współczynnik położenia obiektu, w [-],

C_e – współczynnik środowiskowy, w [-],

C_t – współczynnik transformatora, w [-],

A_i – powierzchnia wyładowań trafiających w pobliżu urządzenia usługowego (linia zasilająca), w [m²],

A_l – powierzchnia wyładowań trafiających w urządzenie usługowe (linia zasilająca), w [m²],

N_L – średnia roczna liczba groźnych zdarzeń wskutek wyładowań w linię dochodzącą do obiektu, w [1/km²/rok],

N_i – średnia roczna liczba groźnych zdarzeń wskutek wyładowań w pobliżu linii dochodzącej do obiektu, w [1/km²/rok],

R_0 – odległość od budynku określająca granicę jego otoczenia, w [m].

Wymagany odstęp izolacyjny dla zwodów pionowych chroniących wentylatory dachowe

$$k_m = 1; k_i = 0,04; l_1 = 2 \text{ m}; l_2 = 7,5 \text{ m}; l_3 = 5 \text{ m}; l_4 = 7 \text{ m}$$

Przy uderzeniu pioruna w zwód pionowy, najkrótsza droga spływu prądu piorunowego to odcinki $l_1 - l_2 - l_3 - l_4$. Prądy płynące w poszczególnych odcinkach drogi przepływu do ziemi przy uderzeniu w zwód pionowy wyniosą:

$$i_p - 0,5 \cdot i_p - 0,25 \cdot i_p - 0,25 \cdot i_p$$

ponieważ współczynnik k_c oznacza stosunek wartości części prądu piorunowego w danym przewodzie do całkowitej wartości tego prądu. Kolejne wartości tego współczynnika – przy założeniu, że do kolejnego odcinka drogi spływu prądu piorunowego wpływa połowa prądu płynącego w poprzednim odcinku (**rys. 4.**) – wyniosą:

$$k_{ci} = \begin{cases} 1 \\ 0,5 \\ 0,25 \\ 0,25 \end{cases}$$

$$s \geq \frac{k_i}{k_m} \cdot \sum_{i=1}^4 k_{ci} \cdot l_i = \\ = \frac{0,04}{1} \cdot (1 \cdot 2 + 0,5 \cdot 7,5 + 0,25 \cdot 5 + 0,25 \cdot 7) = 0,35 \text{ m} < 1 \text{ m}$$

Odstęp zwodu pionowego od wentylatora dachowego wynoszący 1 m (**rys. 3.**) należy uznać za wystarczający.

gdzie:

n – liczba przewodów odprowadzających, w [-],

k_i – współczynnik uzależniony od klasy LPS, w [-],

k_{ci} – współczynniki uzależnione od rozptyłu prądów w LPS, w [-],

k_m – współczynnik uzależniony od materiału izolacyjnego, w [-],

l_1 – wysokość zwodu pionowego, w [m],

l_2 – długość przewodu łączącego zwód pionowy ze zwodem poziomym, w [m],

l_3 – długość zwodu poziomego od miejsca połączenia przewodu łączącego ze zwodem pionowym do przewodu odprowadzającego, w [m],

l_4 – długość przewodu odprowadzającego, w [m].

Rezystancja uziemienia

Uziom zostanie wykonany jako uziom kombinowany, przez pograżenie uziomów pionowych i połączenie ich taśmą Fe-Zn 30x4.

Rezystancja pojedynczego uziomu pionowego:

$$R_1 \approx \frac{\rho}{\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l}{r} = \frac{300}{\pi \cdot 8} \cdot \ln \frac{8}{0,016} \approx 73$$

Rezystancja wypadkowa uziemienia ogromowego:

$$R_w \approx \frac{k}{\sum_{i=1}^{10} \frac{1}{R_i}} = \frac{k}{\frac{10}{R_1}} = \frac{1,2 \cdot 73}{10} \approx 8,8 \Omega < 10 \Omega$$

gdzie:

ρ – rezystywność gruntu, w [$\Omega \cdot \text{m}$],

R_1 – spodziewana rezystancja pojedynczego uziomu pionowego, w [Ω],

R_w – spodziewana rezystancja wypadkowa uziemienia, w [Ω],

l – długość uziomu pionowego, w [m],

k – współczynnik progresji, w [-].

Należy uznać, że projektowany uziom kombinowany spełni wymagania norm.

Uwagi końcowe

- Po wykonaniu instalacji piorunochronnej należy sprawdzić ciągłość połączeń oraz zmierzyć rezystancję uziemienia.
- Miejsca połączeń uziomów pionowych z uziomem poziomym należy zabezpieczyć przed korozją.
- Złącza kontrolne należy instalować maks. 0,1 m nad rurą ochronną instalowaną na przewodach odprowadzających.



Spokojnie. Oto DEHNventil ACI.

- zastosowanie techniki ACI eliminuje konieczność stosowania dobezpieczenia
- wysokie parametry użytkowe:
obciążalność prądem piorunowym 100 kA
i niski napięciowy poziom ochrony $\leq 1,5 \text{ kV}$
- maksymalny spodziewany prąd zwarcia AC:
100 kA_{rms} (50 Hz)
- bezpieczna izolacja galwaniczna
z sygnalizacją stanu odłączenia, która zwiększa odporność na przepięcia dorywcze (TOV)
- brak prądu upływu
- wbudowany moduł ochrony nadprądowej ACI
- kabel przyłączeniowy: przekrój 16 mm² (Cu)
jest wystarczający
- przewód neutralny z lewej lub prawej strony
- monitorowanie stanu poprzez zdalną sygnalizację
- montaż na szynie DIN lub na szynie zbiorczej
- wersja do sieci TN-S i TN-C

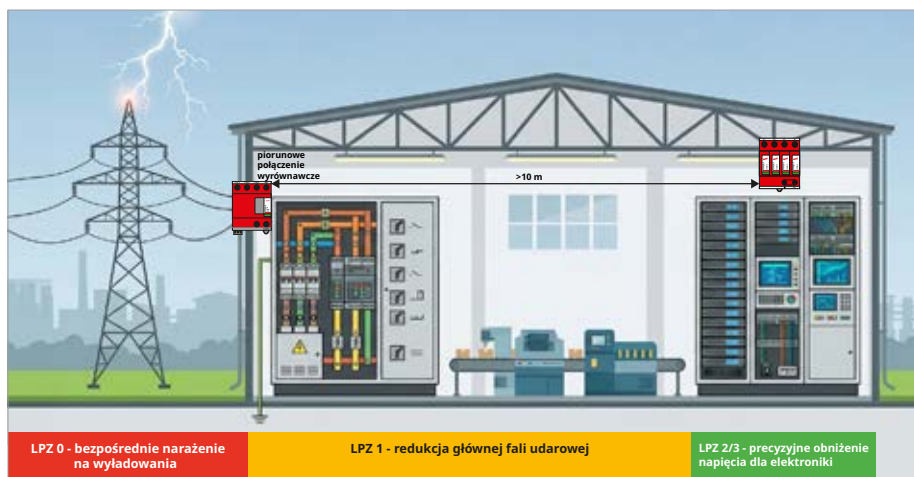


DEHN protects.

Ochrona przepięciowa szaf przemysłowych

W dobie czwartej rewolucji przemysłowej (Industry 4.0) stopień skomplikowania i miniaturyzacji układów elektronicznych w szafach sterowniczych sprawia, że są one niezwykle podatne na zakłócenia elektromagnetyczne. Skuteczna ochrona przepięciowa i powszechne stosowanie ograniczników przepięć (Surge Protective Devices, SPD) nie jest już jedynie opcją, lecz wymogiem technologicznym gwarantującym ciągłość procesów produkcyjnych.

Zewnętrzna ochrona odgromowa zapewnia ochronę budynku przed szkodliwym działaniem wyładowania atmosferycznego. Dzięki systemowi zwodów przewodów odprowadzających i uziemieniu prąd pioruna spływa do ziemi, nie naruszając struktury budynku (zewnętrzne urządzenie piorunochronne). Ale brak ochrony wewnętrznej (odstępy separujące, wyrównanie potencjałów) spowoduje, że systemy sterowania i automatyki mogą ulec uszkodzeniu w wyniku oddziaływania LEMP (*Lightning ElectroMagnetic Pulse*). Podobnie uszkodzenie lub zakłócenia w pracy systemów elektronicznych wewnątrz zakładu mogą wystąpić w wyniku przepięć generowanych przez operacje łączeniowe w rozbudowanym systemie instalacji elektrycznych wewnątrz obiektu.



Rys. 1. Zastosowanie koncepcji stref ochronnych (LPZ) przy realizacji ochrony przepięciowej szaf w obiektach przemysłowych

Ramy prawne i normalizacja

Projektowanie systemów ochrony przepięciowej należy opierać się na aktualnych normach, które definiują zarówno sposób doboru ograniczników przepięć, jak i parametry techniczne, jakie muszą one spełniać.

- » **PN-EN IEC 62305 (Ed.3.0):** to wieloarkuszo- wa podstawowa norma dotycząca ochrony odgromowej. Definiuje ona strefową koncepcję ochrony (*Lightning Protection Zones*, LPZ), która jest kluczowa dla szaf zasilania i automatyki. Zawiera też informacje o realizacji piorunochronnych połączeń wyrównawczych oraz zasadach koordynacji energetycznej dla wielostopniowej ochrony przepięciowej.
- » **PN-HD 60364-4-443:** określa wymagania dotyczące ochrony instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami pochodzącymi od atmosferycznych wyładowań pośrednich oraz przepięć łączeniowych oraz podaje wymagania w zakresie kategorii przepięć chronionych urządzeń.
- » **PN-HD 60364-4-444:** omawia środki zmniejszające zaburzenia elektromagnetyczne, w tym też wzajemną łączność uziomów i po-

łączenia wyrównawcze oraz sposób prowadzenia oprzewodowania.

- » **PN-HD 60364-5-53:** podstawowa norma dla instalatorów i projektantów, dotycząca doboru i montażu urządzeń SPD. Zawiera informacje na temat skutecznej odległości ochronnej dla SPD oraz połączeń SPD (długość i przekroje przewodów).
- » **PN-EN 61643-11:** norma produktowa dla ograniczników przepięć niskiego napięcia, klasyfikująca urządzenia na typ 1, typ 2 i typ 3.
- » **PN-EN 61643-21:** dotyczy ograniczników stosowanych w sieciach telekomunikacyjnych i sygnalizacyjnych (szafy automatyki, sterowniki PLC).

Architektura ochrony: dobór SPD do szaf przemysłowych

Ochrona w zakładzie przemysłowym musi mieć charakter kaskadowy (stopniowy). Błędem jest zakładanie, że jeden ogranicznik na wejściu do zakładu zabezpieczy całą elektronikę w oddalonych szafach sterowniczych. Jeżeli długość obwodu między SPD a urządzeniem jest zbyt duża, to propagacja uderów może prowadzić do zjawiska oscylacji. Układy wewnętrzne są chronione, jeżeli są one energetycznie skoordyno-

wane z SPD od strony zasilania i gdy długość obwodu nie jest większa niż dziesięć metrów. Jeżeli odległość między SPD a urządzeniem poddawanym ochronie jest większa niż 10 m, należy zapewnić dodatkowe środki ochrony, takie jak dodatkowe SPD, zainstalowane jak najbliżej urządzenia poddawanego ochronie.

Szafy zasilające (rozdzielnice główne i obiektowe)

W głównych punktach zasilania, na granicy stref LPZ 0 i LPZ 1, stosuje się ograniczniki kombinowane typu 1+2 lub typu 1+2+3. Ich zadaniem jest odprowadzenie energii bezpośredniego wyładowania atmosferycznego (prąd udarowy I_{imp} o kształcie fali 10/350 μ s). Ograniczniki te muszą charakteryzować się wysoką zdolnością gaszenia prądów następczych. W nowoczesnych szafach preferuje się technikę iskiernikową ze względu na brak prądu upływu i trwałość. Nowoczesne ograniczniki przepięć wyposażone są w wewnętrzne układy zabezpieczeń nadprądowych, co pozwala na skrócenie przewodów łączeniowych. Przykładem takiego ogranicznika może być ogranicznik DEHNventil ACI, zapewniający napięciowy poziom ochrony < 1,5 kV przy odprowadzaniu prądu piorunowego 25 kA/biegun. Może on pra-

cować bez zewnętrznego dobezpieczenia w obwodach o spodziewanym prądzie zwarciovym $I_k = 100 \text{ kA}$. Montaż bezpośrednio na szynie PE pozwala na znaczne skrócenie przewodów przyłączeniowych.

I Szafy automatyki i sterowania

Szafy automatyki znajdują się zazwyczaj w strefie LPZ 2 lub wyżej. Tutaj kluczowe jest obniżenie napięciowego poziomu ochrony (U_P) do wartości bezpiecznej dla elektroniki.

» **Zasilanie AC/DC:** stosuje się ograniczniki typu 2 (udar $8/20 \mu\text{s}$) oraz typu 3 w bezpośrednim sąsiedztwie czułych odbiorników (np. zasilacze buforowe, sterowniki PLC).

» **Obwody 24V DC:** elektronika sterownicza wymaga specjalnych ograniczników dla prądu stałego o niskim progu zadziałania.

» **Linie sygnałowe i komunikacyjne:** to, niestety, często pomijany element, który również wymaga ochrony przepięciowej. Pętle prądowe 4-20 mA, magistrale RS-485, Profi-net czy Ethernet zabezpieczane są za pomocą specjalnych ograniczników (często dwustopniowych układów: odgromnik gazowy + diody Transil), które nie wprowadzają zakłóceń w transmisji danych (odpowiednia impedancja i pasmo).

Nawet najlepszy system ochrony przepięciowej nie zadziała poprawnie, jeśli zostanie błędnie zainstalowany. Jednym z czynników, na który należy zwracać uwagę, jest indukcyjność przewodów łączeniowych. Przy bardzo szybkich narastaniach zboczy prądowych uderów przepięć długość przewodów montażowych jest czynnikiem krytycznym.

Zgodnie z PN-HD 60364-5-53, należy wziąć pod uwagę, że długość 1 m przewodu prostoliniowego przenoszącego prąd rozładowczy 10 kA ($8/20$) daje spadek napięcia o około 1000 V . Jeżeli ten dodatkowy spadek napięcia zsumujemy z napięciem na zaciskach ogranicznika, to może się okazać, że przekroczone zostanie napięcie udarowe wytrzymywane przez dane urządzenie. Tym samym może dojść do uszkodzeń, pomimo zastosowania SPD. Dlatego norma podaje, aby całkowita długość przewodów między punktami przyłączenia zespołu SPD nie była większa niż $0,5 \text{ m}$. W przypadku gdy ogranicznik przepięć wymaga zewnętrznego dobezpieczenia, warunek ten może być trudny w praktycznej realizacji. Dlatego warto na potrzeby ochrony szaf przemysłowych zastosować ograniczniki przepięć niewymagające stosowania zewnętrznych przetężeniowych urządzeń zabezpieczających (rys. 3.).

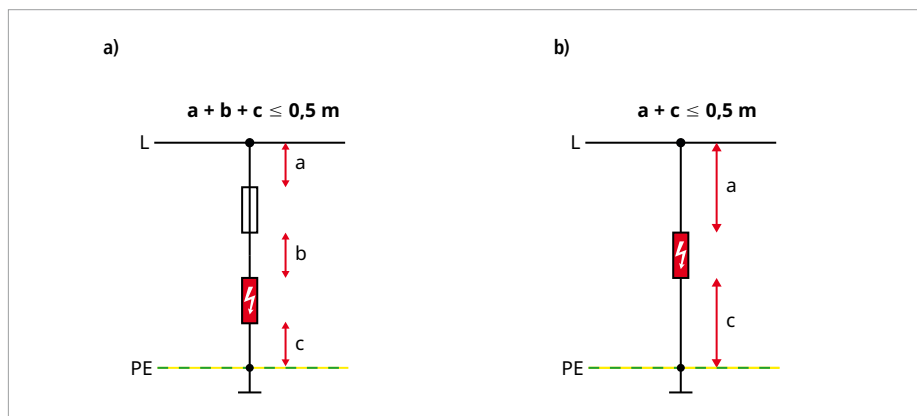


Rys. 2. Ochrona przepięciowa w głównej szafie rozdzielczej na granicy stref LPZ 0/LPZ1: kombinowany ogranicznik przepięć typu T1+T2+T3 (DEHNventil ACI)

Przykładem takiego ogranicznika może być ogranicznik DEHNguard ACI. Innowacyjna technika Advanced Circuit Interruption (ACI) firmy DEHN niezawodnie chroni instalacje przed przepięciami, a jednocześnie sam aparat nie wymaga dobezpieczenia. Rozwiązanie zabezpieczające SPD przed to prądami zwarcia spełnia wymagania opisane w normie PN-EN IEC 61643-01:2025. W ograniczniku DEHNguard ACI jest to kombinacja wyłącznika i iskiernika, która jest połączona szeregowo z warystorem. Dzięki temu rozwiązaniu każdy prąd zwarciovym, który mógłby płynąć przez warystor (przy uszkodzeniu jego struktury wewnętrznej), zostaje przerwany. Prąd resztkowy zostaje ograniczony do takiego poziomu, że nie spowoduje zadziałania bezpieczników topikowych rzędu 16 A gG . Oznacza to znacznie większą dostępność i bezpieczeństwo pracy instalacji w porównaniu ze standardowymi ogranicznikami typu 2 z zewnętrznym dobezpieczeniem.

W przypadku szaf przemysłowych ważny jest też sposób montażu aparatów wewnątrz rozdzielnic. Zastosowanie podstawy wyposażonej w zaciski push-in upraszcza i przyspiesza proces montażowy. Nie bez znaczenia jest też fakt, że ogranicznik DEHNguard ACI do połączenia wymaga w każdym przypadku przewodów o przekroju $6 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$. Ułatwia to montaż, a dzięki mniejszemu promieniowi zginania można użyć krótszych przewodów i zaoszczędzić miejsce w szafie.

Kolejną zaletą techniki ACI jest brak prądu upływu, co znacznie wydłuża żywotność ograniczników. Technika ACI sprawia, że dzięki szeregowemu połączeniu iskiernika i warystora nie występuje prąd upływu. Zapobiega to przedwczesnemu starzeniu się warystorowych ograniczników przepięć oraz pozwala oszczędzić czas i koszty ich wymiany przed upływem szacowanego okresu użytkowania. Ograniczniki ACI zapobiegają również przypadkowemu zadzia-



Rys. 3. a) Podłączenie SPD z zewnętrznym przetężeniowym urządzeniem zabezpieczającym oraz b) SPD niewymagający zewnętrznego dobezpieczenia



Rys. 4. Ogranicznik przepięć typu T2 z techniką ACI (DEHNGuard MP ACI)

łaniu systemu monitoringu izolacji. Wewnętrzny układ połączeń czyni aparaty z techniką ACI odpornymi na przepięcia dorywcze (np. spowodowane przerwaniem przewodu neutralnego). Przepięcia dorywcze mogą zniszczyć konwencjonalne ograniczniki przepięć. Nowe ograniczniki ACI mają znacznie lepszą wytrzymałość na przepięcia dorywcze. Poprawia to dostępność instalacji i pozwala zaoszczędzić czas i pieniądze przeznaczone na wykonanie napraw.

W nowoczesnych szafach nie można montować ograniczników różnych typów w sposób losowy. Muszą one być skoordynowane energetycznie. Ograniczniki przepięć DEHNGuard ACI spełniają wymóg koordynacji energetycznej z innymi SPD typu 2 i 3, tym samym zapewniają poprawną współpracę i zabezpieczają inne

urządzenia elektroniczne wewnątrz szafy, których obwody wejściowe chronione są małymi warystorami pastylkowymi. Przykład zabudowy SPD typu DEHNGuard ACI wewnątrz szafy przemysłowej pokazano na **rysunku 5**.

Ochrona przepięciowa w szafach sterowniczych i zasilających nowoczesnego zakładu przemysłowego to jeden z ważnych czynników wpływających na ciągłość procesu produkcyjnego. Aby była skuteczna, musi spełniać trzy warunki:

1. prawidłowy dobór urządzeń pod kątem stref LPZ i wytrzymałości udarowej (zgodnie z PN-EN 62305),
2. ochrona wielopoziomowa, obejmująca nie tylko tory zasilania AC, ale również obwody sterowania DC i linie transmisji danych,

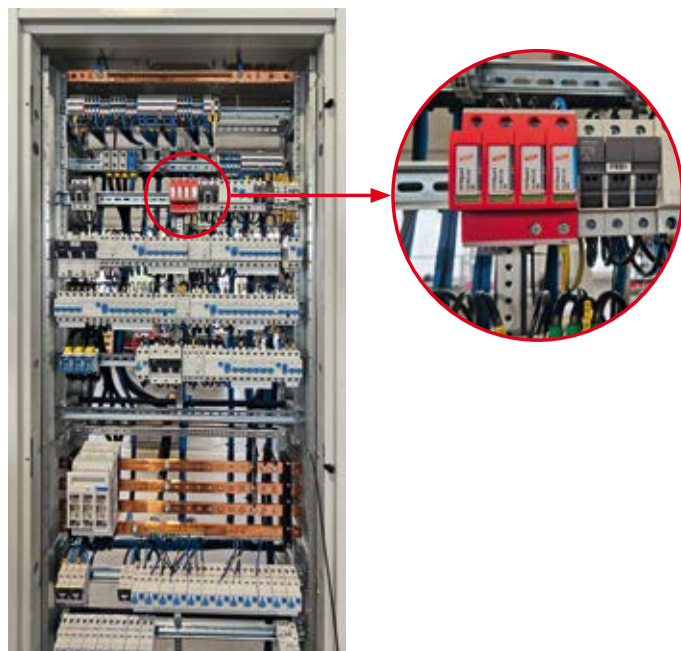
3. rygorystyczny montaż, ze szczególnym uwzględnieniem minimalizacji długości połączeń i separacji obwodów.

Zlekceważenie tych zasad prowadzi do pozornej ochrony, która w warunkach rzeczywistego wyładowania lub awarii w sieci energetycznej nie zabezpieczy kosztownych sterowników PLC, falowników i systemów SCADA przed zniszczeniem lub zawieszeniem pracy.

Więcej informacji na temat wykorzystania SPD z techniką ACI można znaleźć na stronie firmy DEHN <https://www.dehn.pl/pl/rozwiwania-techniczne/technika-aci>.

I Literatura

1. PN-EN IEC 61643-01:2025-11 *Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 01: Wymagania ogólne i metody badań*.
2. PN-HD 60364-5-53:2022-10 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza*.
3. Ochrona przepięciowa bez zewnętrznego dobezpieczenia, druk DS196 firmy DEHN.



Rys. 5. Ochrona przepięciowa wewnątrz szafy przemysłowej

DEHN Polska Sp. z o.o.

02-675 Warszawa

ul. Wołoska 16

tel. 22 299 60 40 do 41

info@dehn.pl

www.dehn.pl

MFT-X1 – zaawansowany miernik instalacji elektrycznych w świetle aktualnych wymagań normatywnych

Weryfikacja stanu technicznego instalacji elektrycznych zgodnie z wymaganiami norm serii PN-HD 60364 oraz PN-EN 61557 wymaga stosowania precyzyjnych i wielofunkcyjnych przyrządów pomiarowych. W tym kontekście mierniki instalacji nowej generacji, takie jak MFT-X1, stanowią istotny element wyposażenia zarówno podczas badań odbiorczych, jak i okresowych kontroli eksploatacyjnych.

MFT-X1 integruje w jednym urządzeniu funkcje pomiarowe zgodne z wymaganiami normatywnymi, obejmujące m.in. pomiar rezystancji izolacji napięciami testowymi do 1000VDC, pomiar ciągłości przewodów ochronnych i połączeń wyrównawczych prądem ≥ 200 mA, a także pomiar impedancji pętli zwarcia z rozdzielczością umożliwiającą ocenę skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w układach o układzie zasilania TN oraz TT. Przyrząd umożliwia również testowanie wyłączników różnicowoprądowych (RCD) typu AC, A oraz B – z możliwością realizacji pomiarów prądu zadziałania oraz czasu wyłączenia w różnych konfiguracjach testowych.

Szczególną uwagę zwrócono na metodykę pomiaru impedancji pętli zwarcia. MFT-X1 oferuje tryby pomiarowe o obniżonym prądzie testowym (tzw. no-trip), co pozwala na wykonywanie pomiarów w obwodach zabezpieczonych przez RCD bez ryzyka ich niezamierzonego zadziałania.



Pod względem bezpieczeństwa użytkownika przyrząd spełnia wymagania odpowiednich kategorii przepięciowych



MFT-X1

Jednocześnie dostępne są klasyczne metody wysokoprądowe, zapewniające większą odporność na zakłócenia oraz wyższą dokładność w trudnych warunkach pomiarowych.

W zakresie pomiarów rezystancji uziemienia urządzenie wspiera zarówno metody klasyczne (np. 3-przewodową), jak i rozwiązania uproszczone, zależnie od konfiguracji instalacji i dostępności punktów pomiarowych. Umożliwia to elastyczne podejście do badań w obiektach istniejących, gdzie warunki pomiarowe są często ograniczone.

Istotnym elementem konstrukcji MFT-X1 jest tor pomiarowy zaprojektowany z myślą o wysokiej odporności na zakłócenia elektromagnetyczne oraz stabilności wyników. Zastosowane układy kompensacji i filtracji sygnału pozwalają na uzyskanie powtarzalnych rezultatów nawet w środowiskach przemysłowych, gdzie obecność wyższych harmonicznych i zakłóceń sieciowych może wpływać na dokładność pomiaru.

Urządzenie wyposażono w nowoczesny interfejs użytkownika, z ekranem dotykowym, umożliwiającym szybki wybór funkcji oraz konfigurację zakresu pomiarowego. Z punktu widzenia praktyki pomiarowej istotne są także zautomatyzowane sekwencje testowe, które pozwalają na wykonanie kompletu badań zgodnie z określonym scenariuszem (np. dla obwodu końcowego) przy zachowaniu spójności metodologicznej i ograniczeniu błędów operatora.

MFT-X1 wspiera cyfrową rejestrację wyników pomiarów wraz z przypisaniem ich do konkretnych punktów instalacji. Możliwość bez-



Urządzenie wyposażono w nowoczesny interfejs użytkownika z ekranem dotykowym

przewodowej transmisji danych do oprogramowania raportowego umożliwia tworzenie dokumentacji zgodnej z wymaganiami odbiorowymi oraz archiwizację wyników w systemach zarządzania majątkiem. W kontekście rosnących wymagań dotyczących identyfikowalności danych pomiarowych i audytowalności procesów ma to istotne znaczenie.

Pod względem bezpieczeństwa użytkownika przyrząd spełnia wymagania odpowiednich kategorii przepięciowych (CAT III/CAT IV), co pozwala na jego stosowanie zarówno w instalacjach końcowych, jak i w punktach zasilania. Zabezpieczenia wejść pomiarowych oraz czytelna sygnalizacja stanów niebezpiecznych minimalizują ryzyko błędów eksploatacyjnych.

MFT-X1 wpisuje się w trend cyfryzacji pomiarów elektroinstalacyjnych, łącząc zgodność z normami, zaawansowaną funkcjonalność oraz integrację z systemami zarządzania danymi. Dla praktyków oznacza to nie tylko zwiększenie efektywności pracy, ale również wyższy poziom wiarygodności i powtarzalności uzyskiwanych wyników pomiarowych.

Megger®

Megger Sp. z o.o.
05-500 Stara Iwiczna
ul. Słoneczna 42a
www.megger.com

Poprawność doboru przewodów instalowanych wewnątrz rozdzielnic jako warunek minimalizacji zagrożeń pożarowych

Celem artykułu jest wskazanie potencjalnych zagrożeń, jakie występują wewnątrz rozdzielnic, a które są częstą przyczyną pożarów rozdzielnic. Najczęściej przyczyną pożarów w rozdzielnicach jest niepoprawny dobór oprzewodowania wewnętrznego. Poważne zagrożenia stwarzają akumulatory instalowane przez certyfikowanych producentów PWP w szafie rozdzielczej aparatu wykonawczego.

Zanim przejdziemy do omówienia doboru oprzewodowania wewnątrz rozdzielnic, przeanalizujemy poszczególne kroki, jakie poprzedzają ten proces.

Pierwszym krokiem jest ustalenie wartości spodziewanego prądu obciążenia I_B obwodu, co stanowi podstawę doboru prądu znamionowego ciągłego aparatów oraz wstępnego doboru obciążalności długotrwałej I_Z przewodów. W obwodzie pojedynczego odbiornika, transformatora lub generatora jest to prąd znamionowy tego urządzenia. W **tabeli 1.** przedstawione zostały typowe odbiorniki wraz ze wzorami po-

zwalającymi na wyznaczenie spodziewanego prądu obciążenia źródła zasilającego I_B . W **tabeli 2.** przedstawiono zalecane krotności prądu znamionowego zasilanego odbiornika przy doborze zabezpieczeń. Dobrą praktyką jest przyjmowanie prądu obciążenia I_B obwodu o wartości większej, zgodnie z zaleceniami określonymi w kolumnie 3. **tabeli 2.** W **tabeli 1.** oraz **tabeli 2.** podano minimalne wymagania, jakie należy spełnić przy wyznaczaniu spodziewanego prądu obciążenia I_B oraz wytyczne w zakresie doboru zabezpieczeń (więcej na ten temat czytelnik znajdzie w rozdziale 6. „Poradnika pro-

jektanta elektryka” – J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa MEDIUM, Warszawa 2021 – wydanie VI). Powyższe czynności powinien wykonać projektant, a uzyskane na podstawie obliczeń wyniki zamieścić w dokumentacji projektowej. Oczywiście swoje założenie opieramy na fakcie, że projektant i wytwórca zestawu są to zazwyczaj różne osoby (nawet jeśli zatrudnione w tej samej firmie).

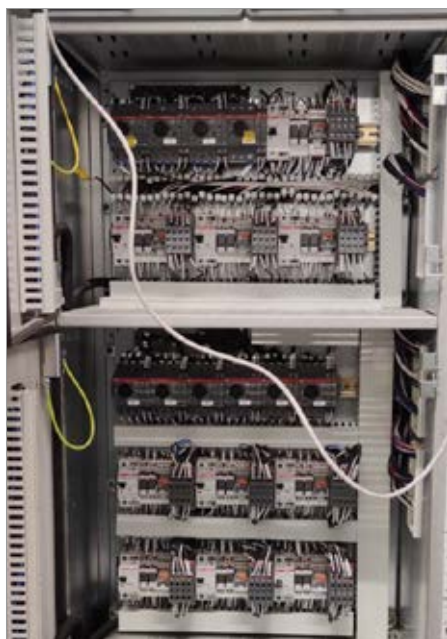
Drugim krokiem jest dobór prądu znamionowego i/lub prądu nastawczego zabezpieczeń nadprądowych w taki sposób, aby przetrzymywały one bez zadziałania nie tylko obliczeniowy prąd szczytowy obwodu I_B , ale również wszelkie prądy zwarciowe, będące prądami normalnego użytkowania (prąd rozruchowy silnika, prąd rozświecania źródła światła, prąd załączania kondensatorów itp.). Podobnie do prądów zwarciowych obwodu dobiera się prąd nastawczy członu zabezpieczeniowego zwarciowego wyłącznika, określony w kolumnie 5. **tabeli 2.** W obwodach rozdzielczych wymagane prądy znamionowe bądź nastawcze zabezpieczeń – wraz z wymaganą zwłoką ich działania – mogą wymagać zwiększenia ze względu na wybiórczość działania z zabezpieczeniami usytuowanymi na niższych stopniach układu zasilania. Problematyka wybiórczości działania poszczególnych stopni zabezpieczeń została opisana w rozdziale 6. „Poradnika projektanta elektryka” – J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa Medium, Warszawa 2021 – wydanie VI.

Ten krok również wykonuje projektant i umieszcza go w dokumentacji projektowej. Należy zwrócić uwagę, że w dokumentacji projektowej poza prądem znamionowym I /

Piec, kuchnia, ogrzewacz rezystancyjny	Urządzenia oświetleniowe (lampy wyładowcze)	Silnik indukcyjny	Generator	Transformator	Bateria kondensatorów
Moc i prąd w obwodzie w warunkach znamionowych					
$\cos \varphi = 1$	$\lambda_n \approx 0,80 \div 0,96$ z kompensacją $\lambda_n \approx 0,5$ bez kompensacji	$\cos \varphi = 0,75 \div 0,90$	$\cos \varphi = 0,8$	wymuszony przez obciążenie	$\cos \varphi = 0_{\text{poj}}$
$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$	$I_B = k_{as} \cdot \frac{\sum (P_n + \Delta P)}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \lambda_n}$	$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}$	$I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$	$I_{n(12)} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n(12)}}$	$I_n = \frac{Q_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$

Objaśnienia oznaczeń: napięcie znamionowe (U_n), napięcie znamionowe pierwotne (U_{n1}) i wtórne (U_{n2}); moc znamionowa czynna (P_n), pozorna (S_n) i bierna (Q_n); sprawność znamionowa η_n ; współczynnik mocy znamionowy ($\lambda_n = P_n/S_n$), a w obwodach prądu sinusoidalnego $\cos \varphi_n = P_n/S_n$; prąd znamionowy pojedynczego urządzenia (I_n), obliczeniowy prąd szczytowy odbiornika lub grupy odbiorników (I_B), współczynnik niesymetrii obciążenia trzech faz ($k_{as} = I_{Lmax}/I_{Lsr} = 1,05 \div 1,25$).

Tab. 1. Wzory do wyznaczenia prądów obciążenia I_B typowych odbiorników [5]



Fot. 1. Przykład ułożenia przewodów wewnątrz rozdzielni za pomocą korytek kablowych (zdjęcie wykonane podczas uruchomienia rozdzielni)



Fot. 2. Przykład ułożenia w powietrzu i wiązkach (zdjęcie wykonane od strony „pleców” rozdzielni)

lub prądem nastawczym zabezpieczeń nadprądowych powinny się znaleźć m.in. nastawy poszczególnych wyzwalaczy/charakterystyki użytych wkładek topikowych itd. W tym przypadku rolę wytwórcy zestawu (prefabrykatora) jest weryfikacja, czy przyjęte aparaty są dostępne i możliwe do zabudowania w danej rozdzielni (choćby dostępne wymiary, parametry zwarciove itd.). W przypadku jakichkolwiek niejasności lub braków w dokumentacji projektowej, prefabrykator powinien skontaktować się z projektantem lub zamawiającym (użytkownikiem według [1]) w celu wyjaśnienia nieścisłości. Wszelkie zmiany wprowadzone przez prefabrykatora wymagają akceptacji projektanta. Tak samo przygotowana przez prefabrykatora koncepcja rozdzielni (układ rozmieszczenia poszczególnych elementów, dobranych przewodów połączeń wewnętrznych oraz wizualizacja w celu możliwości porównania wprowadzonych zmian) podlega zatwierdzeniu przez projektanta oraz kierownika robót i inspektora nadzoru. Na ten element zwracamy szczególną uwagę, gdyż często projektant jest pomijany, przez co prefabrykator wprowadza zmiany bez uzgodnienia z projektantem.

Trzecim krokiem jest dobór przekroju przewodu lub kabla (pomiędzy rozdzielnicą a źródłem zasilania/odbiornikiem) w taki sposób, by spełniał on wszelkie stawiane mu wymagania odnośnie do: wytrzymałości mechanicznej, obciążalności cieplnej długotrwałej i zwarciovej oraz dopuszczalnego spadku napięcia. Szczegółowo w tym zakresie zostały opisane w rozdziale 6. „Poradnika projektanta elektryka” – J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa Medium, Warszawa 2021 – wydanie VI.

Przy doborze przewodów należy ustalić wartość temperatury, przy której będą one eksploatowane, gdyż wraz z jej wzrostem ponad wartość określoną w normie, maleje ich dopuszczalna obciążalność prądowa.

Natomiast zabezpieczenia nadprądowe dobiera się w taki sposób, aby miały, ze względu na czułość zabezpieczenia, prądy i czasy działania jak najmniejsze, ale ze względu na ciągłość zasilania, wystarczająco duże dla zapobieżenia zbędnym zadziałaniom zabezpieczeń z powodu:

- » prądów rozruchowych (silników), prądów złączeniowych (źródeł światła, transformatorów, zasilaczy impulsowych) bądź innych zwiększonych prądów normalnego użytkowania,
- » braku wybiórczości z zabezpieczeniami usytuowanymi na niższych poziomach zabezpieczeń.

Ponieważ dobór zabezpieczeń został szczegółowo opisany w „Poradniku projektanta elektryka” – J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa Medium, Warszawa 2021, wydanie VII – w artykule problem ten został pominięty. W artykule ograniczymy się do zasad doboru przewodów wewnątrz rozdzielni, których niepoprawny dobór ze względu na dopuszczalną obciążalność prądową oraz spodziewane prądy zwarciove jest najczęstszą przyczyną pożarów rozdzielnic.

Wewnątrz rozdzielni najbardziej właściwym sposobem ułożenia przewodów jest sposób:

» „B1”, zdefiniowany w normie [2] – izolowane przewody w rurze instalacyjnej na ścianie drewnianej (fot. 1.). Oczywiście korytko kablowe, w którym będą zamknięte przewody, z reguły będzie przymocowane do metalowej konstrukcji rozdzielni, jednak w praktyce to w niewielkim stopniu wpłynie na zwiększenie obciążalności długotrwałej tych przewodów;

» „F”, zdefiniowany w normie [2] – stykające się przewody jednożyłowe w powietrzu (fot. 2.). Obliczeniowa temperatura otoczenia t_0 jest to najwyższa temperatura powietrza otaczającego rozważane urządzenie elektryczne – występująca stale lub okresowo w normalnych warunkach użytkowania.

W normie PN-HD 60364-5-52:2011 [2] podano dopuszczalne wartości długotrwałej obciążalności prądowej właściwe dla klimatu występującego w rejonie Morza Śródziemnego.

Natomiast w normie IEC 60287-3-1/A1:1999 [4] zostały określone wartości temperatur właściwe dla Polski. Zostały one zestawione w tabeli 3. Jeśli występują okoliczności uzasadniające przyjęcie wyższej temperatury niż podana w normie (np. pomieszczenie kotłowni, ciasne wnętrza rozdzielni), należy to uczynić, gdyż wszelkie przesłanki przemawiające za przyjęciem niższej temperatury mogą być złudne i prowadzić do poważnych uchybień.

Dla spodziewanej temperatury otoczenia t_0 , przy której będą pracowały przewody, należy

Urządzenie zasilane o prądzie znamionowym I_n	Bezpiecznik	Wyłącznik nadprądowy		
	Prąd znamionowy wkładki topikowej	Prąd znamionowy ciągły wyłącznika	Prąd nastawczy członu przeciążeniowego	Prąd nastawczy członu zwarciovowego
	Krotność prądu znamionowego I_n zasilanego urządzenia			
	$\geq$	$\geq$	$=$	$\geq$
Ogrzewacz, piec rezystancyjny, kuchnia	1,0 ÷ 1,1	1,0 ÷ 1,1	–	–
Lampy żarowe	1,5 ÷ 2,5	1,10	–	9 ÷ 12
Lampy wyładowcze z kompensacją równoległą	1,5 ÷ 2,5	1,30	1,30	10 ÷ 14
Silnik indukcyjny o rozruchu bezpośrednim lekkim	1,6 ÷ 2,5	1,10 ÷ 1,25	1,0 ÷ 1,1	10 ÷ 14
Silnik indukcyjny o rozruchu bezpośrednim ciężkim	1,9 ÷ 3,5	1,10 ÷ 1,25	1,0 ÷ 1,1	10 ÷ 14
Silnik indukcyjny z rozrusznikiem gwiazda-trójkąt	1,25 ÷ 1,35	1,10 ÷ 1,25	1,0 ÷ 1,1	10 ÷ 16
Silnik indukcyjny z układem łagodnego rozruchu <i>softstart</i>	2,0 ÷ 4,0 ¹⁾	1,25	1,0 ÷ 1,1	10 ÷ 14 ²⁾
Jednoczłonowa bateria kondensatorów	1,5 ÷ 1,8	1,50	1,35 ÷ 1,50	10 ÷ 14
Człon wielocłonowej baterii kondensatorów	1,7 ÷ 2,2	1,50	1,35 ÷ 1,50	10 ÷ 16

¹⁾ Wkładki topikowe o charakterystyce bardzo szybkiej, do półprzewodników. Pozostałe wkładki klasy gG.

²⁾ Można obniżyć dwukrotnie w opcji bez *kickstartu*.

Tab. 2. Uprozczone zalecenia doboru zabezpieczeń nadprądowych w obwodach odbiorczych [5]

Rodzaj przewodu i warunki układania		τ_o , w [°C]
Przewody w pomieszczeniach		25
Przewody izolowane w przestrzeniach zewnętrznych	nienarażonych na bezpośrednie nasłonecznienie	25
	narażonych na bezpośrednie nasłonecznienie	40
Kable układane w ziemi w zależności od pory roku		20 (15; 5) ¹⁾

Objaśnienia: ¹⁾ 20°C – lato, 15°C – wiosna i jesień, 5°C – zima.

Tab. 3. Obliczeniowe temperatury przyjęte w Polsce zgodnie z normą [4]

dokonać przeliczenia wartości określonej w normie [2], z wykorzystaniem wzoru (1):

$$I_{z\tau_o} = I_{z30^\circ} \cdot \sqrt{\frac{\tau_{dd} - \tau_o}{\tau_{dd} - 30^\circ}} \quad (1)$$

Norma PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne* [1] nie określa w sposób jednoznaczny warunków pracy przewodów, i jednocześnie odsyła do normy PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie* [2].

W praktyce projektowanie rozdzielnic kończy się na przedstawieniu jej schematu ideowego, na którym są podane parametry zwarciove: I_k , I_{th} oraz I_p . Ponadto określone są prądy znamionowe zabezpieczeń wraz z wymaganą ich odpornością zwarciową eksploatacyjną I_{cs} . Podstawowy błąd, jaki jest popełniany na tym etapie, to brak określenia wymagań w zakresie

spodziewanych temperatur wewnątrz zestawu. Wynika to z błędnego założenia, że rozdzielnica jest traktowana jako gotowe urządzenie *black box*. Należy jednak zwrócić uwagę, że w normie PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne* [1] podane są następujące wytyczne w zakresie temperatury zewnętrznej i wewnętrznej, której wartość nie jest bez znaczenia przy doborze oprzewodowania wewnętrznego oraz zewnętrznego:

- » Temperatura otoczenia/zewnętrzna rozdzielnic (fragment załącznika BB normy [1]):
 - dolna granica **w zależności od miejsca instalacji**:
 - wewnątrz pomieszczeń: –5°C;
 - na zewnątrz pomieszczeń: –25°C.
 - górna granica **(bez względu na miejsce instalacji)**: 40°C;
 - najwyższa średnia dzienna **(bez względu na miejsce instalacji)**: 35°C;

» Temperatura wewnątrz rozdzielnic (zestawu) nie jest określona w sposób jednoznaczny. W punkcie 9.2 normy [1]: „Graniczne przyrosty temperatury” są opisane następujące warunki pracy zestawu (rozdzielnic):

- jest obciążona prądem znamionowym (obciążenie w 100%);
- średnia temperatura **otoczenia** rozdzielnic nie przekracza 35°C;
- maksymalne przyrosty temperatury dla elementów wbudowanych (tzn. typowa aparatura rozdzielcza i sterownicza) – zgodnie z odpowiednimi wymaganiami norm wyrobu dla pojedynczych elementów wyposażenia lub zgodnie z instrukcjami producenta elementu, biorąc pod uwagę temperaturę w ZESTAWIE;
- maksymalne przyrosty temperatury dla szyn zbiorczych i przewodów – przyrost ograniczony do m.in.:
 - wytrzymałości mechanicznej materiału przewodzącego;
 - ewentualnego wpływu na sąsiednie wyposażenie;
 - dopuszczalnej temperatury granicznej materiałów izolacyjnych stykających się z przewodem;
 - wpływu temperatury przewodu na aparaty przyłączone do niego.

Na podstawie przedstawionych wartości, należy zakładać, że maksymalna temperatura wewnątrz rozdzielnic może wynosić (jeśli nie zostaną określone inne warunki w zamówieniu):

- » dla aparatów (wyłączniki powietrzne, wyłączniki mocy) oraz dla aparatury modułowej: 70°C;
- » dla przewodów i kabli – norma PN-HD 60364-5-52 [17] przewiduje maks. temperaturę otoczenia w zależności od typu izolacji:
 - 60°C – dla izolacji z polichlorku winylu (PCV);
 - 80°C – dla izolacji z polietylenu usieciowanego (XLPE) lub gumy etylenowo-propylenowej (ERP).

Zgodnie z punktami powyżej, stanowiącymi wyciąg z normy PN-EN IEC 61439-1 [1], maksymalna temperatura wewnątrz rozdzielnic może wynosić: 60°C (przy zastosowaniu przewodów i kabli z izolacją PCV, które są najczęściej stosowane do połączeń we wnętrzach rozdzielnic oraz jako przewody do zasilania odbiorników). Jeśli w rozdzielnicach będą zabudowane inne urządzenia – o bardziej krytycznych wymaganiach w zakresie temperatury pracy – to oczywiście podana wcześniej temperatura powinna ulec obniżeniu. Więcej

**Dwa warianty, jeden cel
Twoje bezpieczeństwo**



PRE-PWP

PRZECIWPOŻAROWE WYŁĄCZNIKI PRĄDU

**Poznaj nową
odśloną
PWP-START**



**Prostsza budowa
i mniejszy gabaryt
wszędzie
tam, gdzie
liczy się
optymalizacja**



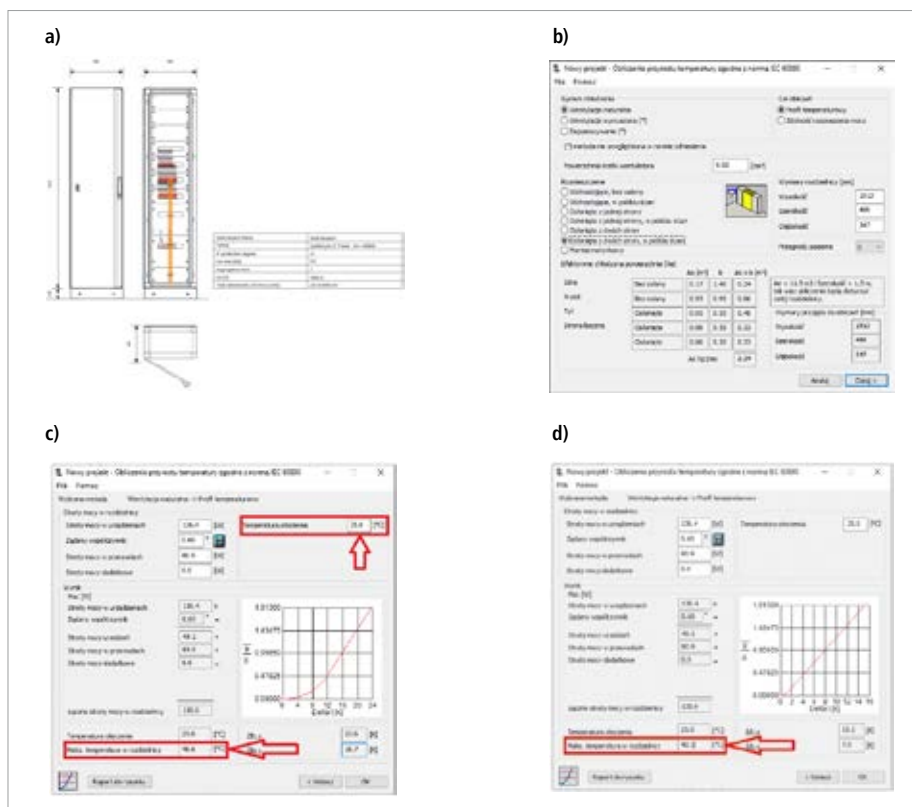
www.prebiel.pl

na ten temat czytelnik znajdzie w publikacjach [8] oraz [9].

Osoby zajmujące się prefabrykacją rozdzielnic podczas doboru oprzewodowania pomiędzy punktem rozdziału (blok rozdzielczy, szyny) oraz złączkami szynowymi gwintowanymi (ZUG) a aparatami często pomijają współczynniki progresji uwzględniające układanie przewodów w wiązkach lub w korytkach kablowych. Ponadto błędnie przyjmują wartość temperatury panującej wewnątrz zestawu (rozdzielnicy), przyjmując jej wartość taką samą jak w pomieszczeniu rozdzielni. Należy podkreślić, że temperatura występująca wewnątrz szafy rozdzielnicy jest naturalnie wyższa (straty mocy, wynikające z normalnej pracy elementów w niej zainstalowanych, zamieniane na ciepło). Powoduje to, że dobierane przewody mają zbyt małą dopuszczalną długotrwałą obciążalność prądową. Na **fotografii 3.** przedstawiono przykładową rozdzielnicę wypełnioną w około 50% aparaturą modułową oraz dwoma wyłącznikami kompaktowymi o prądzie znamionowym $I_n = 160$ A. Dla przedstawionej rozdzielnicy wykonano obliczenia temperatury wewnętrznej, przy następujących założeniach:

- » temperatura zewnętrzna (otoczenia) rozdzielnicy wynosi 25°C ;
- » przedstawiona rozdzielnica jest zainstalowana pomiędzy innymi polami i stanowi typowe pole odpływowe;
- » nie uwzględniono szyn do rozdziału energii w jej wnętrzu;
- » poza aparatami oraz odkładającymi się na nich stratami mocy, uwzględniono straty mocy występujące na przewodach zasilających aparaty oraz oprzewodowaniu od aparatów do ZUGów:
 - przewód typu LgY 2,5–60 m – przewody fazowe z pominięciem przewodów neutralnych;
 - przewód typu LgY 70–8 m – przewody fazowe z pominięciem przewodów neutralnych;
- » przeanalizowano 2 przypadki: rozdzielnica z pełnymi maskownicami oraz systemowymi maskownicami z perforacją (umożliwiającą swobodny przepływ powietrza).

Obliczenia należy przeprowadzić zgodnie z normą IEC 60890 *A method of temperature-rise verification of low-voltage switchgear and controlgear assemblies by calculation*, która opisuje sposób wyznaczenia temperatury wewnątrz rozdzielnicy. Aby przyspieszyć obliczenia oraz zobrazować je graficznie, skorzystano z programu ABB e-Design DOC® (**fot. 3.**).



Fot. 3. Obliczenia temperatury wewnątrz zestawu ABB e-Design DOC® [10]: a) przykładowa elewacja rozdzielnicy, b) wstępne ustawienia umożliwiające wykonanie obliczeń termicznych, c) wyniki obliczeń z pełnymi maskownicami, d) wyniki obliczeń z zastosowaniem systemowych maskownic perforowanych.

Jak przedstawiono na powyższym przykładzie, w typowej rozdzielnicy (bez zastosowania elementów poprawiających wentylację) wypełnionej w 50% oraz przy przyjętym współczynniku jednoczesności 0,6 – temperatura w górnej części wynosi blisko 50°C . Zastosowanie rozwiązania przyjętego na podstawie przeprowadzonych badań, które posiada maskownice umożliwiające swobodny przepływ powietrza, pozwala na obniżenie spodziewanej temperatury. Dalsza analiza powyższego przykładu pozwala na wyciągnięcie wniosku, że wykorzystywanie każdej wolnej przestrzeni w rozdzielnicy z punktu widzenia optymalizacji miejsca jest oczywiście zasadne, ale wiąże się ze wzrostem temperatury w jej wnętrzu. W tym miejscu należy podkreślić, że powszechne dążenie do optymalizacji i ograniczania kosztów musi stanowić kompromis pomiędzy nakładami finansowymi a poziomem bezpieczeństwa, które jest najważniejsze. Musi przede wszystkim zapewniać warunki do ograniczenia przyrostów temperatury. Oczywiście takie rozwiązania spełniają wymagania normy PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne* [1] – tzn. wewnątrz zestawu nie są przekroczone maksymalne przyrosty temperatury, a więc temperatura nie przekracza 60°C . Takie rozwiązanie może zostać dopuszczone pod wa-

runkiem poprawnego doboru kabli i przewodów połączeń wewnętrznych oraz zewnętrznych. Więcej informacji na ten temat czytelnik znajdzie w [9, 10].

Drugi, bardzo poważny problem występujący przy konstruowaniu rozdzielnic stanowią obliczenia prądów zwarciovych i wynikająca z otrzymanych wyników poprawność doboru przewodów i zabezpieczeń. Najwięcej błędów spotyka się przy doborze oprzewodowania wewnętrznego rozdzielnic w zakresie odporności zwarciovowej. W środowisku elektryków przyjęło się nieprawdziwe twierdzenie, że do 3 m przewód może być niezabezpieczony.

Zgodnie z przyjętą definicją zabezpieczenia zwarciovego, jest ono wymagane na początku każdego obwodu instalacji elektrycznej, w miejscu wyprowadzenia go lub odgałęzienia, najdalej 3 m od tego miejsca. Wymagania w tym zakresie precyzuje w pkt 434.2 norma PN-HD 60364-4-43:2010 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa Ochrona przed prądem przetężeniowym* [3].

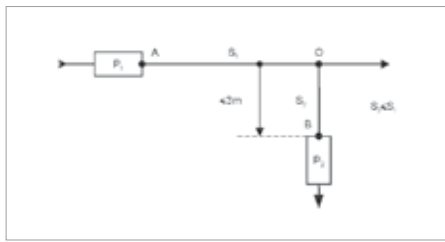
W części przewodu pomiędzy punktem zmniejszenia przekroju przewodu lub innej zmiany a miejscem usytuowania urządzenia zabezpieczającego nie powinno być żadnych ob-



IDEALNE DLA ROZDZIELNIC BUDYNKOWYCH

Dowiedz się więcej o zastosowaniach piętrowych
złączek TOPJOB® S w rozdzielnicach budynkowych.





Rys. 1. Ograniczona zmiana lokalizacji urządzenia zabezpieczającego przed zwarciem (P2) obwodu odgałęźnego [3]

wodów odgałęźnych ani gniazd wtyczkowych, a ta część przewodu powinna:

- nie przekraczać 3 m długości,
- być instalowana w taki sposób, aby zredukować do minimum ryzyko powstania zwarcia (ten warunek można uzyskać np. przez wzmocnienie ochrony oprzewodowania przed wpływami zewnętrznymi),
- nie być umieszczona w pobliżu materiałów łatwopalnych.

Wymienione powyżej warunki należy spełnić jednocześnie.

Należy zwrócić uwagę, że w przypadku rozdzielnic złagodzenia te mają ograniczone zastosowanie, ze względu na możliwość zapłonu izolacji przewodu o zmniejszonym przekroju, który lawinowo przeniesie się na przewody sąsiednie. Stosowanie tego złagodzenia w praktyce wymaga precyzyjnego przemysłu, gdyż opisane zjawisko jest bardzo częstą przyczyną pożarów rozdzielnic. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na występowanie zjawiska kominowego wewnątrz szaf rozdzielnic, które znacznie przyspiesza rozwój powstałego pożaru. Zgodnie z **rysunkiem 1**, urządzenie zabezpieczające przed zwarciem P2 może być przesunięte wzdłuż obwodu odga-

łęźnego (S2) od początku (O) na długość do 3 m, pod warunkiem że na długości tej nie ma innego połączenia lub gniazda wtyczkowego, a ryzyko powstania zwarcia, pożaru lub niebezpieczeństwa dla ludzi na tej długości zostało ograniczone do minimum.

Zabezpieczenie przeciążeniowe jest spełnione, pod warunkiem że przewód jest zabezpieczony od zwarć przez zabezpieczenie poprzedzające, a jego przekrój spełnia wymaganie ze względu na dopuszczalną obciążalność zwarciową [7]. Zgodnie z pkt. 8.6.1 normy PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne*: „W ramach jednego segmentu przewody (w tym szyny zbiorcze rozdzielcze) pomiędzy głównymi szynami zbiorczymi a stroną zasilania pół rozdzielnic – lub w przypadku zestawu jednosegmentowego pomiędzy zaciskami obciążenia urządzenia wejściowego i zaciskami zasilającymi każdego odbiorczego SCPD – jak również elementów wyposażenia tych pół, mogą być dobrane na podstawie obniżonych narażeń zwarciowych, występujących po stronie obciążenia odpowiedniego zabezpieczenia zwarciowego w każdym polu. Zachodzi to pod warunkiem takiego rozmieszczenia przewodów, w którym w normalnych warunkach pracy nie należy się spodziewać zwarcia wewnętrznego między częściami czynnymi i/lub między częściami czynnymi a ziemią”.

Zatem typowe przewody (np. LgY) układane w wiązkach i mocowane do metalowej konstrukcji – co jest zjawiskiem powszechnym wewnątrz rozdzielnic – nie mogą podlegać temu uproszczeniu.

W takim wypadku należy wszystkie przewody, kable oraz szyny przyłączane pomiędzy

głównym mostem rozdzielnic a poszczególnymi aparatami odpływowymi dobrać pod kątem ich odporności zwarciowej, gdyż jedynym ich zabezpieczeniem zwarciowym jest aparat główny w rozdzielnic lub w rozdzielnic/złączu kablowym poprzedzającym. Oczywiście dobór ten pozostaje po stronie wytwórcy zestawu (prefabrykatora), który dokonuje tego na podstawie otrzymanych od projektanta wartości spodziewanych prądów zwarciowych. Dobór ten powinien zostać potwierdzony przez projektanta na etapie zatwierdzania przyjętego rozwiązania w zakresie rozdzielnic. Jeśli na podstawie przeprowadzonych obliczeń okaże się, że uzyskany minimalny przekrój przewodu, kabla lub szyny uniemożliwia przyłączenie do konkretnego aparatu, wówczas konieczne jest przyjęcie następujących rozwiązań:

- » zmiana gabarytu aparatu – na taki, który umożliwia przyłączenie przewodu, kabla lub szyny o wymaganym przekroju ze względu na parametry zwarciowe;
- » zastosowanie dobezpieczenia, do którego od strony zasilania będzie można dołączyć wymagany przekrój – z kolei od strony zabezpieczeń odpływowych na tyle ograniczy prąd zwarciowy i tym samym zmniejszy wymagane przekroje przewodów, kabli lub szyn, że umożliwi ich przyłączenie;
- » stosowanie przewodów o podwyższonym napięciu izolacji, izolowanie konstrukcji itd. – **rozwiązanie to jest rzadko stosowane w praktyce.**

Każde z powyższych rozwiązań powinno uzyskać akceptację projektanta.

Przykładem sytuacji, gdy powyższe punkty będą miały zastosowanie, są rozdzielnice o wysokich prądach zwarciowych, w których są stosowane zabezpieczenia obwodowe, np.:

- » małogabarytowe rozłączniki bezpiecznikowe na wkładki typu D0 (np. TYTAN, ILTS, R303);
- » wyłączniki nadprądowe instalowane na szynie TH35 o zwiększonej zdolności zwarciowej itd.

Należy zwrócić uwagę, że każdy z tych aparatów może mieć wymaganą zdolność zwarciową, ale ich zaciski nie są przystosowane do przyłączenia przewodów o przekrojach większych od 35 mm². W takim przypadku należy odbiory zabezpieczane małogabarytowymi rozłącznikami bezpiecznikowymi (typu TYTAN, ILTS, R303 itd.) posekcjonować i zabezpieczać przejściowym zabezpieczeniem w postaci bezpieczników topikowych o większym prądzie – dla zmniejszenia narażeń zwarciowych. Bezpiecznik topikowy o większym prądzie znamiono-

Prąd znamionowy wkładki topikowej	(I ² t) _w	Prąd znamionowy wkładki topikowej	(I ² t) _w
A	A ² ·s	A	A ² ·s
6	193,6	125	104 000
10	640	160	185 000
16	1210	200	302 000
20	2500	250	557 000
25	4000	315	900 000
32	5750	400	1 600 000
40	9000	500	2 700 000
50	13 700	630	5 470 000
63	21 200	800	10 000 000
80	36 000	1000	17 400 000
100	64 000	1250	33 100 000

Tab. 4. Największe wartości całki Joule'a wyłączenia I²t_w dla bezpieczników topikowych ogólnego przeznaczenia o pełnozakresowej wartości wyłączenia gG [5]



Różnicówka EFI-P TYP A TO U NAS STANDARD



Nowoczesne urządzenia wymagają
nowoczesnych zabezpieczeń

ETI

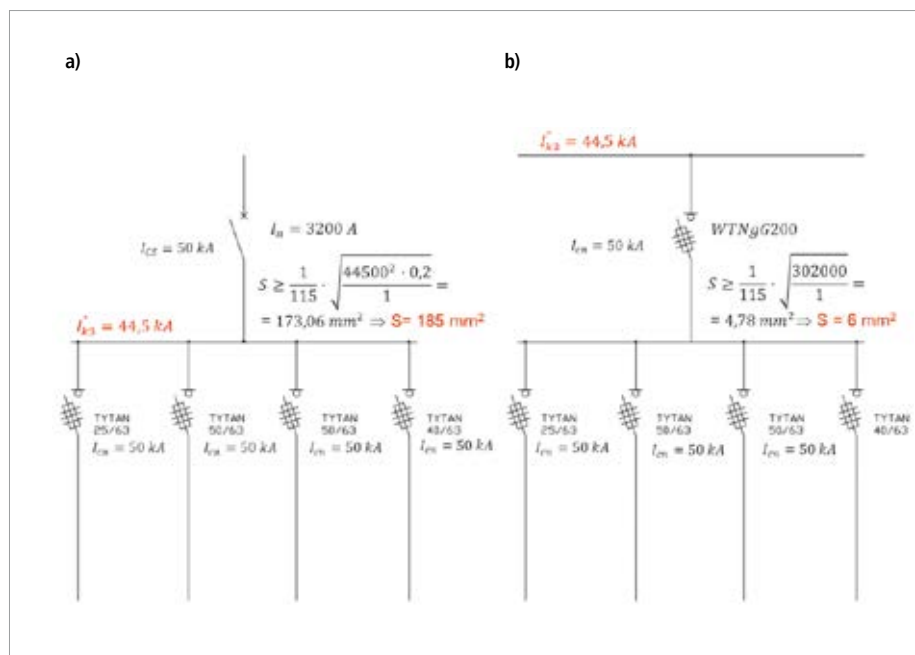
ACB

Wyłączniki powietrzne
EPL..., EPH...

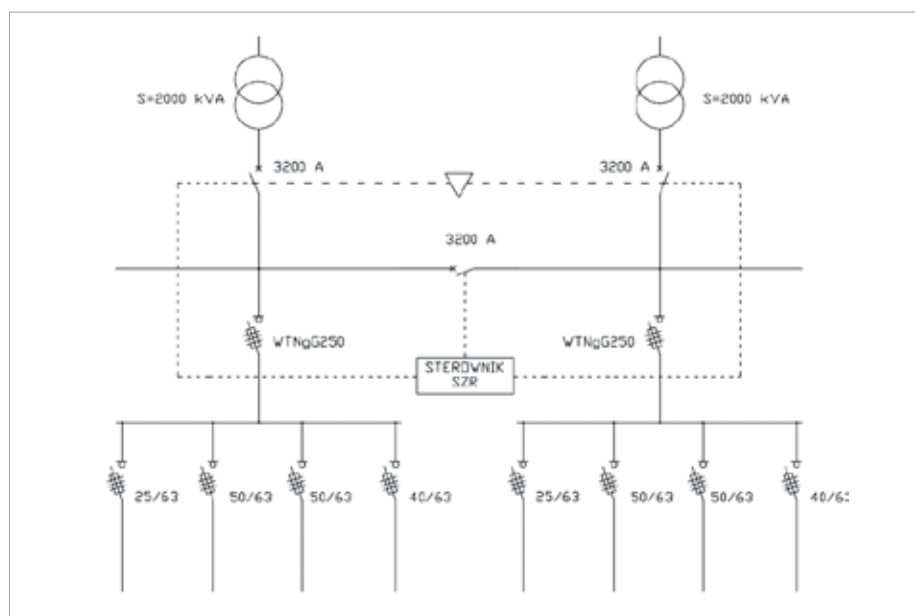


Follow us on:





Rys. 2. Metodyka zmniejszania narażeń zwarciovych dla zabezpieczeń odbiorników końcowych: a) przewody odbiorów końcowych, przyłączone do głównej szyny, b) przewody odbiorów końcowych poprzedzone zabezpieczeniem dzielącym na sekcje



Rys. 3. Schemat fragmentu układu Rozdzielniczy Głównej nn

wym niż prądy znamionowe zabezpieczeń zasilanych odbiorników pozwoli na wydzielenie sekcji zasilanych odbiorników o mniejszym narażeniu zwarciovym, ze względu na przepuszczaną całą Joule'a wyłączenia $I^2 t_w$, której wartości przedstawia **tabela 4**.

Zasadę zmniejszenia narażeń zwarciovych przy zabezpieczeniu sekcji zabezpieczeń odbiorczych poprzedzającym bezpiecznikiem topikowym wyjaśnia **rysunek 2**. Ponieważ metodyka prowadzenia obliczeń zwarciovych została szczegółowo opisana w rozdziale 5. „Poradnika projektanta elektryka” – J. Wiater, M. Orzechowski,

Grupa MEDIUM 2021, wydanie VI – w artykule ograniczymy się do zastosowań praktycznych.

I Przykład

Rozdzielnica Główna nn zasilana jest ze stacji dwutransformatorowej, pracującej w układzie rezerwy ukrytej, gdzie każdy transformator ma moc 2 MVA. Należy obliczyć prąd początkowy zwarcia oraz prąd udarowy i zastępczy prąd zwarcia cieplny na szynach głównych rozdzielnicy. Następnie dobrać przewody do odbiorów końcowych, o mocach określonych na **rysunku P1**.

Na podstawie tabeli 10.32 zamieszczonej w publikacji „Dobór przewodów i kabli elektrycznych niskiego napięcia oraz ich zabezpieczeń” – J. Wiater, Grupa Medium, Warszawa 2024 [5], parametry transformatora o mocy 2 MVA wynoszą:

$$R_T = 0,0007 \Omega; X_T = 0,0052 \Omega; R_T = 0,0053 \Omega$$

Prąd znamionowy zabezpieczenia głównego:

$$I_n \geq \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{2000000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 2890,18 \text{ kA} \Rightarrow I_n = 3200 \text{ A}$$

Początkowy prąd zwarcia symetrycznego na zaciskach transformatora wyniesie [7]:

$$I_{k3} = \frac{c_{\max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_T} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,0053} = 47987,79 \text{ A} \approx 48 \text{ kA}$$

Spodziewany prąd udarowy i_p [7]:

$$\begin{aligned} \kappa &= 1,02 + 0,98 \cdot \exp\left(-3 \frac{R_T}{X_T}\right) = \\ &= 1,02 + 0,98 \cdot \exp\left(-3 \frac{0,0007}{0,0052}\right) \approx 1,68 \\ i_p &= \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k3} = 1,68 \cdot \sqrt{2} \cdot 48 \approx 113,71 \text{ kA} \end{aligned}$$

Elektromagnetyczna stała czasowa obwodu zwarciovego T wyniesie [7]:

$$T = \frac{X_T}{\omega \cdot R_T} = \frac{0,0052}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot 0,0007} = 0,024 \text{ s}$$

Prąd zastępczy cieplny (czas trwania zwarcia $T_k = 0,2 \text{ s}$) [7]:

$$T_k = 0,2 \text{ s} < 10 \cdot T = 10 \cdot 0,024 = 0,24 \text{ s}$$

zatem:

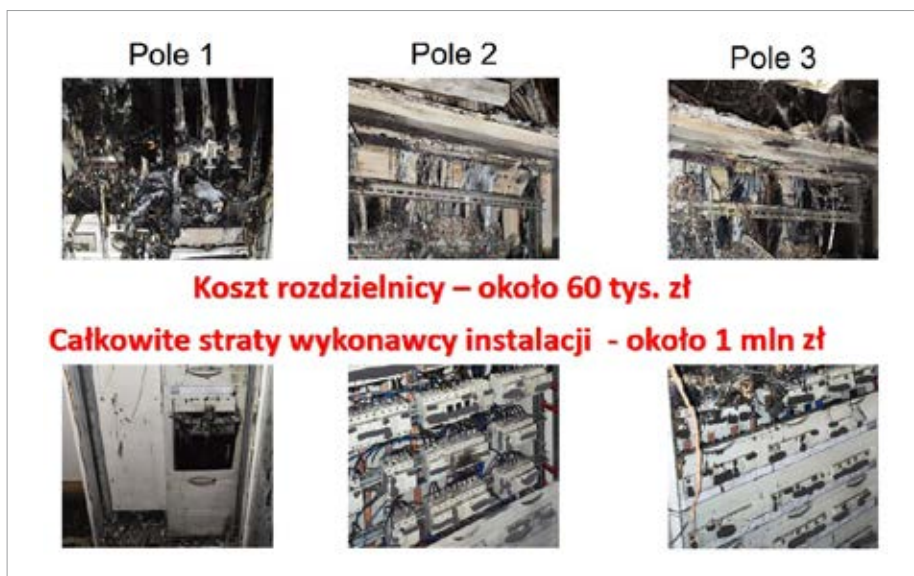
$$\begin{aligned} m &= \frac{T}{T_k} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2T_k}{T}}\right) = \frac{0,024}{0,2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 0,2}{0,024}}\right) \approx 0,12 \\ I_{th} &= I_k \cdot \sqrt{1 + m} = 48 \cdot \sqrt{1 + 0,12} = 50,80 \text{ kA} \end{aligned}$$

Wymagany przekrój przewodu łączącego szyny główne rozdzielnicy z zainstalowanymi rozłącznikami wyposażonymi w bezpieczniki topikowe wynosi:

$$\begin{aligned} S &\geq \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{I_{th}^2 \cdot T_k}{1}} = \\ &= \frac{1}{159} \cdot \sqrt{\frac{50800^2 \cdot 0,2}{1}} \geq 142,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

miedź goła: $T_{\max} = 200^\circ \text{C}$; $k = 159 \text{ A/mm}^2$ (tabela 4.4 [6]).

Zabezpieczenie sekcji, poprzedzające zabezpieczenia odbiorników zasilanych przez roz-



Koszt rozdzielnic – około 60 tys. zł

Całkowite straty wykonawcy instalacji - około 1 mln zł

Fot. 4. Skutki niepoprawnego doboru przewodów wewnątrz szaf rozdzielczych

dzielnicy: $WTN1gG250 \Rightarrow I^2 t_w = 557000 \text{ A}^2\text{s}$ (tabela 4.1 [6]).

Przewody łączące rozłączniki bezpiecznikowe typu TYTAN z rozłącznikiem zawierającym bezpieczniki WTNgG250:

$$S \geq \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\frac{I^2 t_w}{1}} = \frac{1}{115} \cdot \sqrt{\frac{557000}{1}} = 6,49 \text{ mm}^2 \Rightarrow S \geq 10 \text{ mm}^2$$

Ponieważ największy prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej, instalowanej w rozłącznikach typu TYTAN, wynosi 63 A – wymagany przekrój przewodów łączących zabezpieczenie WTNgG250 z rozłącznikami musi spełnić wymagania przedstawione poniżej.

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 [2], przewód o przekroju 25 mm^2 w izolacji XLPE, przy sposobie ułożenia B1, po uwzględnieniu współczynnika progresji k_p , uwzględniającego ułożenie przewodów w wiązce, spełni wymagania dopuszczalnej obciążalności prądowej i przeciążalności oraz odporności na prądy zwarciove [5]:

$$I_{z1} = \sqrt[3]{3} \cdot I_{z3} \cdot k_p = \sqrt[3]{3} \cdot 117 \cdot 0,45 \approx 75,93 \text{ A}$$

$$\tau_0 = 35^\circ$$

$$I_{z1/\tau=35^\circ\text{C}} = I_{z1} \cdot \sqrt{\frac{\vartheta_{\text{dop.}} - 35}{\vartheta_{\text{dop.}} - 30}} =$$

$$= 75,93 \cdot \sqrt{\frac{70 - 35}{70 - 30}} \approx 71,02 \text{ A}$$

$$I_z \geq \frac{I_n \cdot k_z}{1,45} = \frac{63 \cdot 1,6}{1,45} = 69,51 \text{ A} < I_{z1/\tau=35^\circ\text{C}} = 71,02 \text{ A}$$

Połączenia należy wykonać poprzez listwy zaciskowe.

Przy temperaturze 60°C , dopuszczalna długotrwała obciążalność pojedynczego przewodu spadnie do 50% wartości, określonej w normie [2]:

$$I_{z1/\tau=60^\circ\text{C}} = 75,9 \cdot \sqrt{\frac{70 - 60}{70 - 30}} \approx 37,95 \text{ A}$$

Należy zauważyć, że dotychczasowa dywagacja dotyczyła pojedynczego przewodu. Sytuacja diametralnie ulega pogorszeniu w przypadku wiązki przewodów, gdzie odprowadzanie ciepła jest znacznie słabsze – przy doborze przewodów układanych w wiązce należy korzystać ze współczynników korekcyjnych, podanych w normie [2], w zależności od sposobu ułożenia. Przykład lekceważenia opisanego problemu przedstawia **fotografia 4**.

I Literatura

1. Norma PN-EN IEC 61439 – 1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne*.
2. Norma PN-HD 60364-5-52: 2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*.
3. Norma PN-HD 60364-4-43: 2010 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym*.
4. Norma IEC 60287-3-1/A1:1999 *Electric cables. Calculation of the current rating. Part 3-1: Sections on operating conditions. Reference operating conditions and selection of cable type*.

UWAGA!

W artykule pt. „Jaki cel ma do spełnienia zapis pkt 2 art. 14 projektu nowelizacji ustawy o wyrobach budowlanych z 21 października 2025 roku?” [11], który został zamieszczony w numerze 3/2026, opisano zagrożenia dla szaf rozdzielczych, powodowane przez montaż baterii akumulatorów. Zagrożenia stwarzane przez akumulatory dotyczą zagrożenia wybuchowego oraz bardzo szybkiej utraty właściwości użytkowych – wskutek temperatury, jaka występuje wewnątrz szafy. Należy zwrócić uwagę, że PWP stanowi część rozdzielnic budynku, przez którą przepływa pełna moc zapotrzebowana przez budynek. Ponadto układ sterowania PWP musi spełniać wymagania wysokiej niezawodności. Przez udziwnianie, jakie oferują niektórzy certyfikowani prefabrykatorzy, oferowany produkt stanowi zaprzeczenie teorii eksploatacji i niezawodności urządzeń elektrycznych, którym bez wątpienia jest PWP.

5. E. Musiał, „Obciążalność cieplna oraz zabezpieczenia nadprądowe przewodów i kabli”, www.edwardmusial.info [dostęp: 1.04.2025].
6. J. Wiatr, „Dobór przewodów i kabli elektrycznych niskiego napięcia oraz ich zabezpieczeń”, Grupa MEDIUM, Warszawa 2026.
7. J. Wiatr, M. Orzechowski, „Poradnik projektanta elektryka”, wydanie VI, Grupa Medium, Warszawa 2021 (dodruk: 2023).
8. M. Orzechowski, „Rozdzielnice niskich napięć – wpływ temperatury na bezpieczeństwo eksploatacji rozdzielnic niskiego napięcia (zagadnienia wybrane) (część 1.)”, „elektro.info” 1-2/2024.
9. M. Orzechowski, „Rozdzielnice niskich napięć – wpływ temperatury na bezpieczeństwo eksploatacji rozdzielnic niskiego napięcia (zagadnienia wybrane) (część 2.)”, „elektro.info” 3/2024.
10. <https://partnerhub.connect.abb.com/>
11. Jaki cel ma do spełnienia zapis pkt 2 art. 14 projektu nowelizacji ustawy o wyrobach budowlanych z 21 października 2025 roku?, „elektro.info” 3/2026.
12. J. Wiatr, M. Orzechowski, P. Musielak, „Vademecum. Podstawy projektowania oraz odbiorów przeciwpożarowego wyłącznika prądu” – wydanie II, Grupa MEDIUM, Warszawa 2026.

Dołącz do grona klientów Schrack Technik!

SCHRACK
TECHNIK

Dołącz do tysięcy specjalistów!

Zarejestruj się w sklepie online, odbierz indywidualne rabaty cenowe, zamawiaj to czego potrzebujesz z dostawą w 24h!



Zarejestruj się
w sklepie online
KUP za 1 zł

ZESTAW PROMOCYJNY

12szt. wyłącznik nadmiarowo-prądowy B16 serii Amparo

Po pełnej rejestracji otrzymasz na **START**



Limit kupiecki

Na start do wydania 1100 zł brutto

Kompletny proces rejestracji daje od razu możliwość wykorzystania kredytu kupieckiego we wskazanej wysokości.



Indywidualne ceny

Bardzo atrakcyjne rabaty cenowe

Podczas rejestracji Twój opiekun przyzna Twojej firmie atrakcyjne rabaty. Po zalogowaniu do sklepu możesz je sprawdzić.



Darmowa dostawa 24h

Dla zamówień o wartości od 500 zł netto

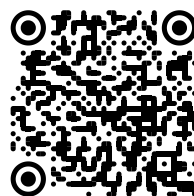
Dostawa w 24h dla produktów znajdujących się w magazynie w Polsce, kurierem lub do

InPost Paczkomat 24/7



Zarejestruj się w sklepie online

Zeskanuj kod QR
i dołącz do tysięcy
specjalistów z branży!



Get Ready. **Get Schrack.**
eprasa.pl 5b5d5ff93d

www.schrack.pl



GEWISS – aparatura modułowa w praktyce projektowej i instalacyjnej

W instalacjach elektrycznych wybór aparatury rzadko wynika wyłącznie z parametrów katalogowych. W praktyce liczy się coś innego: powtarzalność rozwiązań, wygoda pracy oraz pewność, że instalacja będzie działać stabilnie również po latach eksploatacji.

Z tego powodu wielu wykonawców i projektantów pozostaje przy sprawdzonych markach. Jednocześnie rosnące wymagania rynku – większa liczba odbiorników, ograniczona przestrzeń w rozdzielnicach czy potrzeba zapewnienia ciągłości pracy – powodują, że coraz częściej poszukiwane są rozwiązania, które wnoszą dodatkową wartość użytkową.

W tym kontekście warto przyjrzeć się bliżej aparaturze modułowej GEWISS.

Zaplecze technologiczne jako punkt wyjścia

GEWISS to włoski producent z ponad 50-letnim doświadczeniem, który rozwija swoje port-

folio w oparciu o własną produkcję i zaplecze badawcze. Aparatura modułowa wytwarzana jest m.in. w zakładzie w Portugalii, przejętym ponad 20 lat temu, co pozwala firmie zachować pełną kontrolę nad procesem produkcji i rozwoju produktów.

Istotnym elementem jest również własne laboratorium badawcze – jedno z największych w Europie – gdzie urządzenia są testowane pod kątem trwałości, bezpieczeństwa i pracy w różnych warunkach eksploatacyjnych.

W ostatnich latach GEWISS znacznie rozszerzył swoje kompetencje poprzez przejęcia firm Performance in Lighting, TVILIGHT oraz Beghelli. Dzięki temu oferta obejmuje dziś nie tylko aparaturę i osprzęt elektroinstalacyjny, ale również systemy oświetleniowe, rozwiązania smart lighting oraz elementy związane z bezpieczeństwem i zarządzaniem energią.

Aparatura modułowa – uporządkowane portfolio i praktyczne zastosowania

Oferta aparatury modułowej GEWISS została zbudowana w sposób czytelny i funkcjonalny, co ułatwia zarówno dobór na etapie projektu, jak i późniejszą realizację.

Wyłączniki nadprądowe – dopasowanie do warunków instalacji

W portfolio dostępne są rozwiązania przeznaczone do różnych zastosowań:

» standardowe wyłączniki nadprądowe do instalacji ogólnych,



Fot. 1. Wyłącznik różnicowoprądowy z oddzielnym pierścieniem toroidalnym

- » aparaty o podwyższonej zdolności zwarciowej – do środowisk przemysłowych,
- » wersje kompaktowe (seria MTC) – szczególnie przydatne w modernizacjach. Kompaktowa konstrukcja ma w tym przypadku wymiar praktyczny:
- » pozwala ograniczyć wielkość rozdzielnic,
- » umożliwia pozostawienie miejsca na dodatkowe obwody,
- » ułatwia rozbudowę istniejących instalacji bez konieczności ich przebudowy.

Wyłączniki różnicowoprądowe i różnicowonadprądowe

GEWISS oferuje pełen zakres wyłączników różnicowoprądowych:



Fot. 2. Wyłącznik różnicowoprądowy z członem nadprądowym MDC



Fot. 3. Wyłącznik różnicowoprądowy IDP

- » w typach AC, A, F oraz B,
- » o różnych wartościach prądów różnicowych, dostosowanych do współczesnych odbiorników (np. elektronika, pompy ciepła, instalacje ładowania pojazdów).

Uzupełnieniem są wyłączniki różnicowonadprądowe, które łączą funkcję zabezpieczenia nadprądowego i różnicowego w jednym aparacie. W praktyce przekłada się to na:

- » oszczędność miejsca w rozdzielnicach,
- » uproszczenie połączeń,
- » bardziej czytelną strukturę instalacji.

Rozwiązania konstrukcyjne ułatwiające pracę

Na etapie montażu i serwisu znaczenie mają detale konstrukcyjne:

- » podwójny zaczepek na szynę DIN – ułatwiający montaż i demontaż,
- » klapki opisowe – pozwalające szybko zidentyfikować obwody,
- » zabezpieczone zaciski – zwiększające bezpieczeństwo pracy,
- » rozwiązania upraszczające konserwację.

Są to elementy, które nie zawsze są widoczne w katalogu, ale mają bezpośredni wpływ na komfort pracy instalatora.



Fot. 4. Wyłącznik nadprądowy MT60 z blokiem różnicowoprądowym BD

ReStart – automatyka ponownego załączenia – praktyczne ograniczenie przestojów

Wśród rozwiązań uzupełniających uwagę zwraca system **ReStart**, przeznaczony do współpracy z wyłącznikami różnicowoprądowymi. Urządzenie:

- » po zadziałaniu zabezpieczenia analizuje stan instalacji,
- » w przypadku braku zagrożenia automatycznie przywraca zasilanie,
- » eliminuje część niepotrzebnych wyłączeń.

W praktyce oznacza to ograniczenie liczby interwencji serwisowych, szczególnie w obiektach,

REKLAMA

Marcin Orzechowski

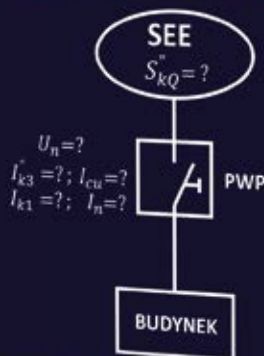
Julian Wiatr

Piotr Musielak

VADEMECUM

Metodyka projektowania oraz odbiorów przeciwpożarowego wyłącznika prądu

Wydanie uzupełnione i uaktualnione



VADEMECUM

Metodyka projektowania
oraz odbiorów
przeciwpożarowego
wyłącznika prądu

Nowe wydanie: rozszerzone i uzupełnione



Zamówienia:

eib@ksiegarniatechniczna.com.pl

www.ksiegarniatechniczna.com.pl

eprasa.pl 5b5d5ff93d



Fot. 5. ReStart RD z wyłącznikiem różnicowoprądowym

gdzie krótkotrwałe wyłączenia nie wynikają z rzeczywistych uszkodzeń instalacji. Dodatkowo:

- » sygnalizacja LED pozwala szybko ocenić stan urządzenia,
- » kompaktowa konstrukcja ułatwia zastosowanie w istniejących rozdzielnicach,
- » montaż jest uproszczony dzięki integracji z aparaturą zabezpieczającą.

Komplementarność oferty – spójność na etapie projektu i wykonania

Jednym z istotnych elementów oferty GEWISS jest jej systemowy charakter. Aparatura modułowa stanowi część większego ekosystemu produktów, obejmującego:

- » rozdzielnice i obudowy,
- » puszki instalacyjne i łączeniowe,
- » systemy prowadzenia kabli,
- » gniazda i wtyczki przemysłowe,
- » rozwiązania pomiarowe i elementy automatyki,
- » systemy oświetleniowe.

Rozdzielnice i puszki – rozwiązania ułatwiające organizację instalacji

Rozdzielnice:

- » dostępne w różnych konfiguracjach i rozmiarach,
- » wykonane z materiałów bezhalogenowych,
- » dostosowane do uporządkowanego prowadzenia aparatury.

Puszki łączeniowe serii 44 CE:

- » dostępne w wersjach IP44, IP55 i IP56,
- » przystosowane do różnych warunków środowiskowych,
- » zaprojektowane z myślą o szybkim montażu.



Fot. 6. ReStart Autotest PRO z wyłącznikiem różnicowoprądowym

System prowadzenia kabli – wsparcie na etapie montażu

Rury karbowane FK15:

- » charakteryzują się dobrą elastycznością,
- » umożliwiają łatwe prowadzenie instalacji w ścianach i podłogach,
- » mają ograniczony efekt pamięci kształtu, co ułatwia pracę,
- » spełniają wymagania norm i testów (m.in. GWT 960°C).

Dodatkowo dostępność różnych kolorów ułatwia identyfikację instalacji na etapie wykonania.

Jednolity system jako element optymalizacji projektu

W praktyce wiele instalacji powstaje z komponentów różnych producentów, co bywa źródłem problemów montażowych i organizacyjnych.

Możliwość wykorzystania rozwiązań jednego producenta:

- » upraszcza dobór urządzeń,
- » ogranicza ryzyko niekompatybilności,
- » poprawia czytelność całego systemu.

Dla projektanta oznacza to większą spójność założeń technicznych, a dla wykonawcy – bardziej przewidywalny przebieg prac instalacyjnych.

Dlaczego warto postawić na GEWISS?

GEWISS wpisuje się w obecne podejście do projektowania instalacji, w którym liczą się nie tylko parametry, ale również praktyka wykonawcza i późniejsza eksploatacja. To rozwiązania, które odpowiadają na realne wyzwania – od ograniczonej przestrzeni w rozdzielnicach,

po potrzebę łatwej rozbudowy i ograniczenia prac serwisowych.

Duże znaczenie ma przy tym spójność całego systemu. Oparcie instalacji na jednym producencie upraszcza proces projektowy i montażowy, a w codziennej pracy przekłada się na większą przewidywalność działania i mniej nieprzewidywanych problemów.

Za ofertą GEWISS stoją: europejska produkcja, doświadczenie oraz jakość potwierdzona badaniami – elementy, które mają znaczenie nie tylko na etapie wyboru, ale przede wszystkim w długoterminowej eksploatacji instalacji.

Równolegle widać rozwój obecności marki na rynku polskim – zarówno pod względem oferty, jak i dostępności. Pojawienie się produktów GEWISS w ofercie czołowych dystrybutorów pokazuje, że rozwiązania te zaczynają funkcjonować w praktyce rynkowej, a nie tylko na poziomie deklaracji.

W efekcie GEWISS staje się realną alternatywą w projektach, w których liczy się nie tylko cena, ale również jakość, dostępność i przewidywalność działania instalacji.

GEWISS

GEWISS Polska Sp. z o.o.

00-867 Warszawa, ul. Chłodna 51

tel. 22 299 44 42

gewiss-pl@gewiss.com

www.gewiss.com

ZASILACZE IMPULSOWE

zasilacze impulsowe KSE i K3SE



Producent: Breve Tufvassons Sp. z o.o.

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]:
KSE: 10/20/40/60/75/100/120/240/480;
K3SE: 240/480/960

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]:
KSE: 12/24/48; K3SE: 24/48

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:
KSE: 85–264 VAC, 140–340 VDC;
K3SE: 340–550 VAC, 480–780 VDC

Dopuszczalne przeciążenie, w [%/min]:

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
od 90×22,5×100 do 125,2×110×150

Masa całkowita, w [kg]: od 0,18 do 2,55

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]: –20~+60

Gwarancja, w [miesiącach]: 12

Uwagi techniczne:

Stabilizowane, przemysłowe zasilacze impulsowe na napięcie sieciowe przeznaczone do stosowania w systemach automatyki

przemysłowej. Wyposażone w sygnalizację załączenia i przeciążenia LED, chłodzone naturalnym przepływem powietrza. Montaż na szynie DIN T-35. Dodatkowo zasilacze KSE o mocy 240 W i 480 W wyposażone są w układ poprawy współczynnika mocy PFC. Zabezpieczenia: termiczne, zwarciovowe, przeciążeniowe i nadnapięciowe. Zgodność z normami: EN55032, EN55035, EN61000-3-2, EN61000-3-3, EN60950-1.



Dystrybutor: Breve Tufvassons Sp. z o.o.

93-347 Łódź, ul. Postępowa 25/27

tel. 42 640 15 39, faks 42 640 15 41

handel@breve.pl

www.breve.pl

zasilacze specjalistyczne KDR, KWR, KSRM



Producent: Breve Tufvassons Sp. z o.o.

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]:
KDR: 75/120/240/480/960;
KWR: 60/120/240/480

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]:
KDR: 12/24/48; KWR: 12/24/48; KSRM: 12/24

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:
KDR: 88–264 VAC, 124–370 VDC;
KWR: 180–550 VAC, 254–780 VDC; KSRM: 12/24

Dopuszczalne przeciążenie, w [%/min]:
KDR: 150% chwilowego obciążenia przez 3 sekundy

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
od 125,2×32×102 do 125,2×110×150

Masa całkowita, w [kg]: od 0,35 do 2,47

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]: –25~+70

Gwarancja, w [miesiącach]: 12

Uwagi techniczne:

KDR i KWR to stabilizowane zasilacze impulsowe na napięcie sieciowe, przeznaczone do stosowania w systemach automatyki

przemysłowej. Seria KDR oferuje chwilowe obciążenie do 150%. Seria KWR charakteryzuje się szerokim zakresem napięć zasilania AC. Montaż na szynie DIN T-35. Zabezpieczenia: termiczne, przeciążeniowe, nadnapięciowe i zwarciovowe. KSRM to moduły redundancyjne zapewniające ciągłość pracy systemów zasilania. Obsługują konfiguracje 1+1 oraz N+1. Oferują dwa warianty prądowe (20A i 40A).



Dystrybutor: Breve Tufvassons Sp. z o.o.

93-347 Łódź, ul. Postępowa 25/27

tel. 42 640 15 39, faks 42 640 15 41

handel@breve.pl

www.breve.pl

zasilacze impulsowe siatkowe BRS, BSP



Producent: Breve Tufvassons Sp. z o.o.

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]: KSE:
BRS: 25/35/50/75/100/150;
BSP: 75/100/150/200/320/500/750/1000/2000/2400/3000

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]: 5/12/24

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:
100–240 VAC, 140–340 VDC

Dopuszczalne przeciążenie, w [%/min]:

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
od 27×60×96 do 63,5×177,8×278

Masa całkowita, w [kg]: od 0,136 do 4

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]:
–25~+70 (z wyjątkiem modeli BRS025)

Gwarancja, w [miesiącach]: 12

Uwagi techniczne:

Stabilizowane, impulsowe zasilacze sieciowe przeznaczone do zastosowań w systemach automatyki przemysłowej. Charakteryzują

się ekonomiczną konstrukcją i kompaktowymi wymiarami (niska obudowa) oraz szerokim zakresem zabezpieczeń: OCP, OLP, OVP, OTP. Zasilacze BRS wyposażone są w potencjometr do regulacji napięcia wyjściowego. Zasilacze BSP oferują szeroki zakres mocy wyjściowej oraz możliwość pracy równoległej dla wybranych modeli, co pozwala na łatwe zwiększenie dostępnych zasobów zasilania.



Dystrybutor: Breve Tufvassons Sp. z o.o.

93-347 Łódź, ul. Postępowa 25/27

tel. 42 640 15 39, faks 42 640 15 41

handel@breve.pl

www.breve.pl

ZASILACZE IMPULSOWE

ZEM40-D-RS485



Producent: MERAWEX sp. z o.o.

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]: 50

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]: 27.1

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]: 184...264

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]: 38×123×100

Masa całkowita, w [kg]: ~0,45

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]: -25...70

Gwarancja, w [miesiącach]: 24

Uwagi techniczne:

Zasilacz przeznaczony jest do zasilania urządzeń elektrycznych i elektronicznych informatyki, automatyki przemysłowej i telekomunikacji, wymagających podtrzymania napięcia zasilania z zewnętrznej baterii akumulatorów w przypadku zaniku napięcia

z sieci elektroenergetycznej 230 V. Zasilacz ZEM40-D-RS485 pracuje w trybie pracy buforowej na wprost. Montowany jest na szynie DIN (TS35). Wyposażony w: sygnalizację stanu pracy, błędów, zimny start oraz komunikację RS-485.



Dystrybutor: MERAWEX sp. z o.o.

44-122 Gliwice, ul. Toruńska 8
tel. 32 239 94 00, 512 768 768
merawex@merawex.com.pl
www.merawex.com.pl

QUINT4-PS/1AC/24DC/20/+



Producent: Phoenix Contact

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]: 480

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]:
24 VDC ... 28 VDC (stała moc)

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:
100 VAC ... 240 VAC -15% ... +10%
110 VDC ... 250 VDC -18% ... +40%

Dopuszczalne przeciążenie, w [%/min]:
25 A (na stałe), 35 A (150% przez 5 s)

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
130×122×73

Masa całkowita, w [kg]: 1,3

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]:
-40°C ... 75°C (> 60°C krzywa redukcyjna: 2,5 %/K)

Gwarancja, w [miesiącach]: 24

Uwagi techniczne:

Czwarta generacja zasilaczy QUINT POWER w wersji plus: bezpieczeństwo funkcjonalne SIL3 zgodnie z IEC 61508, lakier ochronny i wbudowany tranzystor odsprężający Mosfet (możliwość łączenia bez dodatkowych modułów diodowych/mosfet). Progi sygnalizacji i charakterystyki można zmienić indywidualnie poprzez interfejs NFC. Prosta rozbudowa systemu, niezawodne uruchamianie dużych obciążeń i funkcja wyzwalania wyłączników nadprądowych (bez powodowania przysiadu napięcia dla podłączonych odbiorów).



Dystrybutor: Phoenix Contact Sp. z o.o.

51-317 Wrocław, ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
tel. 71 398 04 29
www.phoenixcontact.pl

TRIO3-PS/1AC/24DC/20/8C/



Producent: Phoenix Contact

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]: 480

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]:
24 VDC ... 28 VDC

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:
100 VAC ... 240 VAC -15% ... +10%

Dopuszczalne przeciążenie, w [%/min]: 50%/5 s

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
135×88×132

Masa całkowita, w [kg]: 1,16

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]:
-25°C ... 70°C (testowany start od -40°C)

Gwarancja, w [miesiącach]: 24

Uwagi techniczne:

Zasilacze TRIO POWER z wygodnymi zaciskami push-in. Kompak-

towa konstrukcja modeli 1- i 3-fazowych jest optymalnie dostosowana do wymagań producentów maszyn. Zaprezentowany model posiada wbudowane zabezpieczenia obwodów 24 VDC ustawialne w zakresie od 1 do 10 A i interfejs IO-Link. Wbudowane zabezpieczenia to oszczędność na osobnych wyłącznikach i cennego miejsca na szynie DIN. Dostępne modele z wyłącznikami i bez można znaleźć na stronie phoenixcontact.pl po wpisaniu w wyszukiwarce kodu #0497.



Dystrybutor: Phoenix Contact Sp. z o.o.

51-317 Wrocław, ul. Bierutowska 57-59
Budynek nr 3/A
tel. 71 398 04 29
www.phoenixcontact.pl

ZASILACZE IMPULSOWE

Pro2



Producent: WAGO

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]: 120–960

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]: 12, 24, 48

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:
1×90–264 VAC/130–240 VDC, 3×340–550 VAC

Dopuszczalne przeciążenie, w [%/min]:

PowerBoost (150%/5 s)

TopBoost (600%/15 ms)

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
130×50×130 (240 W), 130×120×130 (960 W)

Masa całkowita, w [kg]:

1,06 (1-f 240 W 24 V 10 A), 1,9 (1-f 960 W 24 V 40 A)

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]: od –25 do 70

Gwarancja, w [miesiącach]: 24

Uwagi techniczne:

Rodzina zasilaczy Pro 2 wyznacza nowe standardy w zakresie efektywności, niezawodności oraz inteligentnych funkcji i stanowi optymalny wybór do wymagających aplikacji High End. Dzięki sprawności sięgającej 96% zapewnia wysoką niezawodność in-

stalacji oraz pełną kontrolę nad obciążeniem DC. Zasilacze montowane są zatrzaskowo, a wtykany moduł komunikacyjny umożliwia ciągłą komunikację oraz zdalną konfigurację i przełączanie w tryb czuwania. Obsługa standardów IO-Link, Modbus RTU, Modbus TCP i EtherNet/IP™ zapewnia pełną integrację z systemami automatyki, stały wgląd w parametry pracy oraz wsparcie konserwacji prewencyjnej. Dostępne są również warianty do układów redundantnych z wbudowaną technologią MOSFET, zwiększające dyspozycyjność systemu.



Dystrybutor: WAGO ELWAG Sp. z o.o.

50-506 Wrocław, ul. Piękna 58a

tel. 71 360 29 70

wago.elwag@wago.com

www.wago.com

Eco 2



Producent: WAGO

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]: 30–960

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]: 24 VDC

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:
1×90–264 VAC, 3×340–550 VAC

Dopuszczalne przeciążenie, w [%/min]:

PowerBoost

3-fazowy: 150%/5 s

1-fazowy: 120%/5 s

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
130×50×130 (240 W), 130×125×130 (960 W)

Masa całkowita, w [kg]: zależna od modelu

0,8 (1-f 240 W 24 V 10 A), 2,0 (1-f 960 W 24 V 40 A)

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]: od –25 do 70

Gwarancja, w [miesiącach]: 24

Uwagi techniczne:

Zasilacz Eco 2 jest ekonomicznym rozwiązaniem przeznaczonym do standardowych zastosowań. Charakteryzuje się sprawnością sięgającą 95%, co zapewnia niskie straty mocy i długą żywot-

ność urządzenia. Zintegrowana funkcja PowerBoost umożliwia, w zależności od modelu, dostarczenie do 120% lub 150% prądu wyjściowego przez 5 sekund, co pozwala na krótkotrwałą kompensację skoków obciążenia oraz wyższych prądów rozruchowych bez wpływu na stabilność zasilania. Beznarzędziowa technika podłączania Push-in oraz zintegrowane dźwignie umożliwiają szybki i łatwy montaż. Stan pracy sygnalizowany jest za pomocą wyjścia DC OK (PhotoMOS) oraz diody LED.



Dystrybutor: WAGO ELWAG Sp. z o.o.

50-506 Wrocław, ul. Piękna 58a

tel. 71 360 29 70

wago.elwag@wago.com

www.wago.com

PROtop



Producent: Weidmüller

Znamionowa moc wyjściowa, w [W]: 72/120/240/960

Znamionowe napięcie wyjściowe dc, w [V]: dc 12/24/36/48

Znamionowe napięcie wejściowe, w [V]:

ac 85÷277/dc 80÷410 (1-f)

ac 3×320÷3×575/2×360÷2×575 (3-f)

lub dc 450÷800 (3-f)

Stopień ochrony IP obudowy: IP20

Wymiary zewnętrzne (wys.×szer.×gł.), w [mm]:
130×39×125 (240 W)
130×124×125 (960 W)

Masa całkowita, w [kg]:

1,05 (PRO TOP1 240 W 24 V 10 A)

3,4 (PRO TOP1 960 W 24 V 40 A)

Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]: od –25 do 70

Gwarancja, w [miesiącach]: 36

Uwagi techniczne:

Rodzina zasilaczy 1-f i 3-f, na szynę TS 35 o wysokiej sprawności 90% do 95,4% i wysokiej bezawaryjności MTBF > mln h. Przystosowane do pracy w trudnych warunkach przemysłowych: wilgot-

ność przy temperaturze pracy 5...100% bez kondensacji. Odporność na wibracje do 4g. Technologia DCL (dynamic current limiting), która dynamicznie dostosowuje czas podtrzymania (15 ms do 5 s) w zależności od wartości prądu szczytowego (600% I_n do 150% I_n). Wbudowany do zasilaczy Oring w technologii MOSFET pozwala łączyć nawet 5 zasilaczy bezpośrednio ze sobą. Wypożyczenie dodatkowe to moduły: CANopen i IO-Link. Umożliwia komunikację z zasilaczem, jego zdalne sterowanie i rejestrację parametrów pracy (U, I, temp., czas pracy) oraz ich podgląd na samym zasilaczu dzięki nowemu modułowi wyświetlacza.



Dystrybutor: Weidmüller Sp. z o.o.

00-876 Warszawa, ul. Ogrodowa 58

tel. 22 510 09 40, faks 22 510 09 41

biuro@weidmuller.com

www.weidmuller.pl

ERGOM – gwarantowana jakość połączenia

Branża elektroenergetyczna w Polsce – począwszy od wytwarzania, przez przesył i dystrybucję, po użytkowników końcowych – podlega obecnie dynamicznym zmianom, których motorem napędowym jest transformacja energetyczna. Zmiany te wymuszają na producentach osprzętu łączeniowego rozwiązania zapewniające gwarantowane i niezawodne połączenia poszczególnych elementów w tym systemie. ERGOM jako producent końcówek i łączników kablowych dostarcza rozwiązania, które spełniają powyższe kryteria.

I „Mały bohater”

Końcówki i łączniki kablowe są często niedocenianymi elementami, które zapewniają ciągłość pracy systemu elektroenergetycznego i jakość dostarczanej do odbiorców końcowych energii elektrycznej. Na rynku dostępnych jest wiele produktów, które nie zawsze są sprawdzone pod kątem jakości zastosowanych materiałów, rozwiązań konstrukcyjnych oraz spełnienia wymagań norm IEC, PN-EN czy UL potwierdzających trwałość i bezpieczeństwo połączeń.

W energetyce do przesyłu energii elektrycznej pomiędzy podstacjami lub podstacją a odbiorcą końcowym stosuje się kable z żyłami aluminium, które zakończone są za pomocą końcówek kablowych aluminium typu KRA lub aluminium-miedzianych typu KMA. Do dystrybucji energii elektrycznej wśród użytkowników końcowych stosuje się kable z żyłami miedzianymi zakończonymi różnego rodzaju miedzianymi końcówkami kablowymi, np. typu KDR czy KOR.

I Projektowanie i produkcja

Aby końcówka kablowa mogła niezawodnie pełnić swoją funkcję w systemie energetycznym, musi być właściwie zaprojektowana i wy-

konana z materiałów wysokiej jakości, które zapewnią stabilność parametrów mechanicznych i elektrycznych połączenia w całym cyklu życia końcówki. ERGOM projektuje końcówki na podstawie norm DIN, np. DIN46329 lub DIN46235, norm branżowych czy indywidualnej dokumentacji konstrukcyjnej klienta. Końcówki wykonywane są zawsze z aluminium elektrotechnicznego i miedzi elektrotechnicznej, które dostarczane są przez europejskich producentów, a ich jakość poświadczona jest stosownym certyfikatem.

W celu poprawy własności elektrycznych, zabezpieczenia powierzchni końcówki przed utlenianiem czy korozją elektrochemiczną końcówka kablowa miedziana lub aluminium może być pokrywana powłoką cynową nanoszoną galwanicznie. Jednorodna i odpowiednio dobrana grubość powłoki cynowej zapewni trwałość i niezawodność połączenia. Tak jak w przypadku aluminium i miedzi, również cyna stosowana w procesie galwanicznym pochodzi od europejskich dostawców, a jej jakość poświadczona jest stosownym świadectwem. W przypadku końcówek aluminium część rurowa może być wypełniona smarem kontaktowym i dodatkowo zaślepiona plastikową zatyczką zabezpieczającą

całą wnętrze końcówki przed utlenianiem podczas jej magazynowania.

I Pewność połączenia

Końcówka kablowa nie mogłaby pełnić swojej funkcji we właściwy sposób, gdyby nie została poprawnie zamontowana na żyłę kabla aluminium czy miedzianego. Gwarantowaną jakość połączenia zapewni zastosowanie odpowiednich narzędzi do zaprasowywania, które zapewniają odpowiednią wartość siły niezbędnej do wykonania pewnego połączenia pod względem mechanicznym i elektrycznym. Samo narzędzie byłoby niewiele warte bez matrycy, która jest zaprojektowana do danego typu narzędzia i danego typu końcówki w celu jej optymalnego zaprasowania na żyłę kabla. Przykładem takiego rozwiązania może być matryca KP22-MW zaprojektowana do zaprasowania końcówek AL DIN na żyłę aluminium okrągłej zagęszczonej klasy 2 lub matryca KP22-FL zaprojektowana do zaprasowania końcówek Cu w wykonaniu standardowym na żyłę miedzianą okrągłą klasy 5.

Jeżeli końcówka aluminium nie jest wypełniona smarem kontaktowym, np. typu SK-AL, wówczas przed jej zaprasowaniem należy ją nim



Rys. 1. Końcówka AL typu KRA



Rys. 2. Końcówka AL-Cu typu KMA



Rys. 3. Końcówka Cu typu KDR



Rys. 4. Końcówka Cu typu KOR

wypełnić. Smar ten posiada właściwości ściernicze i podczas zaciskania ma za zadanie usunąć tlenków aluminium powstałych na żyłę przewodu oraz w wewnętrznej powierzchni części rurowej końcówki.

Tlenki te posiadają właściwości izolacyjne i mogą spowodować wzrost rezystancji połączenia, co w efekcie skutkuje wzrostem strat energii i znacznym przyrostem temperatury połączenia. Dodatkowo podczas zaprasowywania końcówki smar ten, wypływając na zewnątrz, wypełnia puste przestrzenie w żyłach, ograniczając dostęp powietrza do wnętrza końcówki i żyły kabla.

I Badania i certyfikacja

Badania i certyfikacja końcówek kablowych pracujących w systemie energetycznym to pod-

stawowe elementy zapewniające bezpieczeństwo ich użytkowania oraz bezpieczeństwo samego systemu. Jest to szczególnie ważne w przypadku pracy w systemach odnawialnych źródeł energii, gdzie końcówka kablowa poddawana jest zmiennym obciążeniom o różnej wartości natężenia prądu powodującego nagrzewanie się połączenia. Właściwości mechaniczne i elektryczne końcówek kablowych AL, Cu czy AL-Cu, które będą pracowały w systemie energetycznym, muszą spełniać wymagania norm PN-EN IEC 61238-1-3:2020-01 oraz PN-EN IEC 61238-1-1:2020-06. Badania te obejmują pomiar rezystancji połączenia, pomiar przyrostu temperatury przy obciążeniu prądowym, wykonanie próby zwarciowej, pomiar wytrzymałości mechanicznej, tzw. pomiar siły zry-

wania. Na podstawie powyższych badań wystawiany jest certyfikat zgodności z normą, który pozwala na bezpieczne stosowanie końcówek w systemie energetycznym. Wysokiej jakości końcówki powinny zachować stabilność swoich parametrów podczas zmiennych warunków środowiskowych.

I Gwarantowane połączenie

Oferta firmy ERGOM jest rozwijana w kierunku dostarczenia klientowi wyrobów przygotowanych do zaspokojenia jego potrzeb technicznych. Przykładem takiego rozwiązania są końcówki aluminiowo-miedziane typu KMA o przekroju 400 mm², które zostały wprowadzone do oferty głównie na potrzeby wykonywania połączeń na farmach fotowoltaicznych. Końcówki te są wykonywane przy użyciu najnowszej technologii i spełniają wymagania norm pod kątem wytrzymałości mechanicznej i elektrycznej, co ma zagwarantować jak najwyższą sprawność i bezpieczeństwo użytkowania całego systemu, w którym zostały zastosowane.

Podsumowując, końcówki kablowe firmy ERGOM są w pełni przygotowane do zadań, jakie stawia przed nimi transformacja energetyczna.



Rys. 5. Certyfikat zgodności

ERGOM

**Zakład Aparatury Elektrycznej
Ergom Sp. z o.o.**

94-102 Łódź, ul. Nowe Sady 10
tel. 801 000 275, faks 42 689 33 99
bok@ergom.com
www.ergom.com

Produkcja końcówek kablowych w Europie – jakość kontra tani import

Rynek końcówek kablowych w Europie ulega dynamicznym zmianom. Rozwój sektora elektroenergetycznego, automatyki przemysłowej oraz infrastruktury transportowej generuje rosnące zapotrzebowanie na niezawodne komponenty łączeniowe. Wraz ze wzrostem popytu obserwuje się jednak również coraz większą konkurencję ze strony tanich, importowanych produktów, głównie z Azji. Choć cena jest istotnym czynnikiem rynkowym, w branży elektrotechnicznej decydujące znaczenie mają jakość, bezpieczeństwo i powtarzalność parametrów. To właśnie te elementy w coraz większym stopniu definiują pozycję producentów działających w Europie. W przypadku połączeń elektrycznych nie ma miejsca na kompromisy – nawet niewielkie odchylenia jakościowe mogą prowadzić do poważnych konsekwencji eksploatacyjnych. W praktyce oznacza to, że nawet element stanowiący ułamek wartości całej instalacji może decydować o jej trwałości i bezpieczeństwie działania.

Proces produkcyjny końcówek kablowych – standardy i technologie

Nowoczesna produkcja końcówek kablowych jest procesem wieloetapowym, wymagającym wysokiej precyzji i ścisłej kontroli na każdym etapie. Wytwarzanie obejmuje m.in. cięcie i formowanie elementów, obróbkę mechaniczną, procesy wyżarzania, obróbkę powierzchni oraz cynowanie, a następnie kontrolę wymiarową i testy mechaniczne. W praktyce przemysłowej poszczególne operacje realizowane są w ramach wyspecjalizowanych linii technologicznych, które umożliwiają utrzymanie wysokiej wydajności przy jednoczesnej kontroli parametrów jakościowych.

Istotnym elementem procesu produkcyjnego jest projektowanie geometrii końcówki kablowej, która musi zapewniać optymalne warunki do wykonania trwałego połączenia elektrycznego. Kluczowe znaczenie ma tu odpowiedni dobór średnicy tulei, grubości materiału oraz kształtu części zaciskowej. Nawet niewielkie od-

chylenia mogą skutkować pogorszeniem parametrów styku. Dlatego producenci coraz częściej rozwijają własne zaplecze konstrukcyjne oraz oprzyrządowanie, które pozwala kontrolować geometrię wyrobu już na etapie projektowania i wdrożenia produkcji.

W praktyce jakość połączenia zależy nie tylko od samej końcówki, ale również od zastosowanego narzędzia i technologii zacisku. Profesjonalni producenci rozwijają kompletne systemy połączeń, obejmujące zarówno końcówki, jak i specjalne narzędzia, co pozwala uzyskać powtarzalne parametry elektryczne i mechaniczne.

W ostatnich latach rośnie znaczenie automatyzacji. W praktyce coraz częściej pojedyncze zautomatyzowane stanowisko jest w stanie zastąpić kilka operacji manualnych, przy jednoczesnym wzroście wydajności i ograniczeniu błędów ludzkich. Automatyzacja nie tylko zwiększa powtarzalność, ale też poprawia bezpieczeństwo pracy i ogranicza straty materiałowe. Wysoki poziom precyzji jest szczególnie istotny w przypadku końcówek przeznaczonych do zastosowań w sieciach średniego i wysokiego napięcia, gdzie jakość połączenia ma bezpośredni wpływ na niezawodność całej instalacji.

I Certyfikacja i jakość

Certyfikacja wyrobów elektrotechnicznych stanowi podstawowy element zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania. Normy UL, IEC czy PN-EN definiują wymagania dotyczące zarówno materiałów, jak i procesu produkcyjnego oraz parametrów użytkowych.

W procesie certyfikacji kluczowe są badania potwierdzające trwałość i bezpieczeństwo połączeń. Obejmują one m.in. testy wytrzymałości mechanicznej (siły zrywania), pomiary rezystancji przejścia oraz badania nagrzewania w warunkach obciążenia prądowego. Wysokiej jakości końcówki muszą zachowywać stabilność parametrów w czasie, również przy zmiennych warunkach środowiskowych, takich jak podwyższona temperatura, wilgotność czy drgania. W praktyce badania te prowadzone są zarówno



na etapie wdrożenia produktu, jak i w ramach bieżącej kontroli jakości w produkcji seryjnej.

Końcówki kablowe stosowane są w wielu krytycznych obszarach – od energetyki zawodowej, przez przemysł ciężki, po systemy automatyki i transportu. W takich środowiskach każda niezgodność materiałowa może prowadzić do lokalnych przegrzań, iskrzenia, a w konsekwencji do awarii lub pożaru.

Brak certyfikacji, typowy dla tanich produktów importowanych, oznacza często brak potwierdzenia czystości miedzi, odpowiedniego procesu cynowania czy właściwej grubości ścianek. Dlatego kontrola dokumentacji technicznej oraz oznaczeń producenta stanowi kluczowy element polityki jakości w firmach instalacyjnych i projektowych. Coraz częściej zwraca się również uwagę na realną powtarzalność produkcji, której nie da się zweryfikować wyłącznie na podstawie dokumentacji dostarczanej przez producenta.

Europejska produkcja vs. importowane komponenty

Różnice pomiędzy produktami wytwarzanymi w Europie a importowanymi z Azji dotyczą przede wszystkim jakości surowców i powtarzalności procesu technologicznego. W przypadku europejskich producentów stosuje się miedź o wysokiej czystości (często powyżej 99,9%), co zapewnia bardzo dobrą przewodność elektryczną i stabilność parametrów. Równie

istotna jest przewidywalność materiału, która pozwala utrzymać stabilną geometrię wyrobu w procesie produkcji seryjnej.

Istotną rolę odgrywa również jakość procesów galwanicznych. Jednorodna i odpowiednio dobrana warstwa cynku lub cyny chroni materiał przed korozją oraz poprawia właściwości stykowe. W produktach niskiej jakości powłoki często są nierówne lub zbyt cienkie, co znacząco obniża trwałość połączenia. Proces galwanizacji należy do najbardziej wymagających i kosztownych etapów produkcji, zarówno pod względem technologicznym, jak i środowiskowym.

W praktyce różnice jakościowe przekładają się bezpośrednio na parametry pracy połączenia. Podwyższona rezystancja przejścia prowadzi do lokalnego wzrostu temperatury, co może skutkować degradacją izolacji przewodu, luzowaniem połączenia, a nawet powstaniem łuku elektrycznego. Zjawiska te często ujawniają się dopiero po pewnym czasie eksploatacji, co utrudnia diagnostykę i zwiększa koszty serwisowe.

Rodzaje końcówek kablowych i ich zastosowanie

W zależności od aplikacji stosuje się różne typy końcówek kablowych. Najczęściej wykorzystywane są końcówki miedziane (Cu), przeznaczone do przewodów miedzianych, oraz aluminiowe (Al), stosowane przede wszystkim w energetyce.

W przypadku konieczności łączenia przewodów miedzianych z aluminiowymi stosuje się końcówki bimetaliczne, które eliminują ryzyko korozji elektrochemicznej i zapewniają stabilność połączenia w długim okresie eksploatacji.

Istotną grupę stanowią również tulejki kablowe wykorzystywane w instalacjach niskonapięciowych i automatyce. Ich zadaniem jest uporządkowanie żył przewodu oraz zapewnienie równomiernego i bezpiecznego zacisku w zaciskach aparatury elektrycznej. W praktyce ich jakość ma bezpośredni wpływ na trwałość połączeń w rozdzielnicach i systemach sterowania.

Dobór odpowiedniego typu końcówki ma kluczowe znaczenie dla trwałości połączenia i powinien uwzględniać zarówno materiał przewodu, jak i warunki pracy instalacji.

Innowacyjność i rozwój technologiczny

Europejski sektor elektrotechniczny konsekwentnie inwestuje w innowacje, które pozwalają zwiększyć efektywność i bezpieczeństwo



Producent w praktyce – europejskie podejście do niezawodnych połączeń

Końcówki kablowe należą do najmniejszych elementów instalacji elektrycznych, jednak to od nich zależy bezpieczeństwo i niezawodność całego systemu. W warunkach rosnącej presji cenowej oraz napływu taniego importu kluczowe znaczenie zyskuje kontrola nad procesem produkcyjnym. Wizyta w zakładzie ERKO pokazuje, jak w praktyce powstają te komponenty i co realnie decyduje o ich trwałości.

Rozmowy o parametrach i standardach często pozostają na poziomie deklaracji. Dopiero wejście na halę produkcyjną pozwala zobaczyć, co faktycznie stoi za pojęciami takimi jak powtarzalność czy zgodność z normami. W przypadku ERKO – polskiego producenta z ponad 40-letnim doświadczeniem – produkcja końcówek kablowych okazuje się procesem znacznie bardziej złożonym, niż sugerowałby gotowy produkt.

I Produkcja bez kompromisów

ERKO od lat rozwija własne technologie w zakresie osprzętu elektroinstalacyjnego i narzędzi do obróbki przewodów. Kluczowe jest tu podejście systemowe – firma nie dostarcza pojedynczych elementów, lecz kompletne rozwiązania.

W praktyce oznacza to, że oprócz końcówek kablowych oferowane są także specjalne narzędzia: matryce, praski oraz wsparcie w doborze odpowiednich komponentów. Co więcej, oprócz standardowej produkcji firma specjalizuje się również w wykonaniach nietypowych – realizowanych według dokumentacji klienta lub na podstawie autorskich projektów. To istotne, ponieważ poprawność zaprasowania zależy m.in. od właściwego dopasowania przekroju żyły kabla do końcówki i narzędzia – a to bezpośrednio wpływa na trwałość i bezpieczeństwo połączenia.

Takie podejście ogranicza ryzyko błędów montażowych i zwiększa przewidywalność parametrów eksploatacyjnych.

I Rozwiązujemy problemy klientów – 40 lat doświadczenia w praktyce

„W ERKO wierzymy, że kluczem do sukcesu jest nie tylko dostarczanie produktów, ale przede wszystkim rozwiązywanie realnych problemów naszych klientów. Od ponad 40 lat zbieramy doświadczenie, które pozwala nam nie tylko reagować na potrzeby rynku, ale aktywnie kształtować je poprzez innowacyjne rozwiązania. Naszym wyróżnikiem jest kompleksowe podejście do każdego projektu. Posiadamy własnych konstruktorów i technologów, którzy pracują nad dopasowaniem rozwiązań do specyficznych wymagań. Dzięki własnemu Centrum Badawczo-Rozwojowemu (CBR) oraz działowi jakości, zapewniamy, że każde rozwiązanie jest dokładnie przemyślane i spełnia najwyższe standardy” – mówi Piotr Pętlak – prezes ERKO.

ERKO wyróżnia się na rynku dzięki produkcji końcówek nietypowych, które stanowią precyzyjną odpowiedź na indywidualne i najbardziej wymagające potrzeby klientów. Dzięki własnemu zapleczu produkcyjnemu oraz zintegrowanemu zespołowi doświadczonych konstruktorów, technologów i specjalistów z działu jakości, firma jest w stanie zaprojektować i wykonać komponenty o unikalnej specyfikacji, zapewniające najwyższy poziom niezawodności oraz bezpieczeństwa. Możliwości ERKO wykraczają daleko poza standardowe rozwiązania, obejmując produkcję końcówek o specyficznych kształtach, niestandardowych przekrojach oraz ściśle określonych zastosowaniach. Kluczowym atutem firmy jest również elastyczność w doborze materiałów; dotychczasowe realizacje obejmują nie tylko komponenty ze stali nierdzewnej czy czystego srebra, ale także zaawansowane rozwiązania z miedzi wzbogacone powłokami ni-

klowymi, posrebrzonymi oraz pozłacanymi. Tak szerokie spektrum kompetencji pozwala ERKO dostarczać produkty idealnie dopasowane do ekstremalnych warunków pracy i najbardziej rygorystycznych norm technicznych.

Importerzy nie oferują takich rozwiązań – ich oferta ogranicza się do gotowych, standardowych produktów. To także wyróżnia ERKO jako producenta, potrafiącego dostarczyć rozwiązania w pełni dopasowane do wymagań klienta, zapewniając im pełną kontrolę nad doborem komponentów. Każda końcówka, zwłaszcza nietypowa, przechodzi szczegółową kontrolę jakości, co gwarantuje najwyższe standardy.

I Pomagamy w automatyzacji procesów

Firma nie ogranicza się tylko do produkcji komponentów. ERKO pomaga swoim klientom w automatyzacji linii produkcyjnych i dostosowywaniu maszyn do ich unikalnych potrzeb. Zespoły inżynierskie i technologiczne tworzą maszyny, które optymalizują procesy produkcyjne i zwiększają efektywność. Dzięki wiedzy i doświadczeniu, firma projektuje rozwiązania, które naprawdę robią różnicę.

„Doskonałym przykładem takiej inżynierii jest nasz automat do wiązek kablowych, pracujący w pełnym cyklu automatycznym. Maszyna ta w jednym procesie precyzyjnie odizolowuje przewód, nakłada na niego odpowiednią końcówkę, a następnie ją zaprasowuje. Taka integracja operacji w obrębie jednego urządzenia pozwala na uzyskanie pełnej kontroli nad parametrami technicznymi, co przekłada się na bezkompromisową jakość i powtarzalność każdego połączenia. Rozwiązania, które proponujemy, to więcej niż tylko technologia – to pełne wsparcie w dostosowywaniu systemów do wymagań klienta, by maksymalizować efektywność, minimalizować błędy i zwiększać niezawodność” – podkreśla Maciej Michałowski – kierownik produkcji w ERKO.

I System zamiast produktu

Na rynku europejskim wyraźnie widać odejście od traktowania końcówek kablowych jako pojedynczego produktu. Coraz większe znaczenie mają kompletne systemy połączeń.

ERKO wpisuje się w ten trend, rozwijając rozwiązania wykorzystywane m.in. w energetyce, kolejnictwie, przemyśle morskim, lotnictwie, energetyce jądrowej, automatyce czy fotowoltaice.

Produkcja oparta na zautomatyzowanych liniach technologicznych oraz rozbudowanych systemach kontroli pozwala firmie utrzymać wysoką powtarzalność przy jednoczesnej skalowalności procesów. Równolegle ERKO intensywnie rozwija własne zaplecze badawcze – zarówno poprzez specjalne Centrum Badawczo-Rozwojowe, jak i ścisłą współpracę z Instytutem Energetyki oraz Polską Izbą Gospodarczą Elektrotechniki (PIGE). Zaangażowanie w struktury Izby ma charakter strategiczny: Prezes ERKO, Piotr Pętlak, jako Wiceprezes PIGE, aktywnie współtworzy rygorystyczne standardy bezpieczeństwa i jakości produktów elektrycznych na polskim



Galwanizowanie to jeden z najbardziej wymagających i kosztownych procesów – związany m.in. z koniecznością kontrolowania ścieków technologicznych i pracy w ściśle nadzorowanych warunkach

produkcji. Wykorzystanie nowych stopów metali, technologii laserowych czy zaawansowanych powłok antykorozyjnych podnosi trwałość końcówek i ich odporność na działanie czynników środowiskowych.

Równolegle rozwijane są systemy analizy danych produkcyjnych i kontroli jakości w czasie rzeczywistym. Integracja automatyki przemysłowej z oprogramowaniem klasy MES i SCADA umożliwia pełne śledzenie parametrów produkcji oraz identyfikowalność partii wyrobów. Coraz większe znaczenie ma także integracja systemów produkcyjnych z narzędziami cyfrowymi wspierającymi zarządzanie logistyką i dystrybucją.

Współczesne rozwiązania obejmują także rozwój technologii zaciskania. Nowoczesne narzędzia wyposażone są w czujniki siły oraz systemy monitorujące poprawność wykonania połączenia, co pozwala na eliminację błędów montażowych i zapewnia wysoką powtarzalność procesu. W kontekście idei Industry 4.0 branża dąży również do ograniczenia zużycia energii i materiałów, m.in. poprzez optymalizację procesów produkcyjnych oraz wykorzystanie surowców wtórnych.

I Znaczenie lokalnej produkcji

Utrzymanie produkcji końcówek kablowych w Europie ma wymiar strategiczny. Krótsze łańcuchy dostaw oznaczają większą stabilność logistyczną oraz mniejsze ryzyko przerw w dostępności komponentów. Lokalna produkcja umożliwia także ścisłą kontrolę jakości oraz szybsze reagowanie na potrzeby rynku. Dodatkowo pozwala na pełną kontrolę nad procesem technologicznym – od surowca po gotowy wyrób – co ma kluczowe znaczenie dla utrzymania powtarzalności produkcji.

W dobie rosnącej presji cenowej kluczowe znaczenie ma świadomość techniczna projektantów i wykonawców. Wybór certyfikowanych produktów pochodzących z kontrolowanych źródeł to nie tylko kwestia zgodności z normami, ale przede wszystkim realna gwarancja bezpieczeństwa użytkowników oraz trwałości infrastruktury. Oznacza to odejście od kryterium najniższej ceny na rzecz podejścia oparteo na analizie całkowitego kosztu użytkowania (TCO), uwzględniającego niezawodność, trwałość oraz koszty ewentualnych awarii. Ostatecznie to jakość wykonania i powtarzalność parametrów decydują o tym, czy instalacja będzie funkcjonować bezpiecznie przez lata, czy stanie się źródłem kosztownych problemów eksploatacyjnych.



Narzędzia do obróbki kabli

Narzędzia dla elektryków



Perfekcyjne zagniatanie



Precyzyjne ściąganie izolacji



Bezpieczne cięcie

rynku. Działania te sankcjonuje Uchwała Nr 1/2026 Zarządu PIGE z dnia 18 lutego 2026 r., która określa zasady monitoringu wyrobów w sprzedaży detalicznej i hurtowej.

Proces ten realizuje specjalny Zespół ds. Bezpieczeństwa i Jakości, powołany w ramach statutowych obowiązków Izby. Dzięki bezpośredniemu wpływowi na eliminowanie z obrotu produktów niespełniających norm, ERKO może skutecznie testować nowe materiały i technologie w oparciu o najwyższe standardy etyczne i techniczne. Tak silna obecność w zarządzie PIGE pozwala firmie nie tylko reagować na zmiany, ale realnie kształtować bezpieczną przyszłość całej branży elektrotechnicznej.

Pełna treść uchwały oraz szczegóły dotyczące monitoringu rynku dostępne są pod poniższym linkiem lub po zeskanowaniu kodu QR:



Od surowca do gotowego rozwiązania

Proces produkcyjny rozpoczyna się od taśm i rur miedzianych, które poddawane są wykrawaniu i formowaniu. Następnie elementy trafiają do obróbki powierzchniowej – obejmującej m.in. wibrościeranie, mycie i suszenie.

Kolejne etapy to lutowanie lutem srebrnym oraz galwanizacja, czyli pokrywanie warstwą cyny zabezpieczającą przed korozją i stabilizującą parametry elektryczne. To jeden z najbardziej wymagających i kosztownych procesów – związany m.in. z koniecznością kontrolowania ścieków technologicznych i pracy w ściśle nadzorowanych warunkach.

Istotne znaczenie mają również właściwości materiałów. Przykładem jest aluminium, które bardzo szybko utlenia się po cięciu, co może pogarszać przewodność.

Własne know-how i automatyzacja

Jednym z wyróżników ERKO jest samodzielne projektowanie i budowa oprzyrządowania produkcyjnego. Firma rozwija własne narzędzia, systemy automatyzacji oraz stanowiska zrobotyzowane.

Automatyzacja obejmuje m.in. roboty wyposażone w systemy wizyjne, które wspierają precyzyjne operacje montażowe i kontrolę parametrów. Dzięki temu możliwe jest zwiększenie wydajności przy jednoczesnym utrzymaniu stabilnych standardów produkcyjnych.

To podejście pozwala także szybko reagować na potrzeby rynku oraz realizować rozwiązania niestandardowe – dopasowane do konkretnych zastosowań i specyficznych przekrojów kabli.

Materiał ma znaczenie

Jednym z kluczowych wątków poruszanych podczas wizyty była kwestia powtarzalności materiałów. W praktyce to właśnie stabilność parametrów decyduje o tym, czy możliwe jest utrzymanie jednolitej produkcji.

„Dlatego ERKO opiera się głównie na dostawcach europejskich. W przypadku materiałów spoza Europy problemem bywa nie tylko ich jakość, ale przede wszystkim zmienność parametrów, która utrudnia kontrolę procesu” – mówi Maciej Michałowski.



Lokalna produkcja pozwala na pełną kontrolę procesu, skrócenie łańcuchów dostaw i szybsze reagowanie na potrzeby klientów

Różnice między produktami często nie są widoczne na etapie zakupu, lecz ujawniają się w trakcie eksploatacji – w postaci wzrostu rezystancji, nagrzewania czy spadku trwałości. W tym kontekście istotna jest również wiarygodność certyfikatów oraz realna kontrola surowca.

Produkcja to także odpowiedzialność

Każdy etap produkcji nadzorowany jest przez technologów, a gotowe wyroby poddawane są testom mechanicznym i elektrycznym. Sprawdzana jest m.in. wytrzymałość, przewodność oraz odporność środowiskowa. Równie istotna jest logistyka i identyfikacja produktów. W przypadku współpracy z platformami e-commerce, takimi jak Amazon, wymagania dotyczące oznaczeń są bardzo restrykcyjne. Błędy w etykietowaniu mogą skutkować odrzuceniem całych partii.

Produkcja w Polsce jako strategia

Utrzymanie produkcji w kraju to nie tylko kwestia logistyki, ale świadoma strategia rozwoju. Kluczową wartością jest tu know-how – budowane przez ponad 40 lat doświadczenie własnych konstruktorów i technologów oraz rozwój kompetencji inżynierskich.

Lokalna produkcja pozwala na pełną kontrolę procesu, skrócenie łańcuchów dostaw i szybsze reagowanie na potrzeby klientów. Jednocześnie wzmacnia zaplecze technologiczne i umożliwia dalszy rozwój innowacyjnych rozwiązań.

Rozwój i zastosowania

Rozwiązania ERKO znajdują zastosowanie nie tylko w standardowych instalacjach, ale także w zaawansowanych projektach technologicznych – od lotnictwa, przez serwerownie, po elektromobilność i energetykę offshore. Firma rozwija nowe typy końcówek, m.in. do zastosowań transformatorowych oraz połączeń o wysokiej obciążalności prądowej. Równolegle inwestuje w rozwój kadry oraz współpracę z uczelniami technicznymi.

Mały element, duża odpowiedzialność

Końcówki kablowe stanowią niewielką część wartości całej instalacji, ale ich znaczenie jest kluczowe. Oszczędności na tym etapie mogą prowadzić do poważnych konsekwencji – od awarii po zagrożenia pożarowe. Wizyta w ERKO pokazuje, że niezawodność jest wynikiem kontroli nad każdym etapem – od surowca, przez technologię, aż po gotowy produkt.

KOŃCÓWKI KABLOWE I ZŁĄCZA ELEKTROENERGETYCZNE

Producent			
	ERKO sp. z o.o. sp. k. 11-042 Jonkowo (k. Olsztyna), ul. Lipowa 24 tel./faks +48 89 512 92 73 erko@erko.pl www.erko.pl		
Kraj produkcji	Polska		
Oznaczenie katalogowe	KOE	KCS	TE
			
Parametry techniczne			
Rodzaj końcówki/złącza	oczkowa	rurowa	tulejkowa
Materiał wykonania	miedź cynowana galwanicznie	miedź cynowana galwanicznie, niecynowane na zamówienie	miedź cynowana galwanicznie, wykonanie wg DIN 46228 cz.4
Zakres przekrojów przewodów [mm²]	0,5–120	2,5–400	0,14–150
Rodzaj powłoki ochronnej	cyna	IP11	cyna
Proces produkcyjny	cięcie, tłoczenie, wykrawanie, proces galwaniczny, wtrysk izolacji, montaż	cięcie, tłoczenie, wykrawanie, proces galwaniczny	cięcie, wtrysk izolacji, proces galwaniczny
Zakres temperatur pracy [°C]	od –40 do 125	od –40 do 125	do 105
Napięcie znamionowe [V]	1000	1000	1000
Prąd znamionowy [A]	≥ dla danego przekroju kabla, jaki podaje producent	≥ dla danego przekroju kabla, jaki podaje producent	≥ dla danego przekroju kabla, jaki podaje producent
Odporność na korozję/środowisko	tak	tak	tak
Sposób montażu	zapasowanie na kablu, szyna zbiorcza – śruba	zapasowanie na kablu, szyna zbiorcza – śruba	zapasowanie na kablu, zacisk śrubowy
Rodzaj izolacji (jeśli dotyczy)	poliamidowa	brak	polipropylenowa
Stopień ochrony (IP/IK)	IP 11	IP11	IP11
Wymiary (dł.xszer.xwys.) [mm]	1,6–3,6×0,8–1×17–22	0,95–3,51×2,3–271×8–92	0,2×2,8–8,8×17–24
Trwałość połączenia/liczba cykli łączenia	25 lat	25 lat	25 lat
Dostępne warianty/ kolory/ oznaczenia	oczko pod śrubę M4 do M16 kolory żółty, czerwony, niebieski	wielkość oczka M4 do M20	kolory według DIN46228 cz.4
Informacje dodatkowe			
Uwagi techniczne	kończówki oczkowe do kabli miedzianych wielodrutowych, dostępne w wersjach 0,5–120 mm², wykonanie tulejki zgodnie z DIN 46234	kończówki rurowe do kabli miedzianych wielodrutowych, dostępne w wersjach o przekroju od 2,5 do 400 mm²	kończówki tulejkowe do kabli miedzianych wielodrutowych, z izolacją polipropylenową, dostępne w wersjach o przekroju od 0,14 do 150 mm², trwałość termiczna: do 105°C
Zgodność z normami	DIN 46234	PN-EN 61238-1:2004	DIN46228 cz.4
Certyfikaty i aprobaty	ISO9001, ISO14001	ISO9001, ISO14001, certyfikat UL	ISO9001, ISO 14001

Dane zamieszczone w zestawieniu zostały nadesłane i zautoryzowane przez firmy

KOŃCÓWKI KABLOWE I ZŁĄCZA ELEKTROENERGETYCZNE

Producent	Zakład Aparatury Elektrycznej Ergom Sp. z o.o. 94-102 Łódź, ul. Nowe Sady 10 tel. 801 000 275, faks 42 689 33 99 bok@ergom.com www.ergom.com			RDL S.A. ul. Batorego 14 77-300 Człuchów tel. 59 834 22 71 faks 59 834 25 51 rdl@rdlcs.eu https://rdlcs.eu/
Kraj produkcji	Polska			Polska
Oznaczenie katalogowe	KMA	KOR	KRA, KRAC	2 KAM/DKA/ZSSN
Parametry techniczne				
Rodzaj końcówki/złącza	rurowa	rurowa	rurowa	oczkowa/rurowa/nieizolowana
Materiał wykonania	miedź Cu-ETP/aluminium	miedź Cu-ETP	aluminium	aluminium A1
Zakres przekrojów przewodów, w [mm ²]	16–400	0,75–625	16–400 (KRA), 16–300 (KRAC)	16–240
Rodzaj powłoki ochronnej	brak	cynowanie	brak (KRA), cynowanie (KRAC)	cynowanie
Proces produkcyjny	automatyczny/ręczny	automatyczny/ręczny	automatyczny/ręczny	zautomatyzowany
Zakres temperatur pracy, w [°C]	< 90	< 90	< 90	od –40 do 120
Napięcie znamionowe, w [V]	1–36 kV dla końcówek o przekroju 25–400 mm ² oraz poniżej 1 kV dla końcówek o przekroju 16 mm ²	1–36 kV dla końcówek o przekroju 10–240 mm ² oraz poniżej 1 kV dla końcówek do 10 mm ²	1–36 kV dla końcówek o przekroju 16–400 mm ²	1 kV/36 kV
Prąd znamionowy, w [A]	zgodnie z obciążalnością żyły kabla	zgodnie z obciążalnością żyły kabla	zgodnie z obciążalnością żyły kabla	nie dotyczy
Odporność na korozję/środowisko	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	cynowane
Sposób montażu	zapasowanie	zapasowanie	zapasowanie	zapasowanie, śrubowe
Rodzaj izolacji (jeśli dotyczy)	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	brak
Stopień ochrony (IP / IK)	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	IP54/IK07
Wymiary (dł.xszer.xwys.), w [mm]	zgodnie z kartą katalogową producenta	zgodnie z kartą katalogową producenta	zgodnie z kartą katalogową producenta	nie dotyczy
Trwałość połączenia/liczba cykli łączenia	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
Dostępne warianty/ kolory/ oznaczenia	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
Informacje dodatkowe				
Uwagi techniczne	końcówka oczkowa szczelna Al-Cu, część zaciskana wg DIN; smar kontaktowy w części rurowej końcówki zakończonej plastikową zaślepką; rozmiar zacisku oraz nr matrycy zaciskowej na części zaciskanej; wytrzymałość mechaniczna klasa 1; wytrzymałość na zwarcia klasa A dla przekroju 25–400 mm ²	końcówka oczkowa Cu w wersji standard z pokryciem galwanicznym cyną; wytrzymałość mechaniczna klasa 1; wytrzymałość na zwarcia klasa A dla końcówek o przekroju 10–240 mm ² ; pozytywny wynik badań na zgodność z normą dla okrągłych żył Cu 2 klasy	końcówka oczkowa szczelna Al w/g DIN, bez pokrycia galwanicznego cyną (KRA) lub cynowana (KRAC); smar kontaktowy w części rurowej końcówki zakończonej plastikową zaślepką; wytrzymałość mechaniczna klasa 1; wytrzymałość na zwarcia klasa A	końcówki i złączki aluminiowe, zgodne z DIN 46329, dostępne w wersjach 16–240 mm ² ; zwiększają bezpieczeństwo i trwałość połączenia
Zgodność z normami	PN-EN IEC 61238-1-1:2020-06 PN-EN IEC 61238-1-3:2020-01 DIN 46329 – dotyczy średnic aluminiowej części rurowej	PN-EN IEC 61238-1-1:2020-06 PN-EN IEC 61238-1-3:2020-01	PN-EN IEC 61238-1-1:2020-06 PN-EN IEC 61238-1-3:2020-01 DIN 46329	EN 61238
Certyfikaty i aprobaty	RoHS, REACH, IEN (dla końcówek o przekroju 25–400 mm ²)	RoHS, REACH, PRS, UL (zgodnie z tabelą karty katalogowej), IEN (dla końcówek o przekroju 10–240 mm ²)	RoHS, REACH, EAC, IEN (dla końcówek o przekroju 16–400 mm ²)	CE/RoHS/REACH

Dane zamieszczone w zestawieniu zostały nadesłane i zaautoryzowane przez firmy

KOŃCÓWKI KABLOWE I ZŁĄCZA ELEKTROENERGETYCZNE



Nexans Power Accessories Poland Sp. z o.o.
47-400 Racibórz, ul. Wiejska 18
tel. 32 418 23 49
info.npap@nexans.com
www.nexans-power-accessories.pl

Niemcy

seria C...-...x12(16) (16-630sqm)	D...-... x10 (12)(16)SK-V-K (4-300sqm)	D...-... SV-(T)-(V)-(S)-K (1,5-300sqm)	seria M...-... (16-630sqm)
końcówka śrubowa wielozakresowa	końcówka śrubowa	złączka śrubowa	wielozakresowa złączka śrubowa
stop AlMgSi	stop AlMgSi	stop AlMgSi	korpus złączki: stop AlMgSi śruby: mosiężne pocynowane
zgodnie z zakresem RM	zgodnie z zakresem RM	zgodnie z zakresem RM	zgodnie z zakresem RM
cynowanie	cynowanie	cynowanie	cynowanie
zrobotyzowany	zrobotyzowany	zrobotyzowany	zrobotyzowany
od -60 do 170	od -60 do 170	od -60 do 170	od -60 do 170
1-52 kV	0,6-1 kV	0,6-1 kV	1-52 kV
jak maks. przekrój żyły (16-630 sqm)	jak maks. przekrój żyły Al/Cu (4-300 sqm)	jak maks. przekrój żyły Al/Cu (4-300 sqm)	jak maks. przekrój żyły (16-630 sqm)
wg PN-EN61238-1; -3	wg PN-EN61238-1; -3	wg PN-EN61238-1; -3	wg PN-EN61238-1; -3
śrubowy	śrubowy	śrubowy	śrubowy
brak	brak	brak	brak
nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
zależne od przekroju	zależne od przekroju	zależne od przekroju	zależne od przekroju
nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy	nie dotyczy
wielozakresowe końcówki śrubowe do 52 kV ze zrywalnymi śrubami, centryczne, prekursor technologii od wielu lat w Europie i na świecie	końcówki śrubowe 0,6/1 kV, przygotowane pod sektor, ze śrubami zrywalnymi lub nasadowymi	złączki śrubowe, przygotowane pod sektor, ze śrubami zrywalnymi lub nasadowymi	wielozakresowe złączki śrubowe do 52 kV ze zrywalnymi śrubami, centryczne, prekursor technologii od wielu lat w Europie i na świecie
PN-EN 61238-1,-3	PN-EN 61238-1,-3	PN-EN 61238-1,-3	PN-EN 61238-1,-3
UL/CE/RoHS/REACH/inny	UL/CE/RoHS/REACH/inny	UL/CE/RoHS/REACH/inny	UL/CE/RoHS/REACH/inny

Nowoczesna szafa rozdzielcza z piętrowymi złączkami TOPJOB® S (IEK)

Praktyczne wskazówki dla instalatorów

Dzięki zaciskom Push-in CAGE CLAMP® realizacja oprzewodowania jest bardzo prosta:

- » przewody jednodrutowe i linkowe z tulejką wystarczy po prostu wetknąć – szybko i bez pomocy narzędzi;
- » pozostałe typy przewodów można podłączyć łatwo i bezpiecznie po uprzednim otwarciu zacisku za pomocą przyrządu montażowego;
- » wetknięty przyrząd montażowy otwiera zacisk i jednocześnie wskazuje miejsce podłączenia – w ten sposób obie ręce są wolne i można swobodnie wprowadzić przewód.

Szybkie i bezpieczne podłączanie przewodów

Systemom złączek listwowych we współczesnych instalacjach budynkowych stawia się wysokie wymagania. Oprócz prostego montażu muszą zapewniać możliwość szybkiego, bezpiecznego i łatwego przeprowadzania regularnych pomiarów. Wykorzystanie piętrowych złączek instalacyjnych WAGO z rozłączeniem przewodu neutralnego (N) pozwala prawidłowo oraz zgodnie z normami wykonać pomiar rezystancji izolacji bez odłączania przewodów.

Piętrowe złączki instalacyjne WAGO TOPJOB® S pozwalają na bezpieczne wykonanie instalacji elektrycznych w budynkach. Zaprojektowano je z myślą o oszczędzaniu miejsca na oprzewodowanie w standardowych szafach rozdzielczych w porównaniu do zwykłych przelotowych złączek 2-przewodowych. Ich konstrukcja pozwala na przyłączenie całego obwodu 1-fazowego w pojedynczej złączce, na szerokości zaledwie 5,2 mm dla przewodów o przekrojach do 4 mm². Kompaktowe wymiary, niewielka głębokość złączki, zapewniają maksymalną przestrzeń do podłączania przewodów. Złączki są przeznaczone do przewodów od 0,25 mm², w dwóch wariantach – mniejszy do 4 mm², większy do 6 mm², i mają szerokie zastosowanie w nowoczesnych instalacjach budynkowych.

Złączki do rozdzielnic budynkowych występują też w wersjach z możliwością montażu wtyków

bezpiecznikowych lub z zastosowaniem rozłącznika (tzw. złączki bazowe). Dzięki temu istnieje możliwość zabezpieczenia torów prądowych lub ich rozłączania np. na potrzeby wykonania pomiarów.

Złączki bazowe można stosować w połączeniu ze ścianką końcową o grubości 1 mm oraz wtykami bezpiecznikowymi. Zastosowane w złączkach zaciski sprężynowe umożliwiają pewny i bezpieczny montaż wtykowy (bez użycia narzędzi), beznarzędziowy albo znany z popularnych szybkozłączek instalacyjnych. W instalacjach budynkowych do okablowania obwodów elektrycznych stosuje się głównie przewody jednodrutowe, dlatego piętrowe złączki instalacyjne Push-in zapewniają dużą oszczędność czasu przy ich oprzewodowaniu. Optymalnie nachylone wejścia na przewody to wygodne podłączanie pod dogodnym kątem. Dzięki takiemu rozwiązaniu dokręcanie śrub podczas użytkowania instalacji należy już do przeszłości. Eliminowane są również potencjalne błędy, takie jak zbyt mocne lub zbyt słabe dokręcenie śruby. System złączek listwowych TOPJOB® S gwarantuje także przejrzystość oprzewodowania w rozdzielnicach. Jest to możliwe dzięki wyraźnemu przyporządkowaniu wszystkich żył jednego przewodu do jednej złączki, a także dzięki dobrze widocznym kolorystycznym oznaczeniom poszczególnych potencjałów. Na pasku oznacznikowym, zamocowanym na górnym piętrze złączki, można umieścić nawet 4-wierszowy opis, który jest doskonale widoczny, nawet po podłączeniu przewodów. Wszechstronny i praktyczny system mostkowania TOPJOB® S pozwala w optymalny sposób zrealizować wszystkie możliwe zadania związane z mostkowaniem. Na przykład dzięki mostkom poprzecznym do mostkowania ciąglego można w nieskończoność powielać potencjał w zaledwie jednym kanale do mostkowania. W wariancie pokazanym na **fotografii 1.** mostki służą do powielenia potencjału N. Dodatkowo wszystkie wersje złączek zapewniają również możliwość mostkowania potencjałów L, dzięki czemu można już w rozdzielnicy w czytelny sposób zrealizować rozgałęzienie obwodów zabezpieczonych wspólnym wyłącznikiem nadprądowym.



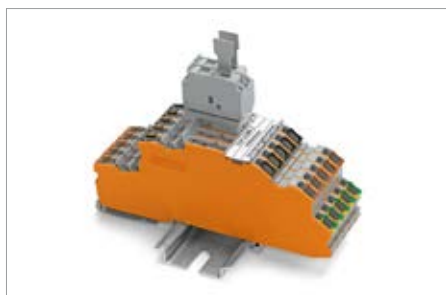
Fot. 1. Wszystkie wersje złączek zapewniają również możliwość mostkowania

Zgodny z normami pomiar rezystancji izolacji

W czasie eksploatacji instalacji należy przeprowadzać regularne pomiary. Zgodnie z normami DIN VDE 0100-718 i DIN VDE 0100-482 dla przewodów o przekrojach mniejszych niż 10 mm² musi istnieć możliwość prostego pomiaru rezystancji izolacji wszystkich pojedynczych żył każdego obwodu prądowego względem ziemi, bez odłączania przewodu neutralnego z zacisku. Według normy wykonanie prawidłowego pomiaru jest możliwe tylko wtedy, gdy do każdego zacisku jest podłączona tylko jedna żyła. Ponieważ norma produktowa dla złączek listwowych z zaciskiem sprężynowym wymaga właśnie takiego rozwiązania, wybierając piętrowe złączki instalacyjne WAGO TOPJOB® S jesteś zawsze po bezpiecznej stronie. Jeżeli do jednego zacisku zostaną podłączone dwie żyły, co jest praktykowane np. przy stosowaniu zacisków śrubowych, wykonanie pomiaru rezystancji izolacji zgodnego z normą nie jest dopuszczalne. W takim przypadku konieczne byłoby odłączenie jednej z żył, co jest niedozwolone.

Piętrowe złączki instalacyjne w funkcji złączek bezpiecznikowych

Portfolio złączek TOPJOB® S uzupełniają piętrowe złączki instalacyjne z rozłączeniem przewodu neutralnego (N) wewnątrz złączki. Są one przeznaczone do instalacji budynkowych, gdzie umożliwiają ekonomiczne oprzewodowanie mniejszych grup obwodów. Ponadto złączki bazowe tego wariantu



Fot. 2. Złączki bazowe można stosować w połączeniu ze ścianką końcową (niezbędną we wszystkich złączkach) o grubości 1 mm i z wtykami bezpiecznikowymi

mogą być również używane jako złączki bezpiecznikowe. Wtyk bezpiecznikowy TOPJOB® S do bezpieczników aparaturowych (5x20 mm) można stosować w specjalnym gnieździe w złączce bazowej. Ścianka końcowa o grubości 1 mm umożliwia dopasowanie szerokości złączki do szerokości wtyku bezpiecznikowego. Umieszczenie wtyku bezpiecznikowego w osi szyny montażowej sprawia, że to rozwiązanie pasuje do rozdzielnic budynkowych. Takie usytuowanie pozwala na montaż lub wymianę bezpiecznika przez standardowe wycięcie w maskownicy rozdzielnic.

Ekonomiczny i dobry wybór na przyszłość

Zastosowanie piętrowych złączek instalacyjnych gwarantuje zgodność pomiaru rezystancji izolacji z normami, co będzie jeszcze bardziej istotne w przyszłości, po wprowadzeniu systemu E-CHECK. Złączki umożliwiające wtykowy montaż przewodów zapewniają ekonomiczną i bezpieczną instalację. Przejrzysta struktura i czytelne opisy pozwalają na jednoznaczne przyporządkowanie przewodów do obwodów prądowych. Wszystko to stwarza optymalne warunki do długotrwałego i bezpiecznego działania instalacji elektrycznych.

Piętrowe złączki instalacyjne z rozłączeniem toru przewodu neutralnego (N) – które wybrać?

Z technicznego punktu widzenia budynki muszą być całkowicie bezpieczne. Oprócz starannych obliczeń konstrukcyjnych oraz rzetelnie zrealizowanych prac, szczególnie istotne jest prawidłowe wykonanie instalacji elektrycznej. Jednym ze środków bezpieczeństwa jest pomiar rezystancji izolacji po oddaniu instalacji do eksploatacji.

Jego przeprowadzanie jest obowiązkowe w obiektach o wysokim stopniu zagrożenia pożarowego, zgodnie z DIN VDE 0100-482, oraz w budynkach użyteczności publicznej, zgodnie z normą DIN VDE 0100-718. Norma ta określa, że w przypadku przewodów o przekrojach mniejszych niż 10 mm² musi istnieć możliwość prostego pomia-



Fot. 3. Złączki instalacyjne z rozłączeniem toru przewodu neutralnego (N) to rozwiązanie pozwalające spełnić wymagania obiektów o wysokim stopniu zagrożenia pożarowego

ru rezystancji izolacji wszystkich pojedynczych żył obwodu prądowego względem ziemi, bez odłączania przewodu neutralnego. W tym przypadku zastosowanie złączek z łącznikiem toru przewodu neutralnego (N) jest obowiązkowe. Złączki instalacyjne z rozłączeniem N to sprawdzone rozwiązanie, pozwalające spełnić te wymagania:

- » alternatywa: piętrowe złączki instalacyjne z łącznikiem suwakowym toru przewodu neutralnego (N) do połączenia z szyną zbiorczą toru przewodu neutralnego (N),
- » alternatywa: piętrowe złączki instalacyjne z łącznikiem nożowym N wewnątrz złączki bez konieczności stosowania szyny zbiorczej N.

Której złączki użyć do danej aplikacji?

Dla każdej instalacji należy indywidualnie sprawdzić, ile poszczególnych obwodów może być chronionych przez jeden wyłącznik różnicowoprądowy. W związku z tym instalator może wybrać jedną z dwóch możliwości konfiguracji instalacji, co determinuje, którego typu złączek należy użyć.

Piętrowe złączki instalacyjne z łącznikiem suwakowym N nadają się w szczególności do podłączania większych grup obwodów prądowych w instalacjach z mniejszą liczbą wyłączników różnicowoprądowych. Bezśrubowy łącznik suwakowy toru neutralnego (N) zapewnia proste i niezawodne połączenie z szyną zbiorczą N – wystarczy go przesunąć. Takie rozwiązanie pozwala ograniczyć liczbę przewodów; przewód N jest doprowadzany tylko raz do każdego wyłącznika różnicowoprądowego i rozprowadzany przez szynę zbiorczą toru neutralnego (N).

Piętrowe złączki instalacyjne z łącznikiem nożowym toru neutralnego (N) nadają się szczególnie do układów z indywidualnymi wyłącznikami różnicowoprądowymi w każdym obwodzie. Zaletą tego rozwiązania jest oszczędność miejsca na szynie montażowej ze względu na pominięcie wspornika szyny zbiorczej. Ponadto zmniejsza się nakład pracy przy instalacji, ponieważ nie są wymagane krótkie odcinki szyn zbiorczych toru neutralnego

WARTO WIEDZIEĆ!

Nowoczesny system złączek listwowych TOPJOB® SWAGO oferuje następujące możliwości montażu w budynkach:

- » z łącznikiem suwakowym N: 2003-76xx do przewodów o przekrojach od 0,25 mm² do 4 mm², 32 A,
- » z łącznikiem suwakowym N: 2005-76xx do przewodów o przekrojach od 0,5 mm² do 6 mm², 36 A,
- » z łącznikiem nożowym N: 2003-66xx do przewodów o przekrojach od 0,25 mm² do 4 mm², 25 A lub 28 A,
- » bez funkcji rozłączania toru N, z możliwością tworzenia szyny N za pomocą mostków do mostkowania w nieskończoność: 2003-76xx do przewodów o przekrojach od 0,25 mm² do 4 mm², 32 A,
- » bez funkcji rozłączania toru N, z możliwością tworzenia szyny N za pomocą mostków grzebieniowych: 2005-76xx do przewodów o przekrojach od 0,5 mm² do 6 mm², 36 A.

(N) dla wielu różnych wyłączników różnicowoprądowych. W krajach, w których nie wymaga się rozłączenia toru neutralnego (N) bez wypinania przewodu neutralnego z zacisku, jak np. w Polsce, optymalnym rozwiązaniem dla listwy IEK są piętrowe złączki instalacyjne z ciągłym torem N. Występują one zarówno w serii 2003 oraz 2005. Chcąc utworzyć listwę do 4 mm², skład materiałowy należy ograniczyć wyłącznie do 5 komponentów. Są to złączki: 2003-7646 – do L, N, PE i 2003-7642 – do L, L oraz ścianka końcowa 2003-7692 i dwa mostki do mostkowania ciągłego: z 1 na 2 i z 1 na 3. Za pomocą tych komponentów można utworzyć rozdzielnicę zasilającą obwody zarówno 1-, jak i 3-fazowe. Szynę neutralną (N) tworzymy za pomocą mostków do mostkowania ciągłego. W łatwy sposób można rozbudować rozdzielnicę o kolejne obwody, dokładając kolejne złączki i wtykając kolejne mostki w torze przewodu neutralnego (N). W tym rozwiązaniu również nie są wymagane dodatkowe akcesoria do szyny zbiorczej N.




WAGO ELWAG Sp. z o.o.
50-506 Wrocław, ul. Piękna 58a
tel. 71 360 29 70, faks 71 360 29 99
wago.elwag@wago.com
www.wago.com

Ewolucja zabezpieczeń linii napowietrznych SN – nowe metody detekcji awarii

Współczesna energetyka mierzy się z koniecznością jednoczesnego rozbudowywania infrastruktury dla nowych odbiorców, zwiększania przepustowości istniejących linii oraz integracji rosnącej liczby odnawialnych źródeł energii. Jednocześnie operatorzy muszą utrzymywać w ruchu sieć, która w wielu miejscach liczy kilkadziesiąt lat, co znacznie utrudnia utrzymanie wysokiej niezawodności. Obecnie ponad 70% linii napowietrznych eksploatowanych jest już ponad 25 lat, a wiele odcinków przekracza 40 lat użytkowania. To powoduje, że sieć pracuje często na granicy swoich możliwości technicznych.

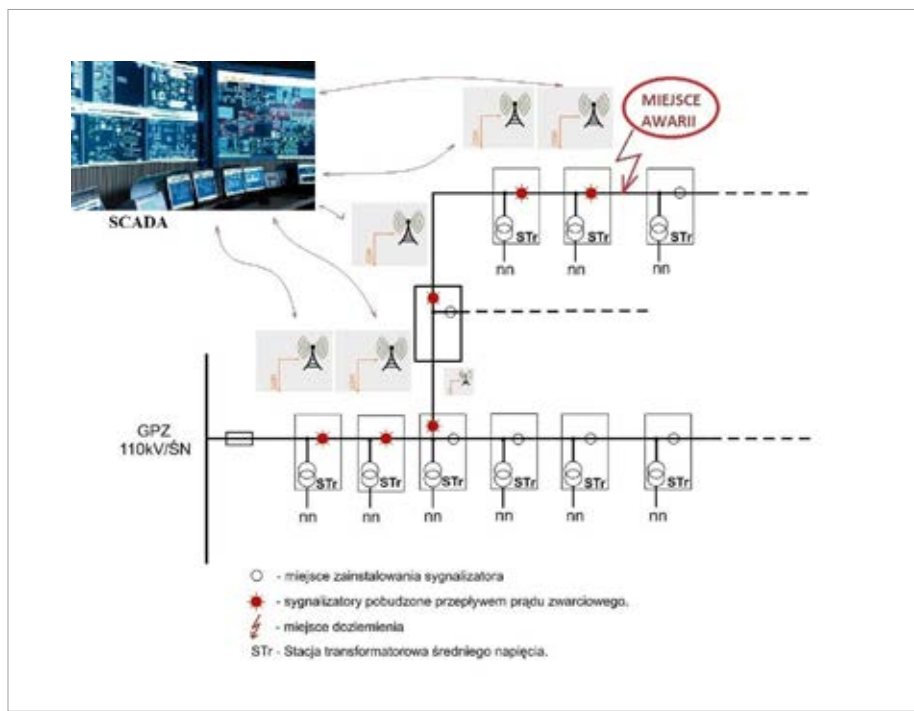
Awaryjność linii SN wynika zarówno z czynników losowych – takich jak oblodzenia, silne wiatry czy błędy ludzkie – jak i z czynników eksploatacyjnych: długotrwałe przegrzewanie przewodów, korozja elementów metalowych, wzrost rezystancji złącz prowadzący do przegrzania, uszkodzenia mechaniczne izolatorów oraz starzenie się konstrukcji wsporczych. Dodatkowym utrudnieniem jest rozległa struktura linii oraz ich częsta lokalizacja w terenach trudno dostępnych – górskich, leśnych i podmokłych – co znacznie wydłuża czas lokalizacji uszkodzeń i dotarcia ekip naprawczych z wymaganym sprzętem.

W odpowiedzi na te wyzwania proponujemy koncepcję „sieci, która kontroluje” – inteligentnej infrastruktury opartej na współpracy warstwy sprzętowej i programowej, zdolnej do wykrywania awarii, ich lokalizacji oraz przewidywania stanów przedawaryjnych. Celem jest

STRESZCZENIE

Artykuł przedstawia koncepcję rozbudowy zabezpieczeń linii napowietrznych średniego napięcia (SN) z wykorzystaniem rozproszonych sygnalizatorów zwarć oraz zaawansowanej analizy danych. Zaproponowany system, oparty na współpracy warstwy sprzętowej i programowej, umożliwia detekcję zwarć międzyfazowych i doziemnych oraz monitorowanie parametrów środowiskowych. Integracja z systemami SCADA oraz wykorzystanie algorytmów sztucznej inteligencji pozwala na realizację funkcji predykcyjnych i poprawę lokalizacji uszkodzeń. Szczególną rolę przypisano zdecentralizowanym metodom detekcji, lepiej dostosowanym do struktury sieci SN. Rozwiązanie przyczynia się do poprawy niezawodności pracy sieci elektroenergetycznej.

Słowa kluczowe: sieci SN, linie napowietrzne, detekcja zwarć, niezawodność.



Rys. 1. Struktura sieci SN z lokalizacjami sygnalizatorów CPZ®

poprawa wskaźników niezawodności, w tym SAIDI i SAIFI, poprzez skrócenie czasu lokalizacji i usuwania awarii oraz wdrożenie działań prewencyjnych.

I Architektura systemu

Sposobem na rozwiązanie problemów związanych z awaryjnością i trudną diagnostyką linii SN jest stworzenie systemu o dwóch komplementarnych warstwach: hardwarewej i programowej. Warstwa hardwarewa dostarcza pomiary i sygnały z linii (rys. 1.), natomiast warstwa programowa analizuje te dane, generuje pre-

alarmy i integruje informacje z systemami nadrzędnymi.

Firma ZAE, po przeanalizowaniu wad obecnie stosowanych urządzeń oraz potrzeb operatorów sieci energetycznych, zaprojektowała nowy rodzaj sygnalizatorów zwarć: CPZ®LNk (rys. 2.) – montowanych bezpośrednio na przewodach napowietrznych – oraz centrali CPZ®LN – instalowanej na słupach linii SN. Urządzenia te sygnalizują obecność zwarć doziemnych i międzyfazowych oraz wykonują pomiary prądów w każdym z trzech przewodów fazowych i prądu I_0 , będącego wartością wekto-

rową prądów fazowych. Pomiary wykonywane są jednocześnie na dwóch torach linii SN. Wypozażone są także w czujniki środowiskowe mierzące temperaturę przewodów i powietrza, wilgotność, częstotliwość i amplitudę drgań oraz kąt nachylenia przewodu zwisającego ze słupa, co umożliwia obliczenie wysokości zwisu przewodu nad ziemią.

Transmisja danych z CPZ®-Lnk do CPZ®LN odbywa się w czasie rzeczywistym, wykorzystywana jest tutaj transmisja radiowa z modulacją FSK. Natomiast transmisja z modulacją LoRa® odbywa się pomiędzy CPZ®-Lnk a koncentrator (warstwą programową) (**rys. 3.**), zastosowanie komunikacji radiowej eliminuje konieczność stosowania światłowodów i pozwala na montaż bez wyłączania linii. Dzięki temu instalacja jest szybsza i mniej kosztowna, a urządzenia mogą działać autonomicznie, zasilane ogniwami foto-woltaicznymi i akumulatorami.

Warstwa programowa odpowiada za przetwarzanie danych i podejmowanie decyzji. Wykorzystuje algorytmy uczenia maszynowego (ML) i sztucznej inteligencji (AI) do analizy sygnałów elektrycznych i środowiskowych, wykrywania anomalii, generowania prealarmów oraz dynamicznego tworzenia scenariuszy automa-

tyki energetycznej. Warstwa ta umożliwia operatorowi podgląd danych w czasie rzeczywistym i przekazywanie informacji do systemu SCADA, co ma bezpośredni wpływ na scenariusze przełączeń w przypadku zaburzeń pracy sieci.

Skuteczność warstwy programowej jest ściśle zależna od ilości, typu oraz różnorodności danych dostarczanych przez urządzenia i czujniki zainstalowane w strukturze sieci oraz w jej sąsiedztwie. Celem jest uzyskanie systemu zdolnego do jak najdokładniejszej lokalizacji zwarcia oraz przewidywania czasu jego wystąpienia.

Detekcja zwarć w sieciach SN jest zadaniem złożonym ze względu na zmienność konfiguracji sieci oraz różne sposoby pracy punktu neutralnego. System CPZ® przewiduje dwie koncepcje urządzeń: wersję pełną oraz wariant ekonomiczny.

Wersja pełna umożliwia pomiar prądów w czasie rzeczywistym, analizę asymetrii prądów oraz wykrywanie zwarć międzyfazowych i doziemnych. Pozwala na wykrywanie korelacji danych prądowych z danymi środowiskowymi, co umożliwia precyzyjne określenie miejsca uszkodzenia i identyfikację stanów przedawaryjnych.



Rys. 2. Sygnalizator zwarć dla linii napowietrznej SN CPZ®-Ln

Wariant ekonomiczny opiera się na detekcji zaniku prądu oraz lokalnej sygnalizacji LED. Detekcja zaniku przepływu prądu dokonywana jest bezpośrednio w CPZ®LNk poprzez wycienienie płynącego prądu w przewodzie i wysłanie tej informacji do warstwy programowej. Choć uproszczony, wariant ten jest bardzo skuteczny w wykrywaniu przerywania przewodu.

REKLAMA

Dlaczego warto prenumerować elektro.info?

- » 10 numerów w roku (numery łączące: 1/2, 7/8 – w cenie numeru pojedynczego)
- » Przesyłka na koszt wydawnictwa
- » Prenumerata w formie pdf do pobrania na nośnik zewnętrzny (laptop, tablet itp.)
- » Link do pobrania wersji pdf czasopisma otrzymujesz niezwłocznie po ukazaniu się danego numeru
- » Dostęp do wszystkich treści zamieszczonych na stronie internetowej www.elektro.info.pl otrzymujesz niezwłocznie po zaksięgowaniu wpłaty na konto

Prenumerata papierowa



EDUKACYJNA ROCZNA

10 numerów + roczny dostęp do wszystkich treści portalu (365 dni)

cena: 145,00 zł

PÓŁROCZNA

5 numerów + półroczny dostęp do wszystkich treści portalu (183 dni)

cena: 145,00 zł

ROCZNA

10 numerów + roczny dostęp do wszystkich treści portalu (365 dni)

cena: 250,00 zł

DWULETNIA

20 numerów + dwuletni dostęp do wszystkich treści portalu (730 dni)

cena: 425,00 zł

Prenumerata PDF



ROCZNA

10 numerów + roczny dostęp do wszystkich treści portalu (365 dni)

cena: 225,00 zł

DWULETNIA

20 numerów + dwuletni dostęp do wszystkich treści portalu (730 dni)

cena: 382,00 zł

Prenumerata papierowa + PDF



ROCZNA

10 numerów + roczny dostęp do wszystkich treści portalu (365 dni)

cena: 362,00 zł

DWULETNIA

20 numerów + dwuletni dostęp do wszystkich treści portalu (730 dni)

cena: 616,00 zł

FORMULARZ ZAMÓWIENIA

Zamawiam:

■ Prenumeratę papierową:

☐ edukacyjną – 145 zł ☐ półroczną – 145 zł
☐ roczną – 250 zł ☐ dwuletnią – 425 zł od numeru

■ Prenumeratę PDF:

☐ roczną – 225 zł ☐ dwuletnią – 382 zł od numeru

■ Prenumeratę papierową + PDF:

☐ roczną – 362 zł ☐ dwuletnią – 616 zł od numeru

Nazwa firmy

Ulica i numer

Kod pocztowy

Miejscowość

Osoba zamawiająca

Rodzaj działalności

NIP

Telefon kontaktowy

e-mail:

Wysyłka będzie realizowana po dokonaniu wpłaty na konto:
 Volkswagen Bank Polska S.A., 09 2130 0004 2001 0616 6862 0001

Administratorem Państwa danych osobowych jest Grupa MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K., nr KRS: 0000537655, z siedzibą w 04-112 Warszawa, ul. Karczewska 18, tel. +48 22 810-21-24, wydawca elektro.info.
 Wrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupę MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K. w celu zamówienia prenumeraty. Przystępuję do wglądu do swoich danych, aktualizowania, poprawiania oraz całkowitego usunięcia ich, a także wniesienia sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny. Dane są chronione zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

Upoważniam GRUPĘ MEDIUM do wystawienia faktury VAT bez podpisu odbiorcy.
 Data: Podpis:



Rys. 3. Struktura sieci SN z zastosowaniem łączności w standardzie LoRa®

System wykorzystuje dwuetapowy model decyzyjny. W pierwszym etapie następuje detekcja lokalna – sygnalizatory CPZ® identyfikują zwarcie. W drugim etapie warstwa programowa potwierdza zdarzenie na podstawie wartości prądów I_1 – I_3 i I_0 , oraz informacji o zadziałaniu zabezpieczeń w GPZ. Model ten minimalizuje liczbę fałszywych alarmów i zwiększa wiarygodność detekcji.

I Predykcja awarii

Wykorzystując dane środowiskowe uzyskane z CPZ®LNk – takie jak temperatura otoczenia, temperatura przewodu, wilgotność powietrza, częstotliwość drgań przewodu oraz kierunek i amplituda drgań – można przy użyciu algorytmów sztucznej inteligencji i procesu samouczenia uzyskać modele zdolne przewidzieć uszkodzenie linii SN. Przy rozległej strukturze linii SN informacje te pozwalają lepiej zarządzać obciążeniem, ponieważ zjawiska pogodowe mogą różnić się nawet na niewielkich odcinkach.

Przykłady praktycznych zastosowań danych środowiskowych obejmują: sytuacje, gdy linia przebiega nad mocno nagrzaną powierzchnią

ulicy lub parkingu – przewody osiągają wtedy wyższe temperatury niż nad terenami zielonymi; przekroczenie dopuszczalnych amplitud drgań może świadczyć o zbyt słabym naciągu przewodu, grożącym przerwaniem lub uszkodzeniem izolatorów; informacja o nagłym uderzeniu w przewód pozwala na szybką kontrolę odcinka i usunięcie zagrożeń (np. uschnięte drzewo, spadające gałęzie); dane o oblodzeniu umożliwiają wczesną reakcję, np. czasowe zwiększenie obciążenia w celu podniesienia temperatury przewodu i oczyszczenia go z lodu.

System generuje prealarmy, które pozwalają operatorowi zapobiec awarii, odciążyć zagrożony odcinek, wysłać ekipę kontrolną przed wystąpieniem uszkodzenia oraz podjąć działania techniczne, takie jak kontrolowane odmrażanie przewodów.

Po przeanalizowaniu struktury sieci SN w kraju wnioski wskazują, że optymalną metodą detekcji zwarc w liniach SN jest metoda zdecentralizowana, bazująca na podstawowych sygnałach elektrycznych mierzonych przez sygnalizatory przepływu prądu zwarcowego, przy jednoczesnym wsparciu algorytmami AI. Metody scentralizowane lepiej nadają się do sieci WN, gdzie topologia jest prostsza (pojedynczy odcinek między dwoma GPZtami). Sieć SN często ma strukturę szynową lub gwiazdztą i podlega ciągłym zmianom wynikającym z rozwoju urbanistycznego, co utrudnia stosowanie metod scentralizowanych.

Metody impedancyjne, falowe oraz niektóre podejścia oparte na AI wymagają częstych kalibracji, ponieważ każda zmiana konfiguracji sieci wpływa na wyuczone modele i wyniki analiz. Postęp w dziedzinie sztucznej inteligencji daje jednak szansę na zminimalizowanie tych niedoskonałości. Projekt ZAE jest rozwojowy i powinien być kontynuowany w kierunku miniaturyzacji urządzeń, redukcji masy, optymalizacji zasilania (m.in. utrzymanie bilansu prądowego po redukcji powierzchni ogniw PV) oraz roz-

szerzenia zakresu i metod pozyskiwania danych środowiskowych. Rozwój wersji ekonomicznej CPZ®LNk umożliwi szerokie wdrożenie systemu także na mniej krytycznych odcinkach sieci.

I Podsumowanie

Przedstawiona koncepcja rozbudowy systemów zabezpieczeń linii napowietrznych SN łączy nowoczesne urządzenia pomiarowe CPZ® z zaawansowaną analityką opartą na sztucznej inteligencji, tworząc system zdolny do szybkiej detekcji, precyzyjnej lokalizacji oraz predykcji awarii. Integracja rozproszonych sygnalizatorów i warstwy programowej umożliwia znaczne skrócenie czasu lokalizacji uszkodzeń, ograniczenie liczby przerw w dostawach energii oraz poprawę wskaźników SAIDI i SAIFI. Dzięki dwuetapowemu modelowi decyzyjnemu i analizie danych środowiskowych operatorzy otrzymują wiarygodne informacje, które pozwalają na podejmowanie działań prewencyjnych i optymalizację eksploatacji.

Zastosowanie zdecentralizowanych metod detekcji jest szczególnie uzasadnione w sieciach SN o złożonej i zmiennej topologii, gdzie odporność na zmiany konfiguracji i możliwość lokalnego działania mają kluczowe znaczenie. Projekt ZAE przewiduje dalszy rozwój w kierunku miniaturyzacji urządzeń, optymalizacji zasilania, rozszerzenia zakresu monitorowanych parametrów oraz wdrożenia wersji ekonomicznej CPZ®LNk, co umożliwi szerokie zastosowanie systemu na różnych typach linii dystrybucyjnych.

W dłuższej perspektywie proponowane rozwiązania mogą przyczynić się do budowy bardziej odpornych, elastycznych i częściowo autonomicznych sieci dystrybucyjnych, które będą w stanie samodzielnie diagnozować swój stan, przewidywać zagrożenia i inicjować działania zapobiegawcze, podnosząc tym samym bezpieczeństwo i niezawodność dostaw energii.

ABSTRACT

Evolution of Protection Systems for Medium-Voltage Overhead Lines Using Advanced Fault Detection Methods

This paper presents a concept for enhancing protection systems of medium-voltage (MV) overhead lines using distributed fault indicators and advanced data analysis techniques. The proposed solution is based on the integration of hardware and software layers, enabling detection of phase-to-phase and earth faults as well as monitoring of environmental parameters. Integration with SCADA systems and the application of artificial intelligence algorithms allow for predictive functions and improved fault location accuracy. Special attention is given to decentralized detection methods, which are better suited to the structure of MV networks. The proposed approach contributes to improved reliability of power distribution systems.

Keywords: MV networks, overhead lines, fault detection, reliability.



ZAE Sp. z o.o.

53-609 Wrocław, ul. Fabryczna 14

tel. 71 79 55 011

zae@zae.pl

www.zae.pl

39. MIĘDZYNARODOWE ENERGETYCZNE TARGI BIELSKIE INTERNATIONAL POWER INDUSTRY FAIR



ENERGETAB®

15–17 września 2026
Bielsko-Biała

www.energetab.pl

Targi
z rekomendacją
Polskiej Izby Przemysłu Targowego



VI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

ENERGIA DZIŚ I JUTRO

14 maja 2026 | on-line

www.konferencjebranzowe.pl

eprasa.pl 5b5d5ff93d



Badania terenowe rezystancji przejścia przy zerwaniu i zwarciu przewodu fazowego z ziemią bez udziału przewodu PEN

W elektroenergetyce, przy eksploatacji i sprawdzaniu sieci niskiego napięcia, pracujących w układzie TN-C, występuje dość istotny problem ustalenia warunku kryterialnego, dotyczącego rezystancji wypadkowej wszystkich uziemień w danej sieci nn (rezystancja R_B). Rezystancja ta nie powinna przekraczać wartości określonej wzorem (1):

$$R_B \leq R_F \frac{U_L}{U_0 - U_L} \quad (1)$$

gdzie:

R_F – rezystancja przejścia w miejscu zwarcia przewodu z ziemią,

U_L – napięcie bezpieczne (w warunkach normalnych 50 V),

U_0 – napięcie pomiędzy przewodem fazowym a uziemionym przewodem PEN.

W niektórych opracowaniach rezystancja przejścia R_F oznaczana jest jako R_E , jednak autor zdecydował się użyć oznaczenia R_F ze względu na możliwe pomylenie tej rezystancji z rezystancją niektórych uziemień ochronnych.

Rezystancja R_F ma wiele cech przypadkowości, a jej wartość zależy od wielu czynników (sposób ułożenia przewodu po upadku na ziemię, wilgotność, rezystywność gruntu, obecność naturalnych uziołów, możliwość zetknięcia się przewodu z nimi itp.).

Wzór (1) można znaleźć zarówno w normach [1, 2], jak i w innych opracowaniach [3, 4].

Wartość rezystancji R_F – ze względu na różnorodność podłoża, na które może upaść przewód, nieznana i nieprzewidywalna liczba miejsc styku tego przewodu z ziemią po upadku – ustalono umownie na 10Ω . Taką wartość rezystancji (oznaczanej przez niektórych autorów jako R_E) zaleca przyjmować, w przypadku braku danych, norma [2] oraz autorzy różnych opracowań [4]. Ze względu na to, że wartość rzeczywista może być inna – w wielu przypadkach większa – podjęto próby szacowania tej wartości na podstawie pomiarów lub obliczeń teoretycznych.

W obliczeniach teoretycznych wykorzystywano układ geometryczny, przedstawiający przewód w postaci idealnego walca, wciśniętego w ziemię na głębokość połowy jego średnicy (rys. 1).

Wzór określający rezystancję utworzonego w ten sposób uziomu przyjęto za publikacją [5]. Wzór ten można również znaleźć np. w publikacji [6]. Rezystancja uziomu wynosi:

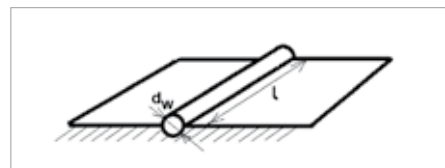
$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d_w} \quad (2)$$

gdzie:

ρ – rezystywność gruntu;

l – długość uziomu;

d_w – średnica zewnętrzna uziomu.



Rys. 1. Uziom walcowy o średnicy d_w i długości l , włożony do połowy w grunt rys. M. Kielboń

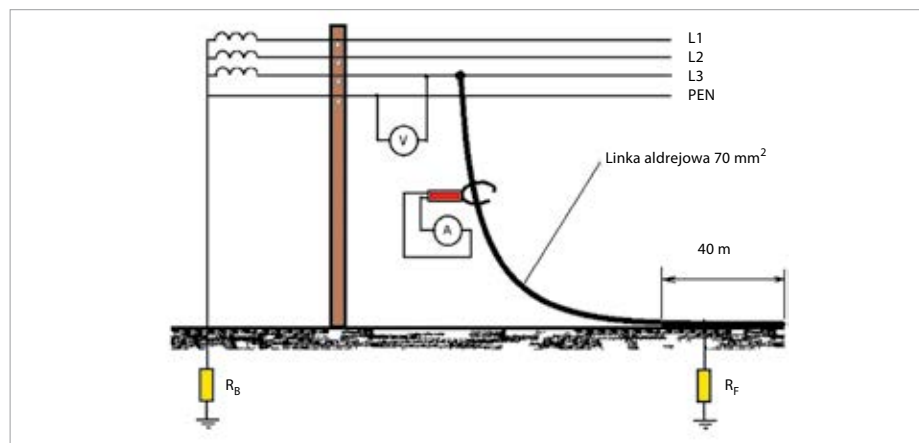
Przykładowo, przy gruncie o rezystywności $100 \Omega m$ i długości uziomu 40 m oraz zewnętrznej średnicy przewodu d_w wynoszącej 19 mm, rezystancja wg wzoru (2) wyniesie:

$$R = \frac{100}{40\pi} \ln \frac{2 \cdot 40 \cdot 10^3}{19} = 6,64 \Omega$$

Jest to mniej niż szacowane 10Ω , ale też w modelu tym nie uwzględniono faktu, że przewód zerwany z linii nie układa się w linii prostej ani też nie zagłębia się w grunt połową średnicy. Wobec takiego stanu rzeczy, celowe jest przeprowadzenie badań terenowych i faktycznych pomiarów rezystancji przejścia przy zerwaniu i upadku przewodów nn na ziemię. Oczywiście należy brać pod uwagę przede wszystkim przewody nieizolowane (gołe), w innych przypadkach (przewody w izolacji) zjawisko doziemienia z pominięciem przewodu PEN albo nie wystąpi wcale, albo (np. w przypadku upadku przewodu do wody) powierzchnia zestyku będzie tak mała, że rezystancje przejścia będą wielokrotnie większe niż rezystancje przejścia przy zetknięciu się z wodą przewodów gołych.

Przykłady badań terenowych i szacowania wartości rezystancji R_F podejmowane w przeszłości

Przedstawiony problem nie jest nowy i w przeszłości podejmowano już próby zarówno praktycznego, jak i teoretycznego podejścia do jego rozwiązania [7, 8, 9, 10]. Podejście teoretyczne nie wchodzi w zakres niniejszego artykułu, natomiast na uwagę zasługuje podejście praktyczne Biegelmeiera, Franka i Edera [9]. Dokonali oni pomiarów rezystancji przejścia R_F (w oryginalnej pracy użyto



Rys. 2. Pomiary rezystancji przejścia R_F wykonywane w Austrii [9] – układ pomiarowy

określenia R_E) w układach rzeczywistych sieci TN, wykonując sztuczne zwarcie przewodu fazowego z ziemią za pomocą linki aldrejowej o przekroju 70 mm². Miejsca pomiaru wybierano tak, aby rezystywność gruntu w miejscu badań była za każdym razem inna, a przewód każdorazowo rozkładano na ziemi – tak, aby spoczywał na niej równomiernie (rys. 2.). Dodatkowo mierzono wartość rezystancji R_B całej sieci nn zasilanej ze stacji transformatorowej SN/nn i rezystywność gruntu.

Metodyka badań była następująca: w pierwszym etapie mierzono rezystancję pętli zwarciowej zawierającej przejście na drodze linka aldrejowa – ziemia metodą techniczną (wywołując sztuczne zwarcie poprzez linkę) jak na rysunku 2. Do pomiaru prądu sztucznego zwarcia wykorzystywano metodę cęgową, napięcie mierzono bezpośrednio. Następnie mierzono rezystywność gruntu metodą Wennera przy odległości elektrod 1 m oraz rezystancję wypadkową uziemienia sieci R_B . Od zmierzonej rezystancji pętli odjęto rezystancję uziemienia sieci lokalnej, która zawsze była co najmniej o jeden rząd wielkości niższa. Wyniki zestawiono w tabeli 1.

Teoretyczną rezystancję uziomu liczonego z uproszczonego wzoru (3):

$$R = \frac{2\rho}{l} \quad (3)$$

gdzie:

$l = 40 \text{ m}$ – długość uziomu.

Warto dodać, że wzór ten jest inny niż wzór (2), ale dopuszczalny przez normy [2].

Wartości teoretyczne bardzo się różnią od zmierzonych, co jest zrozumiałe, biorąc pod uwagę luźno (ale równomiernie) ułożony na ziemi przewód (rzeczywista, a nie idealna powierzchnia styku przewód – ziemia). Ponadto rezystancja wyliczona teoretycznie była większa od zmierzonej tylko w jednym przypadku. Uzyskane wyniki pomiarowe były każdorazowo większe od 10 Ω , na podstawie pomiarów można więc wnioskować, że wartość umownie ustalona na 10 Ω wydaje się zaniżona, tym bardziej że w rzeczywistych warunkach przewód stykający się z ziemią nie musi układać się prostoliniowo i równomiernie – bardziej prawdopodobne jest istnienie kilku lub kilkunastu punktów styczności z ziemią zamiast połączenia ciągłego na całej długości przewodu.

Badania terenowe rezystancji R_F przeprowadzone w 2024 roku w warunkach polskich

Biorąc pod uwagę nieco „wyidealizowane” warunki pomiarów przeprowadzonych w Austrii, wykonano w warunkach krajowych pomiary weryfika-

Lp.	Rezystywność gruntu ρ [Ωm]	Prąd pomiarowy I_M [A]	Napięcie pomiarowe U_M [V]	Rezystancja uziem. sieci R_B [Ω]	Pomiar R_F (po odjęciu R_B) [Ω]	Teoretyczna rezystancja uziomu* R_F [Ω]
1	15	15	235	0,5	15,2	0,75
2	19	7,1	215	0,1	30	0,95
3	21	1,9	235	0,5	123,2	1,05
4	29	2,5	220	2,7	85,3	1,45
5	32	2,2	230	0,37	104,2	1,6
6	33	2,5	220	0,4	87,6	1,65
7	62	1,4	220	1,07	156,1	3,1
8	88	4,5	225	0,6	49,4	4,4
9	99	2,5	225	0,9	89,1	4,95
10	147	0,9	225	0,9	249,1	7,35
11	170	0,77	230	0,57	298,1	8,5
12	330	0,6	225	0,8	374,2	16,5
13	370	1,7	225	0,5	131,8	18,5
14	581	0,95	225	0,8	236	29
15	603	0,47	225	0,52	478,2	30
16	753	2,6	234	4,66	85,34	37,65
17	1137	1,8	235	3,6	126,96	56,85
18	4228	1,2	228	3,88	203,39	211,4

Tab. 1. Rezystancje przejścia przy opadnięciu przewodu linii napowietrznej nn na ziemię wg pomiarowych danych austriackich (por. rys. 2.)

Nazwa stanowiska i lokalizacja	Typ gleby	Możliwość realizacji pomiarów wg punktu a)	Możliwość realizacji pomiarów wg punktu b)	Możliwość realizacji pomiarów wg punktu c)	Możliwość realizacji pomiarów wg punktu d)
PN-1 oraz PN-2 pole orne na granicy Gliwic i Pilchowic	Gliniasta	TAK	TAK (ścieżka rowerowa – asfalt)	TAK (kałuże)	TAK (bariera drogowa, baner reklamowy)
R-1 – łąka nieuprawiana (Rybnik)	Piaszczysta	TAK	TAK (ulica – asfalt)	NIE	TAK (ogrodzenie działki, brama)
RS-1 – łąka uprawiana w okolicy Raciborza	Gliniasta	TAK	TAK (ulica)	TAK (po oględzinach w terenie wykryto rów melioracyjny z zalegającą wodą)	TAK (ogrodzenie działki, brama)
RW-1 Rybnik – czysta kostka brukowa	Piaszczysto-gliniasta; teren pokryty kostką brukową, ale jest dostęp do wolnego gruntu (łąka)	NIE	TAK	NIE (brak zbiornika wodnego)	NIE (brak zgody właścicieli terenu)
W-1 Teren górzysty, Wisła	Skalista	TAK	TAK	NIE	TAK
Z-1 Jura Krakowsko-Częstochowska	Skalista	TAK	TAK	TAK	TAK

Tab. 2. Wykorzystane stanowiska pomiarowe wraz z opisem najważniejszych cech i możliwości wykorzystania warunków terenowych na potrzeby pomiarów rezystancji

Metryczka: data pomiaru – 18.03.2024, godz. 12.00–14.00, temperatura powietrza ok. 5°C, zachmurzenie duże, wilgotno. Pole nawożone nawozem płynnym kilka dni przed pomiarami. Grunt gliniasty, rezystywność $\rho = 19,5 \Omega\text{m}$							
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/referencyjny	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda małopądowa	Metoda techniczna		
					I (w A)	U (w V)	R (w Ω)
1	PN-1- 2a – Mocno wilgotne pole	Badany	Zwinięty	112 Ω	1	99	99
2	PN-1 – 2a – Mocno wilgotne pole	Badany	Wyprostowany	104 Ω	1	87	87
		Referencyjny		25,06 Ω	–	–	20,97
3	PN-1 – 2c – Woda	Badany	Zwinięty	7,96 Ω	1	8,2	8,2
4	PN-1 – 2c – Woda	Badany	Wyprostowany	5,08	1	5,2	5,2
		Referencyjny		1,22	–	–	1,25
5	PN-1 – 2d – Baner reklamowy	Badany	–	22,1 Ω	–	–	–
7	PN-1 i PN-2 – 2a i 2b – Częściowo suchy asfalt, częściowo sucha trawa	Badany	Wyprostowany	12,4 k Ω	–	–	–
		Referencyjny		2,988 k Ω	–	–	–
8	PN-1 – 2b – Suchy asfalt	Badany	Wyprostowany	1,99 k Ω	–	–	–
		Referencyjny	–	479,59 Ω	–	–	–
9	PN-1 – 2b – Mokry asfalt	Badany	Wyprostowany	1,65 k Ω	–	–	–
		Referencyjny		397,65 Ω	–	–	–
10	PN-2 – 2a – Sucha trawa	Badany	Wyprostowany	4,04 k Ω	–	–	–
		Referencyjny		973,64 Ω	–	–	–
11	PN-1 – 2d – Bariera drogowa	Badany	–	0,59 Ω	–	–	–

Tab. 3. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym PN-1 i PN-2

Metryczka: data pomiaru – 22.03.2024, 5.04.2024, godz. 11.00–12.30, temperatura powietrza ok. 11°C, zachmurzenie prawie całkowite, wilgotno. Grunt piaszczysty, rezystywność $\rho = 93,1 \Omega\text{m}$							
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/referencyjny	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda małopądowa	Metoda techniczna		
					I (w A)	U (w V)	R (w Ω)
1	R-1 – 2a – Suchy piasek	Badany	Zwinięty	10,2 k Ω	0,04	148	3700
2	R-1 – 2a – Przewód wbity w mokry piasek	Badany	Zwinięty	–	0,07	15	214
3	R-1 – 2a – Częściowo na suchym piasku i częściowo na suchej trawie	Badany	Wyprostowany	879 Ω	0,06	43	717
		Referencyjny		211,84 Ω	–	–	172,8
4	R-1 – 2a – Częściowo na mokrym piasku i częściowo na mokrej trawie	Badany	Wyprostowany	–	0,07	12	171
		Referencyjny		–	–	–	41,21
5	R-1 – 2a – Częściowo na suchym piasku i częściowo na suchej trawie	Badany	Wyprostowany	854 Ω	0,06	43	717
		Referencyjny		205,81 Ω	–	–	172,8
6	R-1 – 2a – Sucha trawa	Badany	Wyprostowany	1,25 k Ω	0,06	56	933
		Referencyjny		301,25 Ω	–	–	224,85
7	R-1 – 2b – Suchy asfalt	Badany	Zwinięty	Poza zakr.	–	–	–
8	R-1 – 2b – Mokry asfalt	Badany	Zwinięty	Poza zakr.	–	–	–
9	R-1 – 2b – Suchy asfalt	Badany	Wyprostowany	Poza zakr.	–	–	–
10	R-1 – 2b – Mokry asfalt	Badany	Wyprostowany	2,57 k Ω	0,045	116	2578
		Referencyjny		619,37 Ω	–	–	621,3
12	R-1 – 2d – Na płocie	Badany	–	4,45 k Ω	–	–	–
13	R-1 – 2e – Symulacja wkopania (wbicia) przewodu w ziemię na głębokość 20 cm	Badany	–	3,14 k Ω	–	–	–

Tab. 4. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym R-1

Metryczka: data pomiaru – 8.04.2024, godz. 10.30–12.00, temperatura powietrza ok. 24°C, zachmurzenie: bezchmurnie, wilgotność umiarkowana. Grunt gliniasty, rezystywność $\rho = 14,6 \Omega\text{m}$							
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/ referencyjny	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda małoprądowa	Metoda techniczna		
					I (w A)	U (w V)	R (w Ω)
1	RS-1a – 2b – Sucha płyta ażurowa	Badany	Zwinięty	1,85 k Ω	–	–	–
2	RS-1a – 2b – Mokra płyta ażurowa	Badany	Zwinięty	400 Ω	–	–	–
3	RS-1a – 2b – Sucha płyta ażurowa	Badany	Wyprostowany	1,62 k Ω	–	–	–
		Referencyjny		390,42 Ω	–	–	–
4	RS-1a – 2b – Mokra płyta ażurowa	Badany	Wyprostowany	284 Ω	0,2	43	215
		Referencyjny		67,44 Ω			51,82
5	RS-1a – 2a – Sucha trawa	Badany	Zwinięty	1,12 k Ω	0,175	102	583
		Badany		478 Ω	0,2	70	350
6	RS-1a – 2a – Sucha trawa	Badany	Wyprostowany	886 Ω	0,175	104	594
		Referencyjny		208,7 Ω	–	–	143,15
	RS-1a – 2a – Mokra trawa	Badany	Wyprostowany	376 Ω	0,2	74	370
		Referencyjny		90,62 Ω	–	–	89,17
7	RS-1a – 2b – Sucha kostka brukowa obrośnięta mchem	Badany	Zwinięty	10,6 k Ω			
8	RS-1a – 2b Mokra kostka brukowa obrośnięta mchem	Badany	Zwinięty	270 Ω			
9	RS-1a – 2d – Na części przewodzącej obcej	Badany	Wpłątany w metalową barierkę	92 Ω	0,25	23	92

Tab. 5. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym RS-1a

Metryczka: data pomiaru – 8.04.2024, godz. 12.30–13.00, temperatura powietrza ok. 25°C, zachmurzenie: bezchmurnie, wilgotność umiarkowana. Grunt gliniasty, rezystywność $\rho = 87 \Omega\text{m}$				
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/ referencyjny	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda małoprądowa
1	RS-1b – 2a – Sucha trawa	Badany	Zwinięty	2,45 k Ω
2	RS-1b – 2a – Mokra trawa	Badany	Zwinięty	815 Ω
3	RS-1b – 2a – Sucha trawa	Badany	Wyprostowany	1,69 k Ω
		Referencyjny		407,3 Ω
4	RS-1b – 2a – Mokra trawa	Badany	Wyprostowany	707 Ω
		Referencyjny		170,4 Ω
5	RS-1b – 2c – Zanurzony w trwałym cieku wodnym	Badany	Wyprostowany	14,6 Ω
		Referencyjny		3,52 Ω

Tab. 6. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym RS-1b

Metryczka: data pomiaru – 14.04.2024, godz. 16.00–17.00, temperatura powietrza ok. 14°C, zachmurzenie: małe, wilgotność umiarkowana. Grunt gliniasty, pokryty kostką brukową, z dostępem do miejsc swobodnego wbijania elektrod, rezystywność $\rho = 116 \Omega\text{m}$							
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Wyniki rezystancji dla przewodu badanego czy referencyjnego	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda małoprądowa	Metoda techniczna		
					I (w A)	U (w V)	R (w Ω)
1	RW-1 – 2b – Sucha kostka brukowa	Badany	Zwinięty	Poza zakr.	0,01	281	28100
2	RW-1 – 2b – Sucha kostka brukowa	Badany	Wyprostowany	Poza zakre.	0,01	280	28000
		Referencyjny		–	–	–	6748
3	RW-1 – 2b – Mokra kostka brukowa	Badany	Zwinięty	616 Ω	0,15	78	520
4	RW-1 – 2b – Mokra kostka brukowa	Badany	Wyprostowany	687 Ω	0,15	62	413
		Referencyjny		165,6 Ω	–	–	99,53

Tab. 7. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym RW-1

Metryczka: data pomiaru – 6.08.2024, godz. 11.00–13.00, temperatura powietrza ok. 22°C, zachmurzenie duże, sucho. Pomiary jak w tabeli 3., ale przeprowadzone w okresie letnim. Grunt gliniasty, rezystywność $\rho = 19,3 \Omega\text{m}$								
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/referencyjny	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda mało-prądowa	Metoda techniczna			Komentarz
					I (w A)	U (w V)	R (w Ω)	
1	PN-2 – 2a – Sucha trawa	Badany	Zwinięty	1,68 k Ω	0,12	18	150	
2	PN-2 – 2a – Sucha trawa	Badany	Wyprostowany	4,56 k Ω	0,065	10,6	163	
		Referencyjny		1,1 k Ω	-	-	39	
3	PN-2 – 2a – Mokra trawa	Badany	Zwinięty	104 Ω	0,18	25,4	141	
4	PN-2 – 2a – Mokra trawa	Badany	Wyprostowany	326 Ω	0,12	17,7	148	
		Referencyjny		79 Ω	-	-	36	
5	PN-1 – 2b – Suchy asfalt	Badany	Zwinięty	Poza zakr.	-	-	-	-
6	PN-1 – 2b – Mokry asfalt	Badany	Zwinięty	10,8 k Ω	0,01	243	24300	Duży błąd metody ze względu na zbyt mały prąd pomiarowy
7	PN-1 – 2b – Mokry asfalt	Badany	Wyprostowany	7,26 k Ω	0,026	240	9231	Duży błąd metody ze względu na zbyt mały prąd pomiarowy
		Referencyjny		1,75 k Ω	-	-	2225	
8	PN-1 – 2d – Przewód zawinięty o baner reklamowy	Badany	-	29,1 Ω	-	-	-	Dodatkowy pomiar z pominięciem elektrody pomiarowej, bezpośrednio na banerze reklamowym – 36,6 Ω
9	PN-1 – 2a – Suchy grunt	Badany	Zwinięty	11,3 k Ω	-	-	-	Dodatkowy pomiar z dociązoną elektrodą – 1 k Ω
10	PN-1 – 2a – Suchy grunt	Badany	Wyprostowany	311 Ω	-	-	-	-
		Referencyjny		75 Ω	-	-	-	
11	PN-2 – 2a – Sucha skoszona trawa	Badany	Zwinięty	3,67 k Ω	-	-	-	-
12	PN-2 – 2a – Sucha skoszona trawa	Badany	Wyprostowany	3,95 k Ω	-	-	-	-
		Referencyjny		952 Ω	-	-	-	
13	PN-2 – 2a – Mokra skoszona trawa	Badany	Zwinięty	123 Ω	-	-	-	-
14	PN-2 – 2a – Mokra skoszona trawa	Badany	Wyprostowany	140 Ω	-	-	-	-
		Referencyjny		34 Ω	-	-	-	

Tab. 8. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym PN-1 i PN-2 w sezonie letnim

cyjne. Zrezygnowano z tworzenia sztucznych zwarcí w rzeczywistych sieciach nn na rzecz pomiarów rezystancji odosobnionego uziemienia utworzonego z przewodu AFL-6 185 mm² swobodnie leżącego na ziemi, w wodzie lub zaplątanego w przewodzącą konstrukcję stanowiącą naturalny uziom. Większy przekrój wybrano ze względu na większą masę jednostkową takiego przewodu w stosunku do masy przewodów typowo wykorzystywanych w liniach nn. Większa masa jednostkowa oznacza większy nacisk na grunt pod własnym ciężarem, a to z kolei oznacza, że uzyskane wyniki pomiaru R_F charakteryzują się ujemnym błędem pomiarowym, tzn. zmierzone R_F jest zawsze mniejsze od rzeczywistej wartości, występującej podczas rzeczywistych do-

ziemień w wyniku zetknięcia się z ziemią przewodów o mniejszych średnicach. Podczas pomiarów okazało się, że mimo większej masy jednostkowej, przewód podczas eksperymentu wymaga dociążenia i stabilizacji, co czyniono za pomocą dodatkowych obciążników kładzionych każdorazowo na przewodzie (wyjątek – zwarcie „do wody”, z przewodem całkowicie zanurzonym w wodzie). Czynniki różnicującymi poszczególne pomiary były:

- » rezystywność gruntu;
- » wilgotność gleby w miejscu zestyku przewodu z gruntem (symulacja pogody sucho – deszczowo);
- » obecność naturalnych uziomów w miejscu upadku przewodu;

- » sposób ułożenia przewodu na gruncie (przewód w przybliżeniu wyprostowany i w przybliżeniu zwinięty w okrąg);
- » obecność roślinności;
- » rodzaj podłoża (gleba naturalna – gleba pokryta asfaltem lub betonem – woda);
- » inne czynniki (np. pora roku).

Ponadto badania przeprowadzano, wykorzystując metodę techniczną pomiaru rezystancji oraz pomiar odpowiednim przyrządem – w tym wypadku miernikiem uziemień. Przykładowe obwody pomiarowe ilustrują **rysunki 3. i 4.**

Przeprowadzono dwie serie pomiarowe – pierwsza przy suchym gruncie oraz druga przy przewodzie zwilżonym wodą, co symulowało obecność

Metryczka: data pomiaru – 8.08.2024, godz. 11.00–12.30, temperatura powietrza ok. 23°C, zachmurzenie duże, wilgotno. Teren górzysty. Grunt skalisty, rezystywność $\rho = 271 \Omega\text{m}$							
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/ referencyjny	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda małoprądowa	Metoda techniczna		
					I (w A)	U (w V)	R (w Ω)
1	W-1 – 2a – Mokra trawa	Badany	Zwinięty	529 Ω	0,09	43	478
2	W-1 – 2a – Mokra trawa	Badany	Wyprostowany	563 Ω	0,09	38	422
		Referencyjny		136 Ω	–	–	102
3	W-1 – 2a – Suchy grunt	Badany	Zwinięty	3,97 k Ω	0,045	160	3556
4	W-1 – 2a – Suchy grunt	Badany	Wyprostowany	4,21 k Ω	0,01	218	21800
		Referencyjny		1,01 k Ω	–	–	5254
5	W-1 – 2b – Wilgotna kostka brukowa	Badany	Zwinięty	Poza zakresem	–	–	–
6	W-1 – 2b – Wilgotna kostka brukowa	Badany	Wyprostowany	6,69 k Ω	–	–	–
		Referencyjny		1,61 k Ω	–	–	–
7	W-1 – 2b – Mokra kostka brukowa	Badany	Zwinięty	2,18 k Ω	0,06	109	1817
8	W-1 – 2b – Mokra kostka brukowa	Badany	Wyprostowany	2,38 k Ω	0,055	122	2218
		Referencyjny		574 Ω	–	–	537
9	W-1 – 2b – Mokry asfalt	Badany	Zwinięty	17,3 k Ω	Poza zakr.	Poza zakr.	–
10	W-1 – 2b – Mokry asfalt	Badany	Wyprostowany	8,96 k Ω	Poza zakr.	Poza zakr.	–
		Referencyjny		2,16 k Ω	–	–	–
11	W-1 – 2d – Przewód zawinięty o znak drogowy	Badany	–	359 Ω	0,09	32	356
12	W-1 – 2b – Sucha kostka brukowa	Badany	Zwinięty	–	0,01	150	15000
13	W-1 – 2b – Sucha kostka brukowa	Badany	Wyprostowany	–	0,025	182	7280
		Referencyjny		–	–	–	1754

Tab. 9. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym W-1

Metryczka: data pomiaru – 30.08.2024, godz. 9.30–11.30, temperatura powietrza ok. 29°C, brak zachmurzenia, sucho. Teren górzysty/pagórkowaty. Grunt skalisty, rezystywność $\rho = 141 \Omega\text{m}$							
Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/ referencyjny	Przewód wyprostowany lub zwinięty	Metoda małoprądowa	Metoda techniczna		
					I (w A)	U (w V)	R (w Ω)
1	Z-1a – 2a – Sucha trawa	Badany	Zwinięty	2,24 k Ω	0,05	167	3340
2	Z-1a – 2a – Sucha trawa	Badany	Wyprostowany	3,77 k Ω	0,06	126	2100
		Referencyjny		–	–	–	506
3	Z-1a – 2b – Suchy asfalt	Badany	Wyprostowany	Poza zakresem	–	–	–
4	Z-1a – 2b – Suchy asfalt	Badany	Zwinięty	Poza zakresem	–	–	–
5	Z-1a – 2a – Sucha nawierzchnia szutrowa	Badany	Zwinięty	10,4 k Ω	–	–	–
6	Z-1a – 2a – Sucha nawierzchnia szutrowa	Badany	Wyprostowany	6,12 k Ω	–	–	–
		Referencyjny		1,5 k Ω	–	–	–
7	Z-1a – 2d – Przewód zawinięty o znak drogowy	Badany	–	296 Ω	0,07	53	757
8	Z-1a – 2a – Mokra trawa	Badany	Wyprostowany	419 Ω	0,11	47	427
		Referencyjny		101 Ω	–	–	103
9	Z-1a – 2a – Mokra trawa	Badany	Zwinięty	644 Ω	0,1	66	660
10	Z-1a – 2b – Mokry asfalt	Badany	Zwinięty	8,07 k Ω	–	–	–
11	Z-1a – 2a – Mokra nawierzchnia szutrowa	Badany	Zwinięty	246 Ω	0,11	43	391
12	Z-1a – 2a – Mokra nawierzchnia szutrowa	Badany	Wyprostowany	601 Ω	0,11	52	473
		Referencyjny		145 Ω	–	–	114
13	Z-1a – 2b – Wilgotny rów przydrożny	Badany	Wyprostowany	1,21 k Ω	–	–	–
		Referencyjny		291 Ω	–	–	–

Tab. 10. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym Z-1

Metryczka: data pomiaru – 30.08.2024, godz. 11.50–12.00, temperatura powietrza ok. 29°C, brak zachmurzenia, sucho. Teren górzysty/pagórkowaty. Grunt skalisty, rezystywność $\rho = 33,5 \Omega\text{m}$

Lp.	Opis (miejsce) ułożenia	Przewód badany/referencyjny	Metoda małopiędowa rezystancja R_F
1	Z-1b-2c – przewód rozwinięty zanurzony w stawie	Badany	9,94 Ω
		Referencyjny	2,40 Ω

Tab. 11. Zestawienie wybranych wyników pomiarów na stanowisku pomiarowym Z-1b

Lp.	Rezystywność gruntu wg danych austriackich ρ [Ωm]	Pomiar R_F (wg danych austriackich) [Ω]	Rezystywność gruntu wg danych z pomiarów w Polsce w 2024 r. ρ [Ωm]	Pomiar R_F (w 2024 r. w Polsce – dane referencyjne) [Ω]	Kod stanowiska, na którym uzyskano dany wynik w 2024 r. w Polsce
1	15	15,2	14,6	51,82	RS-1a, mokra płyta ażur., pomiary wiosną
2	19	30	19,3	36	PN-2 mokra trawa, pomiary w lecie
3	21	123,2	19,5	20,97	PN-1, PN-2 – mocno wilgotne pole, pomiary wiosną
4	88	49,4	87	170,4	RS-1b, mokra trawa, pomiary wiosną
5	99	89,1	93,1	41,21	R-1 mokry piasek/mokra trawa, pomiary wiosną
6	147	249,1	141	101	Z-1, mokra trawa, pomiary latem
7	330	374,2	271	102	W-1, mokra trawa, pomiary wiosną

Tab. 12. Porównanie rezystancji przejścia przy opadnięciu przewodu linii napowietrznej nn na ziemię wg pomiarowych danych austriackich i polskich, przy najbardziej zbliżonych rezystywnościach gruntu

opadów atmosferycznych. Ogółem różnicowano stanowiska pomiarowe, na których można było odzwierciedlić:

- upadek przewodu na grunt rolniczy (miękką ziemię, piasek, trawa, ew. inne rośliny);
- upadek przewodu na podłoże utwardzone (asfalt, beton, kostka brukowa, żwir);
- upadek przewodu do zbiornika wodnego (kałużę, ew. naturalne zbiorniki wodne);
- upadek przewodu na część przewodzącą obcą, stanowiącą naturalne uziemienie (przewodzące ogrodzenia, barierki, metalowe elementy konstrukcji).

Scenariusz pomiarów był następujący:

- Pomiar rezystywności gruntu na stanowisku pomiarowym lub w bezpośrednim jego sąsiedztwie (w przypadku litych podłoży asfaltowych lub betonowych pomiar bezpośrednio na stanowisku nie był możliwy);
- Rozwinięcie układu pomiarowego i znalezienie strefy potencjału zerowego wg wytycznych z opracowania [4], przy czym odległości sond (elektrod) od badanego układu ustalano bazowo jako typowe: $L_H = 40\text{ m}$ i $L_S = 20\text{ m}$. W przypadku braku zadowalającego wyniku co do wyznaczenia strefy potencjału zerowego lub ograniczeń

techniczno-terenowych odległości korygowano. Strefę potencjału zerowego wyznaczano przy użyciu przyrządu przeznaczonego do pomiaru rezystancji uziemień;

- Wykonanie właściwego pomiaru rezystancji uziemienia metodą „3p” małopiędową (przyrządem) i przy użyciu metody technicznej z wykorzystaniem generatora przy napięciu pomiarowym takim samym jak napięcie fazowe sieci nn (230 V) lub – jeśli okazywało się to niemożliwe ze względu na zbyt duży prąd zwarcia – przy maksymalnym możliwym do uzyskania bez przeciążenia aparatury prądzie zwarcia doziemnego;
- Zmiana konfiguracji stanowiska (zmiana kształtu ułożenia przewodu) i powtórzenie pomiarów.

Uzyskane wyniki pomiarowe, w celu porównania z wynikami uzyskanymi przez innych autorów [9], przeliczano na długość przewodu wynoszącą 40 m, podczas gdy przewód rzeczywisty użyty do badań miał długość wynoszącą 720 cm. Wyjątkiem od tej zasady były sytuacje, w których badany przewód był zapłątany w części przewodzącej obce (z oczywistych przyczyn w takich sytuacjach zestyk nigdy nie jest liniowy).

Uzyskane wyniki pomiarowe (wybrane), wraz z przeliczeniami, zestawiono w tabelach 3.–11. Natomiast w tabeli 2. przedstawiono wybrane właściwości i możliwości przeprowadzenia pomiarów na poszczególnych stanowiskach.

Analiza wyników pomiarowych, porównania i wnioski

Pierwszym spostrzeżeniem, które można zauważyć, analizując wyniki pomiarowe z tabel 3.–11. jest to, że wartości rezystancji przejścia mniejsze od 10 Ω wystąpiły jedynie w 10 przypadkach, i to biorąc pod uwagę zarówno wartości zmierzone bezpośrednio, jak i przeliczone na referencyjną długość przewodu wynoszącą 40 m. Taką długość przyjęto ze względu na możliwość ewentualnego porównania uzyskanych wyników z wynikami badań austriackich. Przeliczenia na wartość referencyjną dokonywano, wykorzystując następujące rozumowanie:

Ponieważ dla modelu przewodu, jako walca wtłoczonego do połowy w grunt, obowiązuje wzór (6):

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{l}{r} \quad (3)$$

zatem dla długości przewodu l_1 jest:

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi l_1} \ln \frac{l_1}{r}$$

natomiast dla długości l_2 :

$$R_2 = \frac{\rho}{\pi l_2} \ln \frac{l_2}{r}$$

Dzieląc te równania stronami i wyliczając R_2 , określoną wzorem (4):

$$R_2 = R_1 \frac{\rho}{\pi l_2} \ln \frac{l_2}{r} \cdot \frac{\pi l_1}{\rho} \frac{1}{\ln \frac{l_1}{r}} = R_1 \frac{l_1}{l_2} \frac{\ln \frac{l_2}{r}}{\ln \frac{l_1}{r}} \quad (4)$$

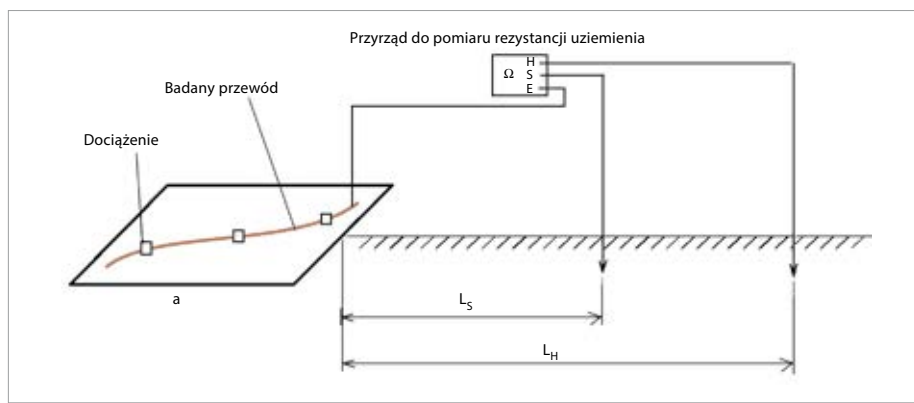
Pamiętając, że długość przewodu użytego w badaniach wynosiła 7,2 m, a długość przewodu referencyjnego – 40 m, i podstawiając te dane, otrzymamy się:

$$\begin{aligned} R_{ref} &= R_{bad} \frac{\rho}{\pi l_{ref}} \ln \frac{l_{ref}}{r} \cdot \frac{\pi l_{bad}}{\rho} \frac{1}{\ln \frac{l_{bad}}{r}} = \\ &= R_{bad} \frac{l_{bad}}{l_{ref}} \frac{\ln \frac{l_{ref}}{r}}{\ln \frac{l_{bad}}{r}} = R_{bad} \frac{7,2}{40} \frac{\ln \frac{40}{0,0096}}{\ln \frac{7,2}{0,0096}} = R_{bad} \cdot 0,227 \end{aligned}$$

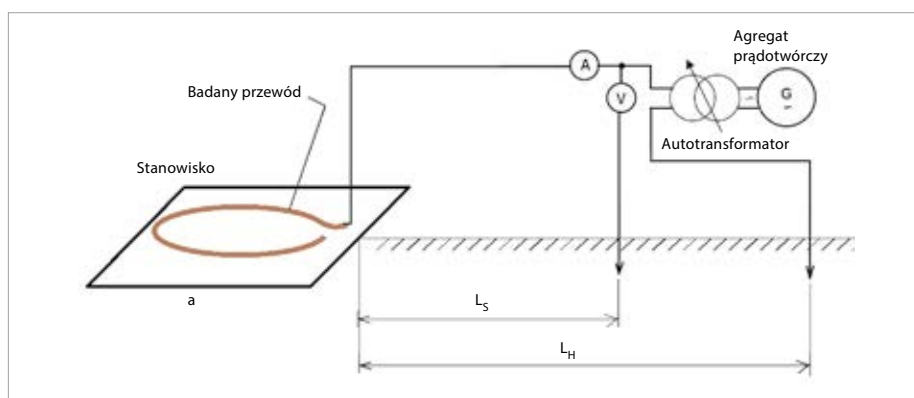
Przeliczenia dokonywano wyłącznie dla sytuacji, kiedy przewód badany był ułożony w przybliżeniu liniowo, ponieważ w przypadku przewodu zwiniętego w okrąg lub zaplątanego w różnego rodzaju części przewodzące obce długość przewodu ma mniejsze znaczenie (kilka zwojów leżących w tym samym miejscu, zestyki punktowe zamiast liniowych itp.). Porównanie wybranych wartości referencyjnych z wartościami uzyskanymi w Austrii przedstawiono w tabeli 12. Porównywano jedynie te wartości, dla których przewód badany był położony w przybliżeniu prostoliniowo i rezystywność gruntu na stanowiskach austriackich i w Polsce była podobna. Zaistniało jedynie 7 takich przypadków.

Z tabeli wynika, że pomimo podobnych wartości rezystywności gruntu, wyniki pomiaru rezystancji przejścia są bardzo zróżnicowane, co więcej – nie można wyznaczyć linii trendu, jeśli chodzi o zależność rezystancji przejścia od rezystywności gruntu. Wiąże się to z przypadkowością rozkładu punktów styczności zerwanego przewodu z ziemią. Teoretycznie cięższy (na jednostkę długości) przewód 185 mm² powinien mieć więcej takich punktów styczności niż linka aldrejowa 70 mm², użyta w badaniach austriackich, zatem jego rezystancje przejścia przy podobnych rezystywnościach gruntu powinny być mniejsze. Nie zaobserwowano takiej zależności.

Badania terenowe – zarówno polskie, jak i austriackie – pokazały, że wartość rezystancji przejścia w miejscu doziemienia, przyjmowana jako



Rys. 3. Pomiar rezystancji przejścia na styku przewodu i ziemi w przypadku liniowego ułożenia przewodu na stanowisku pomiarowym (a), wykorzystanie dedykowanego przyrządu do pomiaru uziemień rys. M. Kielboń



Rys. 4. Pomiar rezystancji przejścia na styku przewodu i ziemi w przypadku kołowego ułożenia przewodu na stanowisku pomiarowym (a), wykorzystanie metody technicznej rys. M. Kielboń

$R_F = 10 \Omega$, zawiera bardzo duży margines bezpieczeństwa. W większości przypadków rezystancja ta osiąga znacznie wyższe wartości. W badaniach terenowych wartości niższe (czasami znacznie) uzyskano jedynie dla celowo wybranych ekstremalnych warunków terenowych, przede wszystkim w przypadkach, kiedy przewód jest całkowicie zanurzony w wodzie. Wówczas należy się spodziewać, że wartość rezystancji przejścia do ziemi w miejscu uszkodzenia może być na poziomie kilku Ω (w skrajnych przypadkach znacznie poniżej 10 Ω). Taki wynik może być uzyskany również poza środowiskiem wodnym (przypadek bariery drogowej na stanowisku PN-1), lecz wówczas zachodzi podejrzenie istnienia na danym stanowisku powierzchni ekwipotenzalizującej lub nawet zespolonej instalacji uziemiającej.

We wszystkich pozostałych przypadkach uzyskane wartości (dla przewodu referencyjnego) rezystancji przejścia w miejscu uszkodzenia spełniały warunek $R_F > 20 \Omega$. (a dla większo-

ści pomiarów uzyskiwano wyniki znacznie wyższe). Wartości zbliżone do 20 Ω uzyskano przy mokrym przewodzie ułożonym bezpośrednio na rodzimym gruncie, ewentualnie w przypadku zetknięcia badanego przewodu z częściami przewodzącymi o większym rozmiarze z rozbudowanym fundamentem. Każda dodatkowa warstwa na powierzchni rodzimego gruntu praktycznie w każdych warunkach zwiększała wartość rezystancji przejścia co najmniej kilkakrotnie.



literatura do artykułu na
elektro.info.pl



Przykład praktycznej realizacji pomiarów rezystancji przejścia na gruncie o dużej rezystywności (kostka brukowa) fot. M. Kielboń

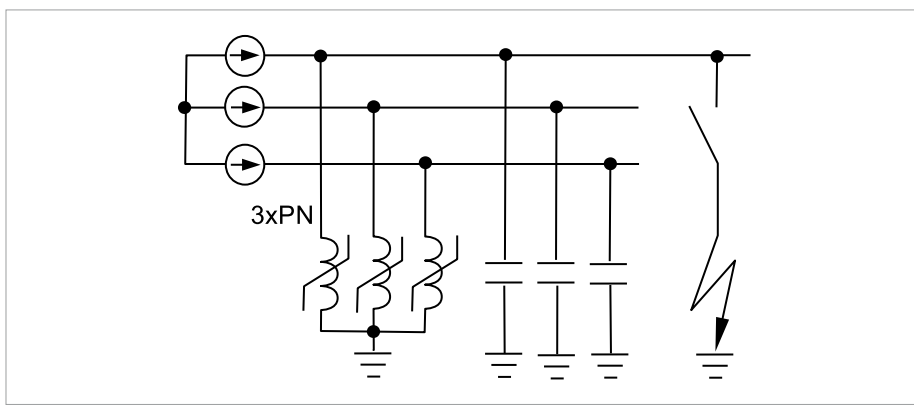
mgr inż. Wojciech Podhajecki, dr inż. Andrzej Włóczyk (Politechnika Opolska), mgr inż. Michał Krzęcio

Eliminacja ferorezonansu w nieuziemionych sieciach elektroenergetycznych SN z wykorzystaniem specjalizowanych sterowników serii iZAZ

Zjawisko ferorezonansu w izolowanych sieciach SN występuje w stanach przejściowych, gdy pomiędzy potencjałami faz a ziemią tworzy się układ równoległy, złożony z nieliniowych indukcyjności przekładników napięciowych oraz pojemności linii stanowiących sieć. Zjawisko ferorezonansu zostaje zainicjowane podczas nasycenia rdzeni przekładników napięciowych, spowodowanego skokową zmianą napięć pomiędzy fazami sieci a ziemią. Do skokowych zmian napięcia dochodzi w czasie operacji łączeniowych, np. dołączania długich linii kablowych lub kolejnych układów przekładników napięciowych oraz po wyłączeniu linii związanym z eliminacją zwarć doziemnych. Schemat układu do badania zjawiska ferorezonansu w nieuziemionej sieci SN przedstawiono na rysunku 1. Analiza zjawiska była przedmiotem badań w wielu jednostkach badawczych [2, 3, 4, 6]. Charakterystykę problemu, ze względu na wielkość zagrożenia, zawarto np. w publikacjach [1, 2, 3].

Występowanie drgań ferorezonansowych w czasie kilkudziesięciu sekund najczęściej prowadzi do uszkodzenia przekładników napięciowych oraz innych konsekwencji występowania wysokich wartości napięć fazowych, w tym również uszkodzeń izolacji kabli.

W czasie występowania drgań ferorezonansowych występują również inne niekorzystne zjawiska. Do tej grupy należy zaliczyć nieselektywne i zawadne działanie zabezpieczeń zero-



Rys. 1. Schemat zastępczy układu do analizy zjawisk ferorezonansowych w sieci nieuziemionej SN

STRESZCZENIE

Drgania ferorezonansowe, wywołane stanami przejściowymi w nieuziemionych bezpośrednich sieciach elektroenergetycznych, są znane i stanowią istotny problem eksploatacji sieci. Przeprowadzone prace naukowo-badawcze potwierdzają fizykę zjawiska oraz związane z nim zagrożenia. Do gaszenia ferorezonansu najczęściej wykorzystuje się rezystory dociążające układ pomiarowy. Prace konstruktorów, szerokie wykorzystywanie urządzeń cyfrowych i popularyzacja cyfrowego przetwarzania sygnałów umożliwiły opracowanie urządzeń wykonujących bezbłędnie identyfikację zjawiska oraz sterowanie procesem jego eliminacji. W artykule przedstawiono wyniki badań testowych zabezpieczeń serii iZAZ, przeznaczonych do wykorzystania w polach pomiaru napięcia rozdzielnic SN z aktywnym układem eliminacji ferorezonansu, przy czym do doboru sygnałów pomiarowych wykorzystano rzeczywiste rejestracje zakłóceń.

Słowa kluczowe: zjawisko ferorezonansu, przekładniki napięciowe, sterowniki iZAZ.

wonapięciowych. Mierzona wartość skuteczna napięcia składowej zerowej w czasie występowania drgań ferorezonansowych dochodzi do kilkudziesięciu woltów, co może spowodować zbędne zadziałania zabezpieczenia zerowonapięciowego. Z tych powodów zabezpieczenia zerowonapięciowe konfiguruje się zazwyczaj do działania na sygnalizację.

Notowane uszkodzenia przekładników napięciowych lub zadziałanie zabezpieczeń nadprądowych tych przekładników wymusza stosowanie układów antyferorezonansowych. Typowymi rozwiązaniami są grupowy (centralny) układ antyferorezonansowy lub stosowanie układu statycznego polegającego na włącze-

niu dodatkowego obciążenia w układzie otwartego trójkąta przekładników napięciowych. Doświadczenia eksploatacyjne wskazują, że stosowanie układu statycznego jest rozwiązaniem mało skutecznym. Główną wadą tego rozwiązania jest wysoka dolna graniczna wartość rezystora dociążającego obwód pomiarowy, wpływająca na spadek napięcia w przekładniku.

Budowa współczesnych urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej oparta jest na zaawansowanej technice cyfrowego przetwarzania sygnałów. Duża moc obliczeniowa pozwala na wyznaczenie typowych wielkości kryterialnych, realizację zaawansowa-

nych funkcji logicznych oraz implementację nowych rozwiązań z zakresu cyfrowego przetwarzania sygnałów.

Przykładem są przekaźniki i sterowniki polowe typu iZAZ [8]. Znane od wielu lat, niezawodne w działaniu, stosowane między innymi w polach pomiaru napięcia rozdzielnic SN, zostały wyposażone w algorytm detekcji ferorezonansu. Funkcjonalność ta pozwala na zwiększenie skuteczności eliminacji ferorezonansu oraz efektów jego występowania.

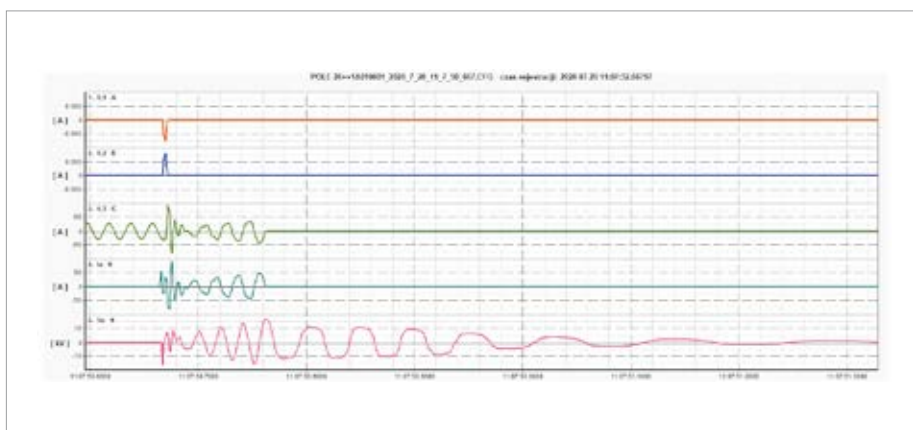
Przykłady ferorezonansu podczas eliminacji zwarć doziemnych w sieci SN

Ferorezonans jest inicjowany w stanach przejściowych, występujących podczas eksploatacji sieci SN zasilających, szczególnie sieci z nieziemionym bezpośrednio punktem gwiazdowym, czyli podczas załączania długich linii kablowych, dołączania kolejnych rozdzielnic wyposażonych w pola pomiaru napięcia z układem przekładników przeznaczonych do pomiaru napięcia zerowego i napięć fazowych, ale przede wszystkim podczas eliminacji zwarć doziemnych. Obok, na **rysunkach 2. i 3.**, przedstawiono zarejestrowane przebiegi, które wystąpiły podczas eliminacji zwarć wielokoprowych, dwufazowych. Po zadziałaniu zabezpieczeń nadprądowych fazowych zwarcie przerodziło się w zwarcie doziemne. Zwarcie doziemne zostało skutecznie wyeliminowane przez zabezpieczenia ziemnozwarciowe, jednak podczas wyłączania doziemnej linii zainicjowany został ferorezonans. W przypadku 1 (**rys. 2.**) nastąpiło samoistne wytłumienie drgań ferorezonansowych po czasie ok. 1,0 s. W drugim przypadku (**rys. 3.**) występujące warunki spowodowały utrzymanie się ferorezonansu w czasie ponad 100 s. Po tym czasie doszło do trwałego uszkodzenia w polu pomiaru napięcia.

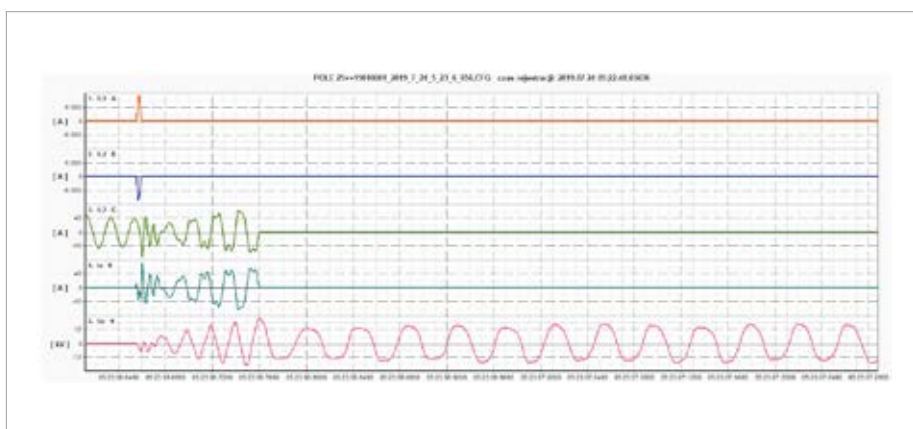
Obrazy przebiegów są zgodne z wynikami badań symulacyjnych prezentowanych w wielu publikacjach ostatnich lat [3]. Wieloletnie doświadczenia zdobyte podczas eksploatacji sieci zasilających wskazują, że ponad 90% drgań ferorezonansowych powstaje po zadziałaniu zabezpieczeń ziemnozwarciowych.

Układy do eliminacji ferorezonansu z zastosowaniem sterowników serii iZAZ

W układach zasilania przemysłowych sieci elektroenergetycznych średnich napięć do eliminacji ferorezonansu stosuje się różne rozwiązania. Najczęściej wykorzystuje się jedno



Rys. 2. Rzeczywiste przebiegi sygnałów pomiarowych EAZ podczas rezonansu samoistnie zanikającego



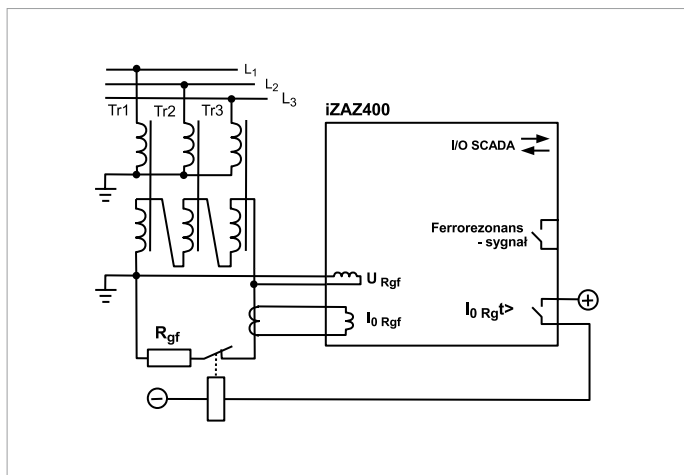
Rys. 3. Rzeczywiste przebiegi sygnałów pomiarowych EAZ podczas rezonansu trwałego

z dwóch rozwiązań, tzn. układy gaszące grupowe (centralne) lub układy statyczne z rezystorem podłączonym do układu pomiaru składowej zerowej napięcia.

Układ antyferorezonansowy centralny instaluje się w polu pomiaru napięcia lub w polu dedykowanym. W wybranym polu rozdzielnic głównej instaluje się trzy jednofazowe transformatory SN/nn połączone odpowiednio po stronie pierwotnej (SN) w układ gwiazdy z uziemionym punktem neutralnym, natomiast po stronie wtórnej łączy się w układ otwartego trójkąta, obciążony rezystorem dobranym do mocy transformatorów [3]. Podstawowym zadaniem układu jest skuteczne tłumienie drgań ferorezonansowych, a nie dostarczanie sygnału napięcia zerowego. Schemat ideowy układu przedstawiono na **rysunku 4.** W układzie jako urządzenie nadzorujące pracę transformatorów i rezystora, eliminujących ferorezonans, zastosowano specjalizowany sterownik typu iZAZ400. Zadaniem tego sterownika jest wykrywanie ferorezonansu oraz zabezpieczenie transformatorów i rezystora przed skutkami przeciążeń i zwarć. Wybór tego sterownika jest podyktowany możliwością dokonania detekcji wystą-

pienia ferorezonansu oraz możliwością połączenia z systemem sterowania i nadzoru poprzez interfejs komunikacyjny.

Zastosowanie układu centralnego, szczególnie w istniejących sieciach zasilających, najczęściej nie jest możliwe, a ponadto w przypadku sieci o wielu źródłach zasilających mogą wystąpić konfiguracje, w których układ centralnego gaszenia ferorezonansu zostanie wyseparowany. Właściwym rozwiązaniem stają się układy lokalne, zainstalowane w polach pomiaru napięcia wszystkich rozdzielnic w sieci, gdzie dokonuje się pomiaru napięcia zerowego dla zabezpieczeń ziemnozwarciowych. Włączone rezystory w obwód otwartego trójkąta stanowią pojedyncze ogniwa rozproszonego układu gaszenia ferorezonansu. Rozwiązanie to jest rozwiązaniem statycznym, włączony na stałe rezystor musi mieć odpowiednio wysoką rezystancję, aby nie wpływał na wartość pomiarową, czyli napięcie zerowe. Stosowane aktualnie inne rozwiązania, oferujące dociążenie obwodu pomiarowego przez niską rezystancję podczas występowania napięcia zerowego, negatywnie wpływają na przebieg składowej zerowej



Rys. 4. Schemat ideowy centralnego układu gaszenia ferorezonansu

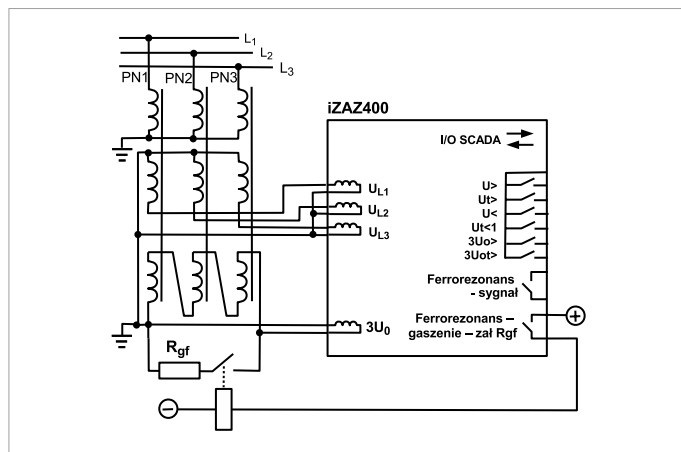
napięcia i skuteczność działania zabezpieczeń ziemnozwarciowych.

Właściwym rozwiązaniem jest zastosowanie **układu aktywnego**, tzn. urządzenia sterującego pracą rezystora do gaszenia ferorezonansu wyłącznie w czasie występowania ferorezonansu oraz jednoczesne blokowanie działania zabezpieczeń nadnapięciowych, podnapięciowych i zerowonapięciowych.

Głównym elementem układu jest urządzenie wykrywające drgania ferorezonansowe będące podstawą do dołączenia rezystora gaszącego R_{gf} . Funkcjonalnie sterowanie obejmuje załączenie rezystora eliminującego ferorezonans R_{gf} , jednak ważne jest właściwe zadysponowanie informacji o występującym napięciu U_0 i zidentyfikowanym ferorezonansie. Tak więc w przypadku, kiedy występuje wyłącznie napięcie U_0 o częstotliwości sieciowej, nie powin-

no nastąpić załączenie rezystora R_{gf} , gdyż dołączenie obwodu wtórnego do pomiaru napięcia zerowego uniemożliwiłoby prawidłowe działanie zabezpieczeń ziemnozwarciowych kierunkowych zainstalowanych w pozostałych polach rozdzielni. Zidentyfikowany stan występującego ferorezonansu powinien być wykorzystany do blokady działania zabezpieczeń zerowonapięciowych $U_0 >$ oraz zabezpieczeń napięciowych $U >$ i $U <$.

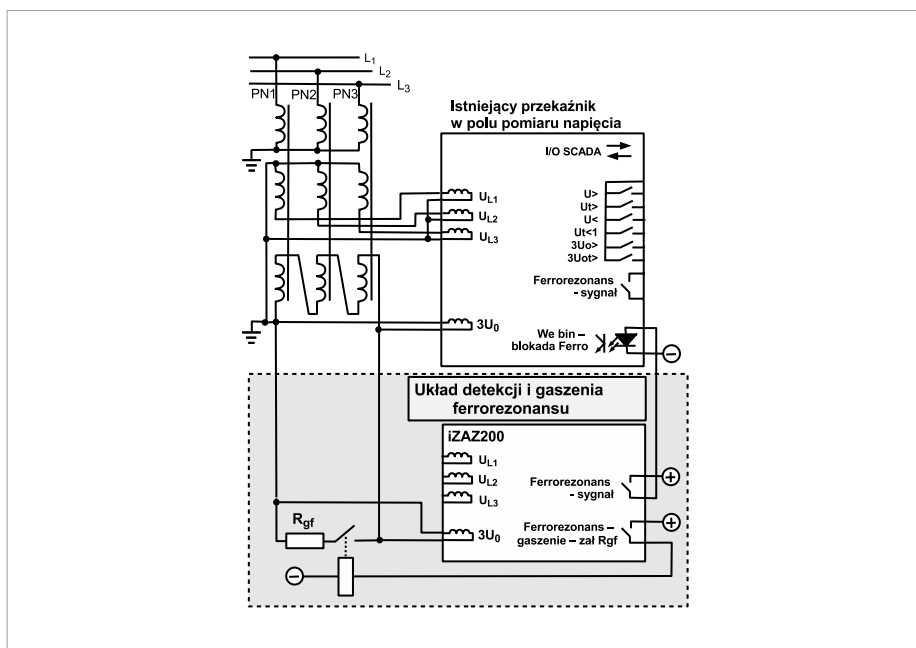
Na **rysunku 5**, przedstawiono schemat ideowy układu zabezpieczeń pola pomiaru napięcia. Cechą charakterystyczną jest zastosowanie sterownika iZAZ400 z zaimplementowanymi funkcjami detekcji i eliminacji ferorezonansu. Poza standardowymi pomiarami wielkości kryterialnych, jakimi są napięcia fazowe, międzyfazowe oraz napięcie zerowe, wyznaczane są wielkości będące podstawą identyfikacji drgań ferore-



Rys. 5. Schemat ideowy rozproszonego układu gaszenia ferorezonansu i zabezpieczenia przekładników napięciowych w układach nowo projektowanych

zonansowych. Wykrycie drgań ferorezonansowych oraz potwierdzenie braku występowania doziemienia powoduje pobudzenie wybranego wyjścia dwustanowego wykorzystanego do załączenia rezystora gaszącego ferorezonans R_{gf} oraz sygnalizacji drgań ferorezonansowych (optycznie oraz sygnałem binarnym). Sygnał o występującym ferorezonansie może zostać wykorzystany do blokady zabezpieczeń napięciowych i zerowonapięciowych, podobnie jak informacja o zadziałaniu zabezpieczenia nadprądowego strony pierwotnej przekładnika napięciowego.

Do eksploatowanych sieci, w których drgania ferorezonansowe występowały wielokrotnie, przeznaczone są urządzenia niwelujące gruntowne modernizacje, o funkcjonalności ograniczonej do detekcji ferorezonansu oraz sterowania pracą rezystora układu gaszenia ferorezonansu. Przykład takiego rozwiązania przedstawiono na **rysunku 6**. Jako jednostkę centralną układu antyferorezonansowego zastosowano przekładnik iZAZ200. Jego działanie polega przede wszystkim na detekcji ferorezonansu i załączeniu rezystora gaszenia ferorezonansu R_{gf} . Zidentyfikowany stan drgań ferorezonansowych jest emitowany z wykorzystaniem wyjścia binarnego do innych zabezpieczeń, nad- i podnapięciowych oraz zerowonapięciowych zaimplementowanych w sterowniku pola pomiaru napięcia. Sygnał „ferorezonans” może zostać wykorzystany do blokady działania zabezpieczeń napięciowych, jak i zerowonapięciowego.



Rys. 6. Schemat ideowy układu detekcji gaszenia ferorezonansu w typowym polu pomiaru napięcia

Ocena działania układu detekcji ferorezonansu z wykorzystaniem przekładnika iZAZ200

Podstawowe wymagania stawiane urządzeniom EAZ sprowadzają się do działania nieza-



Producent elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej oferuje rodzinę urządzeń iZAZ:

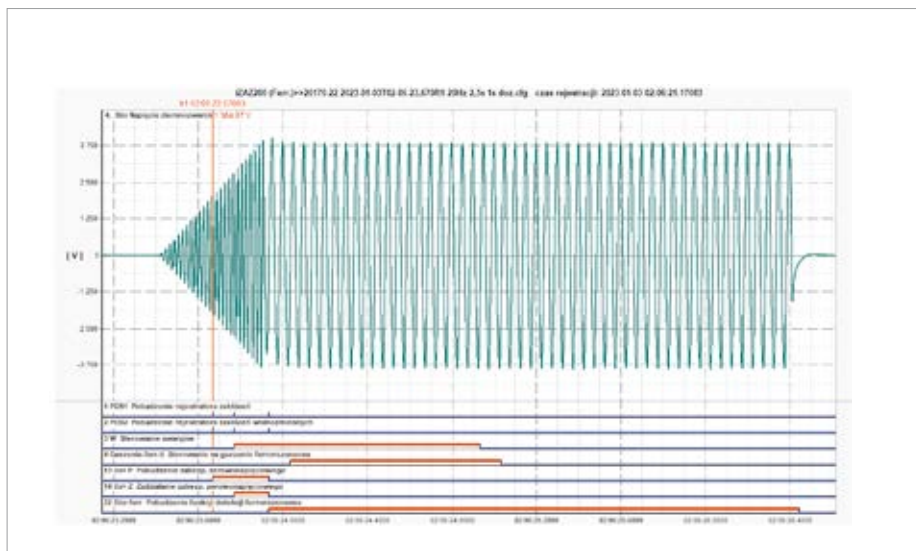
- przekaźniki prądowe, napięciowe, ziemnozwarciowe dla pól niskich, średnich i wysokich napięć,
- sterowniki pól średniego lub wysokiego napięcia, również jako zabezpieczenie odległościowe oraz zabezpieczenie różnicowe odcinkowe linii,
- kompleksowe zabezpieczenia generatorów i bloków generator transformator.

NOWOŚCI:

- Nowy zespół zabezpieczeń iZAZ350 dedykowany dla pól średnich i wysokich napięć, OZE oraz zabezpieczeń generatorowych,
- TRU funkcja automatyki przetącnika zaczeów transformatora,
- ASG funkcja automatycznego synchronizatora generatora.



**ZAZ-En sp. z o.o. ul. Marii Konopnickiej 13, 41-100 Siemianowice Śląskie,
tel. +48 32 726 69 23, tel. 666 345 616, <http://zaz-en.pl>, biuro@zaz-en.pl**



Rys. 7. Przebiegi: analogowy składowej zerowej napięcia i sygnałów dwustanowych podczas symulacji zjawiska ferorezonansu występującego po wyeliminowaniu zwarcia doziemnego

wodnego, selektywnego, odpowiednio czułego i możliwie szybkiego. Zgodnie z przedstawionym przebiegiem zjawisk występujących podczas eliminacji zakłóceń sieciowych, skutkujących pojawieniem się drgań ferorezonansowych, przeprowadzone zostały badania laboratoryjne sterownika iZAZ. Podczas badań dokonano oceny detekcji zwarcia doziemnego przez zabezpieczenie zerowonapięciowe na podstawie pomiaru składowej zerowej $3U_0$ oraz detekcji występowania ferorezonansu i sterowania pracą rezystora dociążającego R_{gf} za pośrednictwem wyjścia przekątnikowego. W tym celu przygotowano przebieg napięcia pomiarowego zawierający, po stanie początkowym odpowiednim dla pracy sieci bez zakłóceń ($3U_0 = 0V$), następnie napięcie zerowe ($3U_0$) rosnące do wartości 30 V o częstotliwości 50 Hz w czasie 1,0 sekundy odpowiednie dla stanu zwarcia doziemnego, a dalej przyjmując, że doziemienie zostało wyeliminowane i zainicjowane zostały drgania ferorezonansowe, wygenerowany został przebieg o częstotliwości charakterystycznej dla ferorezonansu.

Wyniki przeprowadzonego testu, obejmujące przebieg napięcia pomiarowego i sygnały binarne, przedstawiono na rysunku 6. Przebiegi zostały pozyskane z wewnętrznego rejestratora zakłóceń urządzenia iZAZ. Działanie testowanego przekątnika iZAZ200 przebiegło następująco:

- przy napięciu $3U_0$ równym 10V (zgodnie z nastawą) nastąpiło pobudzenie zabezpieczenia zerowonapięciowego $U_{0>}$,
- po upływie 0,1 s (zgodnie z nastawą) nastąpiło zadziałanie zabezpieczenia zerowonapięciowego $U_{0>}$; uwaga: typowo czas opóźnienia

zabezpieczenia $3U_{0>}$ nastawiony jest powyżej 10 s,

- po czasie ok. 1 s od początku generacji przebiegu o częstotliwości 50 Hz nastąpiło odzwodzenie przekątnika zerowonapięciowego $U_{0>}$ i pobudzenie przekątnika detekcji ferorezonansu $3U_{0-fer}$,
- sygnał gaszenia ferorezonansu wystąpił po czasie 0,1 s (zgodnie z nastawą) i trwał 1,0 s (zgodnie z nastawą).

Badania przeprowadzono dla szerokiego spektrum składowej zerowej napięcia i częstotliwości drgań ferorezonansowych. Wyniki potwierdziły skuteczność działania przekątnika iZAZ, uzyskane wartości napięcia pobudzenia i odzwodzenia oraz czasy działania poszczególnych członów były zgodne z nastawami.

I Podsumowanie

Zjawisko ferorezonansu jest bardzo niebezpieczne dla niezawodnej eksploatacji aparatów i urządzeń elektrycznych w nieziemiennych bezpośrednio sieciach elektroenergetycznych. Wykorzystanie cyfrowych urządzeń EAZ, bazujących na wysoko zaawansowanych metodach przetwarzania sygnałów pomiarowych, w tym prądu i napięcia zerowego, umożliwia bezbłędne wykrycie drgań ferorezonansowych i odróżnienie ich od zwarcia doziemnego. Dostęp do takiej informacji umożliwia selektywne sterowanie procesem eliminacji zakłóceń, bez zmniejszania czułości stosowanych zabezpieczeń ziemnozwarciowych.

Aktywny układ tłumienia ferorezonansu powinien być standardem w polach pomiaru napięcia w nowo projektowanych rozdzielnicach w sieciach izolowanych średnich napięć, zastę-

pując włączane rezystory dociążające układ pomiaru napięcia zerowego lub układy działające na podstawie pomiaru składowej zerowej napięcia.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa pracy sieci, najważniejszym atutem zastosowania zaprezentowanych układów jest możliwość skonfigurowania działania zabezpieczeń zerowonapięciowych na wyłączenie.

I Literatura

- H. Cichoń, Praktyczne sposoby eliminacji ferorezonansu w sieciach elektroenergetycznych, COSiW SEP, Warszawa 2005.
- W. Jałmużny, Analiza właściwości przekładników napięciowych wysokiego napięcia w nietypowych warunkach eksploatacyjnych ze szczególnym uwzględnieniem oscylacji ferorezonansowych, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 2013.
- S. Moskwa, W. Nowak, R. Tarko, Modelowanie i analiza układu sieci średniego napięcia dla oceny warunków i skutków występowania ferorezonansu oraz sposobów jego eliminacji, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, 2009, nr 26, s. 101–104.
- R. Tarko, W. Nowak, W. Szpyra, M. Benesz, A. Makuch, Ferorezonans jako źródło zakłóceń i awarii w sieciach dystrybucyjnych średnich napięć, Acta Energetica (wyd. polskie): ISSN 2080-7570, 2011, nr 4, s. 75–82.
- A. Tokić, V. Milardić, I. Uglešić, A. Jukan, Simulation of three-phase transformer inrush currents by using backward and numerical differentiation formulae, Electric Power Systems Research, 127, pp. 177–185, Oct. 2015.
- A. Wiszniewski, Przekładniki w elektroenergetyce, WNT, Warszawa 1992.
- J. Warecki, Ferorezonans w sieci zasilającej kopalnię, „Automatyka – Elektryka – Zakłócenia”, vol 9, nr 4(34), s. 36–44.
- iZAZ400, iZAZ200 – dokumentacja techniczna urządzeń, ZAZ EN Sp. z o.o. 2025.



ZAZ-En sp. z o.o.

41-100 Siemianowice Śląskie
ul. Marii Konopnickiej 13
tel. 32 726 69 23
faks 32 494 48 85
biuro@zaz-en.pl
<https://zaz-en.pl>

POWERLINE GREEN 33 PRO

(10-40 kVA)

**Stabilne zasilanie
dla automatyki,
SZR i hali produkcyjnej.**

**UPS do zasilania automatyki,
rozdzielni i systemów sterowania
w wymagających instalacjach
przemysłowych.**

- Ograniczenie restartów PLC i zawiesznień sterowników
- Stabilne zasilanie dla automatyki, falowników i systemów SCADA
- Pewna współpraca z agregatem i układami SZR
- Wysoki prąd zwarcia wspierający selektywność zabezpieczeń
- Kompensacja wejściowej mocy biernej
- Skalowalność mocy i czasu podtrzymania
- Projektowany, produkowany i serwisowany w Polsce

**UPS EVER
POWERLINE GREEN 33 PRO**

**Trójfazowy UPS online VFI
dla infrastruktury krytycznej
(10-40 kVA / 10-40 kW)**

Bezpłatny dobór UPS do hali produkcyjnej

ever.eu/centrum-zasilania | centrum-zasilania@ever.eu



Współpraca instalacji fotowoltaicznej i magazynu energii w trybie harmonogramu czasowego – analiza przepływów mocy

Cel stosowania bateryjnych magazynów energii

Bateryjne magazyny energii coraz częściej stanowią istotny element układu elektroenergetycznego w obiektach przemysłowych i biurowych. Podobnie jak pozostałe składowe takiego układu, ich zastosowanie wynika z potrzeby uzyskania określonych efektów technicznych oraz ekonomicznych. W rozpatrywanych obiektach do najważniejszych zadań magazynów energii można zaliczyć:

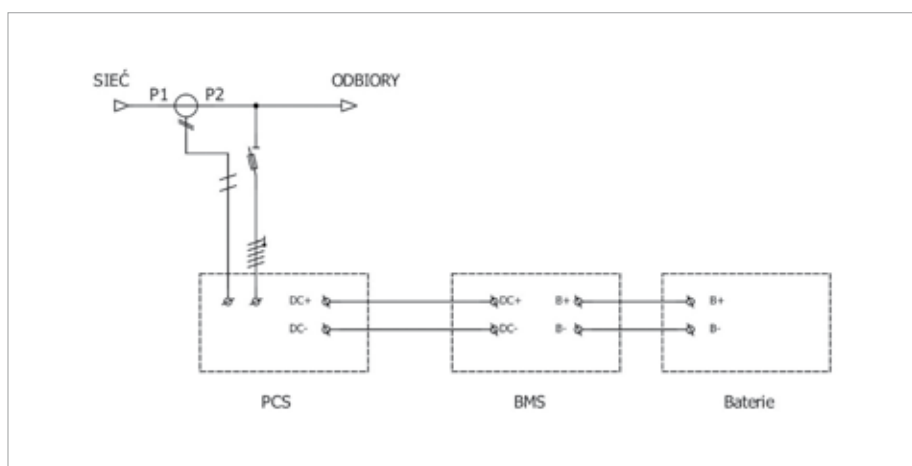
- » zwiększenie wykorzystania energii elektrycznej generowanej w źródłach odnawialnych (tzw. autokonsumpcji), w szczególności fotowoltaicznych, które często są instalowane na terenie przemysłowym lub na dachach czy też elewacjach budynków [1, 2],
- » ograniczenie zapotrzebowania na moc szczytową obiektu,
- » ograniczenie kosztów zakupu energii elektrycznej dla wielotaryfowych układów rozliczeń.

Generacja energii w źródłach fotowoltaicznych ma charakter stochastyczny. O ile poziom wytwarzanej energii można w pewnym stopniu prognozować (zwłaszcza w dłuższych przedzia-

STRESZCZENIE

W artykule omówiono cele stosowania bateryjnych magazynów energii w obiektach biurowych i przemysłowych: zwiększenie autokonsumpcji energii z instalacji fotowoltaicznej, ograniczenie mocy szczytowej (utrzymanie poboru z sieci na poziomie mocy zamówionej) oraz redukcję kosztów zakupu energii w układach wielotaryfowych. Wskazano wpływ stochastycznego charakteru generacji PV i zależności profili obciążenia na sposób doboru i sterowania magazynem. Przedstawiono założenia pracy z harmonogramem ładowania/rozładowania oraz wymagania integracyjne układów BMS/PCS/EMS na przykładzie rozwiązania dla obiektu z PV.

Słowa kluczowe: baterijny magazyn energii (BESS), autokonsumpcja PV, redukcja mocy szczytowej.



Rys. 1. Schemat ideowy połączenia poszczególnych elementów magazynu energii

łach czasu), o tyle w krótszych interwałach jest to zagadnienie trudniejsze. Z kolei pobór energii w obiektach biurowych i przemysłowych bywa bardziej uporządkowany, co wynika z przewidywalnego harmonogramu pracy. Nałożenie się profilu generacji z PV oraz profilu zapotrzebowania często prowadzi jednak do niepełnego wykorzystania energii wytworzonej na miejscu. W określonych godzinach pojawia się nadpodaż energii czynnej, którą można oddać do sieci (nie zawsze przy korzystnej cenie) albo zmagazynować. Zgromadzona energia może następnie zostać wykorzystana w godzinach zwiększonego zapotrzebowania lub w okresach obowiązywania droższej taryfy.

Przekroczenia mocy zamówionej są rejestrowane w rozliczeniach za energię elektryczną i powodują dodatkowe koszty. Ograniczenie tych kosztów można uzyskać poprzez stosowanie urządzeń typu strażnik mocy [3], jednak rozwiązanie to wymaga redukcji mocy pobieranej przez odbiory w obiekcie. Alternatywą jest zastosowanie magazynu energii, który oddaje energię w okresach wzrostu obciążenia, tak aby nie ograniczać zapotrzebowania wewnętrznego, a jednocześnie zmniejszyć pobór

z sieci do poziomu mocy zamówionej określonej w umowie.

W układach rozliczeń wielotaryfowych, w których rozróżnia się okresy szczytowe i pozaszczytowe, możliwa jest dalsza redukcja kosztów energii. Ustalenie odpowiedniego harmonogramu cykli ładowania i rozładowania magazynu pozwala na zakup i akumulację energii w godzinach niższych stawek taryfowych, a następnie jej wykorzystanie w okresach droższych. W konsekwencji ogranicza się zapotrzebowanie na zakup energii w godzinach szczytowych, co przekłada się na niższe koszty funkcjonowania odbiorcy. Nowoczesne magazyny energii umożliwiają realizację opisanych zadań zarówno niezależnie, jak i łącznie, co stanowi jeden z kluczowych elementów oceny opłacalności inwestycji w baterijny magazyn energii. Przyjętą strategię sterowania ukierunkowano na minimalizację kosztu energii poprzez ograniczenie importu z sieci w godzinach strefy droższej oraz zwiększenie poboru (ładowania) w strefie tańszej, z uwzględnieniem ograniczeń mocy ładowania i rozładowania. W analizie rozróżniono energię pobraną z sieci (import) oraz energię oddaną do sieci (eksport), co pozwala jed-

noznacznie ocenić wpływ pracy magazynu na bilans energii w obu strefach taryfowych.

Budowa bateryjnych magazynów energii

Magazyn energii składa się z kilku kluczowych komponentów:

- » modułów baterii,
- » systemu zarządzania bateriami (BMS – Battery Management System),
- » inwertera do dwukierunkowego przesyłu mocy (PCS – Power Conversion System),
- » systemu zarządzania magazynem energii (EMS – Energy Management System).

Elektryczne połączenia między wymienionymi komponentami magazynu energii przedstawiono na **rysunku 1**. Moduły bateryjne połączone są bezpośrednio do modułu BMS, który zarządza ich pracą. Liczba i pojemność modułów bateryjnych zależą od wielkości magazynu energii. System BMS kontroluje poziom naładowania i rozładowania poszczególnych ogniw oraz ich temperaturę, aby zapewnić długotrwałą i bezpieczną eksploatację [4]. Moduły bateryjne wykorzystują technologię LFP, czyli są to baterie LiFePO₄. Charakteryzują się wysoką stabilnością pracy oraz długą żywotnością.

Dwukierunkowy inwerter umożliwia działanie całego magazynu po stronie sieci AC w zakresie ładowania i rozładowania ogniw bateryjnych, zgodnie z programem sterującym zapisanym w systemie EMS.

Jako przykład rozwiązania o większej mocy można wskazać dwukierunkowy przekształtnik magazynowy PCS o mocy znamionowej 125 kW, przeznaczony do pracy w układach on-grid oraz z możliwością przełączania na pracę off-grid. Urządzenie realizuje konwersję DC/AC i AC/DC w systemie trójfazowym (3×230/400 V) z szerokim zakresem napięcia po stronie DC 630–1000 V (3P4W)¹⁾ oraz maksymalnym prądem DC 210 A. Po stronie AC dopuszczalne jest napięcie sieci 380/400 V w zakresie –15%...+15%, a częstotliwość pracy wynosi 45–55 Hz/55–65 Hz. Dla pracy sieciowej producent deklaruje współczynnik mocy powyżej 0,99 (dla mocy znamionowej) oraz całkowite odkształcenie prądu THD < 3% (dla mocy znamionowej).

W kontekście jakości energii i dynamiki regulacji istotne są: regulacja czterokwadrantowa mocy czynnej i bierniej, możliwość pracy z nastawami (m.in. stała moc, stały prąd DC/AC, stałe napięcie DC), a także deklarowany krótki czas odpowiedzi (rzędu <10 ms) i szybkie przełącza-



Rys. 2. Widok kontenera magazynu energii o parametrach 50 kW/100 kWh, rysunek poglądowy

nie trybu ładowanie/rozładowanie przy pełnej mocy (rzędu <30 ms). Urządzenie dopuszcza przeciążenie 110% w pracy długotrwałej oraz 120% przez 1 min, co ma znaczenie przy krótkotrwałych wzrostach obciążenia. Z punktu widzenia integracji systemowej przewidziano interfejsy komunikacyjne RS485 oraz CAN (protokoły Modbus i CAN2.0) oraz kompatybilność z wieloma protokołami BMS.

REKLAMA

RADOSŁAW LENARTOWICZ

EGZAMIN KWALIFIKACYJNY

GRUPA 1 Kurs przygotowawczy

Stan prawny styczeń 2026

Nowe wydanie: rozszerzone i uzupełnione

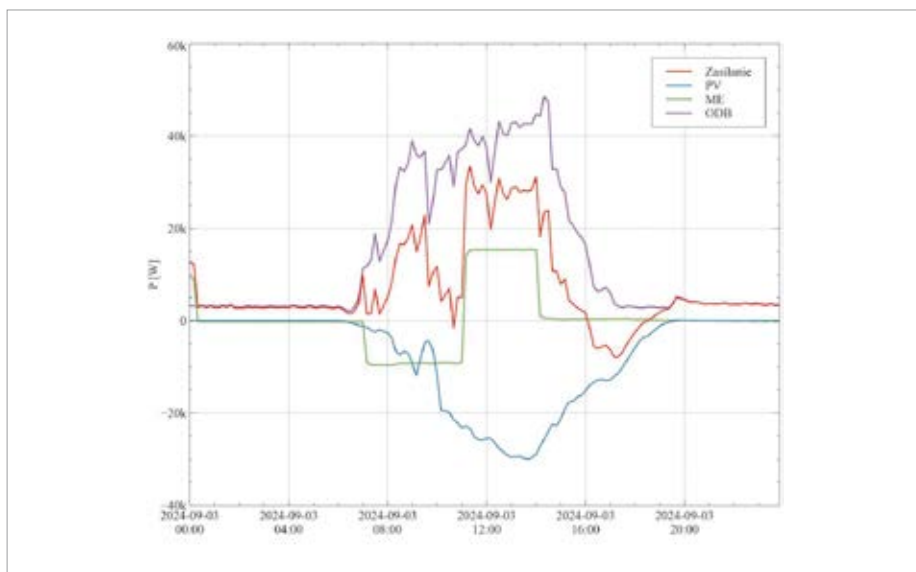


Zamówienia:

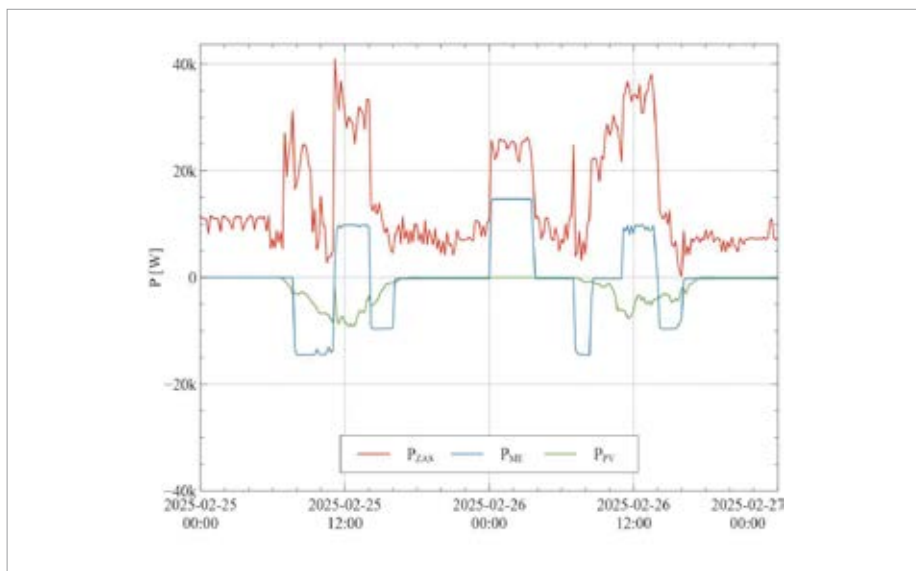
eib@ksiegarniatechniczna.com.pl

www.ksiegarniatechniczna.com.pl

eprasa.pl/5b5d5ff93d



Rys. 3. Wykres poboru i generacji mocy dla wybranego dnia roku: PV – generacja mocy z instalacji fotowoltaicznej, ME – pobór i generacja mocy z magazynu energii, ODB – zapotrzebowanie na moc przez odbiorniki, zasilanie – pobór mocy z sieci dystrybucyjnej



Rys. 4. Wykres poboru i generacji mocy dla wybranego dnia roku: PV – generacja mocy z instalacji fotowoltaicznej, ME – pobór i generacja mocy z magazynu energii, ZAS – pobór mocy z sieci dystrybucyjnej

W zakresie wykonania i warunków środowiskowych przekształtnik ma konstrukcję beztransformatową, chłodzenie powietrzem (inteligentne) oraz parametry instalacyjne istotne dla doboru miejsca montażu: wymiary 524×535×219 mm, masa 60 kg, poziom hałasu ≤65 dB. Zakres temperatury pracy wynosi –25...60°C (z deratingiem powyżej 45°C), a wysokość instalacji do 3000 m (powyżej – derating). Dostępne są wersje o stopniu ochrony IP65 (wykonanie szczelne) lub IP20 (wersje standardowe).

Przykładowy wygląd komercyjnego magazynu energii o mocy 50 kW i pojemności baterii 100 kWh przedstawiono na **rysunku 2**. Magazyn ten składa się z modułu BMS oraz 23 modu-

łów bateryjnych o pojemności 4,736 kWh każdy. Wewnątrz rozdzielniczy zamontowano inwerter PCS, sterownik HMI z wbudowanym systemem EMS oraz dodatkowy osprzęt i aparaturę zabezpieczeniową. Na tylnej ścianie zamontowano zewnętrzny klimatyzator, zapewniający właściwą temperaturę pracy ogniw bateryjnych i pozostałych elementów magazynu.

Przedstawienie pracy istniejącego magazynu energii w celu zwiększenia autokonsumpcji

Dla zakładu o charakterze biurowo-producyjnym przedstawiono przebiegi przepływów mocy czynnej. Obiekt dysponuje mocą umowną 42 kW i współpracuje z instalacją fotowolta-

iczną o mocy 42 kWp oraz baterijnym magazynem energii o parametrach 50 kW/100 kWh. Trzy zasadnicze części układu – obwód zasilający, instalację PV oraz magazyn energii – wyposażono w stacjonarne analizatory jakości energii elektrycznej PQI-DA Smart firmy A-Eberle [5]. W analizowanym przypadku moc magazynu energii ograniczono do poziomów: podczas ładowania – 15 kW, natomiast podczas rozładowania – 10 kW. Przyjęte ograniczenia wynikały z założonej strategii pracy magazynu oraz potrzeby utrzymania poboru z sieci na poziomie nieprzekraczającym mocy umownej. Magazyn pracował wyłącznie w trybie harmonogramu czasowego – w godzinach porannego szczytu (od 7:00 do 11:00) oddawał do sieci stałą moc 10 kW, a od 11:00 do 14:00 ładował się z mocą 15 kW. Takie sterowanie pozwalało na redukcję poboru w okresie zwiększonego obciążenia oraz gromadzenie energii w przedziale czasowym o korzystniejszych warunkach pracy układu. Zmiany tych zależności zobrazowano na wykresie na **rysunku 3**, na którym fioletowa krzywa (ODB) przedstawia zapotrzebowanie na moc czynną odbiorników zainstalowanych w obiekcie. Typowe godziny pracy zaczynają się w okolicach godziny 7:00, koniec pracy następuje między 15:00 a 16:00, w zależności od działu. Można zauważyć, że szczytowe zapotrzebowanie na moc przekroczyło poziom 42 kW, czyli moc umowną. Nastąpiło to tuż przed godziną 15:00. Krzywa generacji mocy z instalacji fotowoltaicznej przypomina typową krzywą dzwonową. Szczytowa generacja mocy osiągnęła poziom ok. 30 kW. Ponieważ ta krzywa jest ciągła, nieposzarpana ani w inny sposób zmienna, można przyjąć, że w rozpatrywanym dniu panowały odpowiednie warunki pogodowe do wysokiej generacji mocy ze źródeł PV, przede wszystkim brak zachmurzenia. Szczytową generację mocy osiągnięto pomiędzy godziną 13:00 a 14:00. Jak wspomniano wcześniej, nastawy magazynu energii zostały dobrane tak, aby zminimalizować poranny pobór mocy w godzinach od 7:00 do 11:00. Następnie następowało doładowanie magazynu energii przy wysokiej generacji mocy z instalacji PV. Dzięki temu energia generowana z fotowoltaiki w jednym dniu była konsumowana przez odbiorcę następnego dnia. Ostatecznie, czerwona krzywa przedstawia pobór i generację mocy z sieci dystrybucyjnej. O godzinie 16:00 widoczna jest niewielka generacja mocy czynnej do sieci, wynikająca z nadal pracującej instalacji PV, przy braku obciążenia ze strony odbiorników. W pozostałych godzinach energia jest pobierana z sieci.



Odkryj potęgę prądu stałego

Pełna oferta styczników DC marki Eddicy dostępna u oficjalnego przedstawiciela Schaltbau GmbH w Polsce:



ABSTRACT

Operation of battery energy storage systems for increasing self-consumption and utilization of time-of-use tariffs

The paper discusses the main purposes of battery energy storage systems in office and industrial facilities: increasing PV self-consumption, reducing peak demand (keeping grid draw within the contracted power), and lowering energy costs in multi-tariff billing schemes. The impact of the stochastic nature of PV generation and the relationship between PV and load profiles on storage sizing and control is highlighted. A schedule-based charge/discharge strategy is outlined, together with key integration requirements for BMS/PCS/EMS, illustrated by a PV-assisted solution for a commercial facility.

Keywords: battery energy storage (BESS), PV self-consumption, peak power reduction.

Analiza przepływu tych mocy wykazuje, że w rozpatrywanym dniu roboczym pobór mocy czynnej z sieci był niższy niż zapotrzebowanie na moc ze strony odbiorcy (porównanie krzywej czerwonej i fioletowej). Szczególnie widoczna jest ta różnica w godzinach porannych, gdy przy braku lub niewielkiej generacji energii z instalacji PV moc oddawana z magazynu energii skutecznie uzupełnia ten niedobór. W godzinach południowych, przy wysokiej generacji mocy czynnej z instalacji fotowoltaicznej, zapotrzebowanie na moc z sieci pozostaje ograniczone, nawet przy dodatkowym ładowaniu magazynu energii. Produkowana energia jest częściowo przeznaczona na ładowanie magazynu, a częściowo na bieżącą konsumpcję przez odbiorniki energii elektrycznej. Pomimo wysokiego zapotrzebowania na moc i doładowywania magazynu, moc dostarczana z sieci pozostaje niższa niż zapotrzebowana moc czynna. Wykorzystanie współpracy pomiędzy instalacją fotowoltaiczną a magazynem energii w takim zakresie pozwoliło na zwiększenie autokonsumpcji oraz zmniejszenie zakupu energii od dostawcy w godzinach porannych.

Zapotrzebowanie na energię elektryczną odbiorcy w analizowanym dniu wynosiło 347 kWh, przy czym wielkość tę rozumie się jako energię pobraną przez odbiory obiektu, wyznaczoną przez całkowanie przebiegu mocy ODB w czasie. Energia zakupiona z sieci (rozumiana jako energia importowana) wyniosła 172 kWh. Instalacja fotowoltaiczna wygenerowała 186 kWh energii czynnej. Bilans magazynu energii określono jako różnicę energii pobranej przez magazyn podczas ładowania i energii oddanej podczas rozładowania, wyznaczoną na stronie AC na podstawie przebiegu ME. Dodatnia wartość 10 kWh oznacza, że w analizowanym okresie energia doprowadzona do magazynu była większa od energii oddanej, co obejmuje

straty konwersji i magazynowania oraz pobór własny układów pomocniczych (m.in. klimatyzatora). Dodatkowa energia została zużyta przede wszystkim na działanie układu klimatyzacji, którego zapotrzebowanie mierzono łącznie ze wszystkimi komponentami magazynu.

Przedstawienie pracy istniejącego magazynu energii dla zwiększenia autokonsumpcji i wykorzystania systemów dwutaryfowych

Dla obiektu jak wyżej została uwzględniona praca w układzie dwutaryfowym, gdzie godziny szczytowe ustawione są od 7:00 do 11:00 i od 14:00 do 16:00. Pozostałe godziny ustawiono jako pozaszczytowe. Na **rysunku 4.** przedstawiono przebiegi przesyłu mocy czynnej dla magazynu energii (ME), instalacji fotowoltaicznej (PV) oraz z układu zasilania sieci dystrybucyjnej (ZAS). Wartość mocy ze znakiem dodatnim oznacza pobór energii z sieci oraz ładowanie magazynu energii, ze znakiem minus – generację energii z instalacji fotowoltaicznej oraz oddawanie energii z magazynu energii do sieci.

Praca magazynu energii uwzględniała jego doładowanie w godzinach nocnych (od północy do siódmej rano). Wielkość tego doładowania była zależna od zgromadzonej energii i różniła się w poszczególnych dniach pracy (nie pokazano na rysunku). W godzinach porannych następuje oddawanie energii z magazynu w celu ograniczenia porannego zapotrzebowania na moc. W kolejnej części dnia, w godzinach od 11:00 do 14:00, następuje doładowanie magazynu energii, gdzie następuje wykorzystanie instalacji fotowoltaicznej. Następnie w drugim szczytowym przedziale czasu następuje oddawanie energii z ME. Praca w takim trybie pozwala na ograniczenie zapotrzebowania na moc czynną zakupioną od spółki dystrybucyjnej, co jest szczególnie istotne przy wyższych cenach w taryfie szczytowej.

I Podsumowanie

Bateryjne magazyny energii w obiektach biurowych i przemysłowych znajdują zastosowanie głównie w trzech obszarach: zwiększania autokonsumpcji energii z instalacji fotowoltaicznej, ograniczania mocy szczytowej oraz redukcji kosztów zakupu energii w rozliczeniach wielotaryfowych. Stochastyczny charakter generacji PV, przy jednocześnie bardziej uporządkowanym profilu obciążenia, prowadzi do okresowych nadwyżek energii czynnej. Nadwyżki te mogą zostać oddane do sieci lub zmagazynowane i wykorzy-

stane w godzinach zwiększonego zapotrzebowania, w tym w przedziałach o wyższych stawkach taryfowych. W efekcie magazyn pełni rolę bufora przesuwającego energię w czasie, a przy właściwym sterowaniu umożliwia stabilizację poboru z sieci na poziomie zbliżonym do mocy umownej, bez konieczności redukcji mocy odbiorów.

W części aplikacyjnej przedstawiono przykład zakładu biurowo-produkcyjnego o mocy umownej 42 kW, współpracującego z instalacją PV 42 kWp oraz magazynem energii 50 kW/100 kWh. Przepływy mocy czynnej rejestrowano w trzech obszarach układu (obwód zasilający, PV, magazyn) z wykorzystaniem stacjonarnych analizatorów jakości energii. Dla zachowania wymaganej strategii oraz ograniczenia wpływu pracy magazynu na profil poboru przyjęto limity mocy: 15 kW podczas ładowania oraz 10 kW podczas rozładowania. Magazyn pracował wyłącznie w trybie harmonogramu czasowego: w godzinach 7:00–11:00 oddawał stałą moc 10 kW, natomiast w godzinach 11:00–14:00 ładował się mocą 15 kW, co pozwalało na redukcję poboru w porannym szczycie i gromadzenie energii w korzystniejszym przedziale pracy układu.

Wskazano, że skuteczność realizacji opisanych funkcji zależy od poprawnej integracji warstw BMS/PCS/EMS, umożliwiającej wdrożenie harmonogramów, nadzór parametrów energetycznych oraz wymianę danych pomiarowych i diagnostycznych. Zwrócono również uwagę, że dobór mocy i pojemności magazynu powinien wynikać z analizy profili generacji i obciążenia, a także z warunków umownych i taryfowych, tak aby uzyskać pożądaną efekt techniczny i ekonomiczny.

I Literatura

1. R. Szczerbowski, Nowe technologie i rozwiązania w instalacjach fotowoltaicznych, „elektro.info” 3/2024.
2. P. Świsłowski, L. Dębska, M. Rajfur, Roczna wydajność instalacji PV zamontowanej na dachu budynku dydaktycznego Uniwersytetu Opolskiego, ECOpole, 2018.
3. <https://astat.pl/produkty/straznik-mocy-zen-sm-standard/> [dostęp: 20.02.2025].
4. A. Erd, T. Ciszewski, Wybrane aspekty bezpieczeństwa użytkowania magazynów energii w bateriach złożonych z ogniw litowo-jonowych, „Przegląd Elektrotechniczny” 1/2024.
5. <https://astat-energetyka.pl/produkty/jakosc-energii-elektrycznej/analizatory-jakosci-energii-elektrycznej/stacjonarne-analizatory-jakosci-energii-elektrycznej/stacjonarny-analizator-parametrow-jakosci-energii-pqi-da-smart/> [dostęp: 20.02.2025].

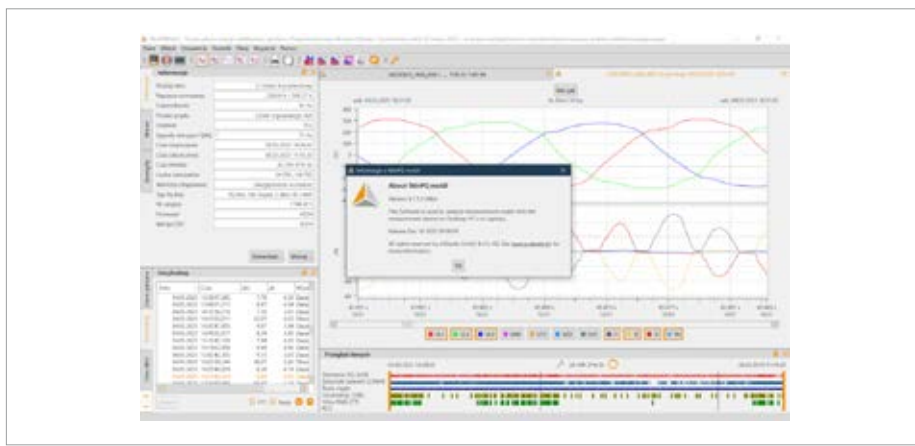
Analiza parametrów jakości energii elektrycznej z wykorzystaniem przenośnych analizatorów PQ-BOX 150

Jakość energii elektrycznej jest kluczowym czynnikiem zapewniającym niezawodne i efektywne funkcjonowanie systemów elektroenergetycznych, zarówno w przemyśle, jak i sieciach dystrybucyjnych. Współczesne przenośne analizatory, takie jak PQ-BOX 150, PQ-BOX 200 oraz PQ-BOX 300 firmy A-Eberle, odgrywają istotną rolę w monitorowaniu i analizie parametrów jakości energii elektrycznej. Urządzenia te oferują zaawansowane możliwości pomiarowe oraz zgodność z międzynarodowymi standardami, co czyni je niezbędnymi narzędziami dla inżynierów i techników zajmujących się zagadnieniami jakości energii. Analizatory te oferują wysoki standard wykonania dzięki obudowie spełniającej wymagania ochrony w klasie IP65. W konstrukcji wykorzystano optoizolację zapewniającą izolację galwaniczną. Dzięki temu zapewniają możliwość pracy w prawie każdych warunkach środowiskowych.

Analizatory przenośne PQ-BOX 150 (**fot. 1.**), PQ-BOX 200 oraz PQ-BOX 300 oferują zaawansowane funkcje pomiaru i analizy parametrów jakości energii elektrycznej. PQ-BOX 150, z częstotliwością próbowania 20,48 kHz dla napięcia



Fot. 1. Widok analizatora jakości energii elektrycznej PQ-BOX 150 firmy A-Eberle z ekranem prezentującym podstawowe parametry pomiarowe, takie jak: napięcie międzyfazowe, współczynnik THD dla napięcia i prądu, moc czynna i bierna oraz parametry jakości energii



Fot. 2. Interfejs programu WinPQ mobil z widokiem analizy parametrów jakości energii elektrycznej

i prądu, zapewnia podstawowe do zaawansowanych możliwości w zależności od konfiguracji, w tym analizę harmoniczną do 50. harmonicznej. PQ-BOX 200 zwiększa te możliwości z częstotliwością próbowania 40,96 kHz, umożliwiając bardziej szczegółową analizę harmoniczną napięcia i prądu oraz widmo częstotliwości do 20 kHz. Najwyższy model, PQ-BOX 300, oferuje najwyższą częstotliwość próbowania 409,60 kHz i umożliwia pomiar supraharmonicznych do 200 kHz, co czyni go odpowiednim do najbardziej wymagających zastosowań. Wszystkie modele są zgodne z kluczowymi standardami oceny, takimi jak IEC 61000-2-2, IEC 61000-2-12 i IEC 61000-2-4, oraz posiadają ochronę IP65. PQ-BOX 200 i PQ-BOX 300 oferują dodatkowe funkcje, takie jak wejścia analogowe i binarne, a PQ-BOX 200 wyróżnia się możliwością pomiaru stanów przejściowych z częstotliwością 4 MHz.

Wszystkie te funkcje pomiarowe wymagają odpowiedniego narzędzia do ich prawidłowej analizy. Dane, które zbierają analizatory, obejmują rejestrację ciągłą, z zadaniem interwałem czasowym, oraz rejestrację zdarzeniową, w tym oscylogramy napięć i prądów oraz pomiary 10 ms wartości skutecznych. Wszystkie te zebrane dane należy w sposób prawidłowy zaprezentować i zanalizować. W tym celu udostępnione

zostało oprogramowanie WinPQ mobil (**fot. 2.**). Oprogramowanie pozwala na wnikliwą analizę zebranych danych oraz wizualizację wielu przebiegów równocześnie, co pozwala na obserwację wzajemnych zależności wielu wielkości elektrycznych. Oprogramowanie dostępne jest nieodpłatnie, każda nowa wersja zapewnia również aktualizację oprogramowania sprzętowego (firmware) dla samych analizatorów.

Wykorzystanie obu tych narzędzi pozwala na wykonanie pomiarów jakości energii elektrycznej, zgodnie z wymaganiami międzynarodowych norm, zarówno w przemyśle jak i sieciach dystrybucyjnych. Umożliwiają stworzenie gotowego raportu zgodnego z normą PN-HD 50160, wymaganiami krajowych przepisów techniczno-prawnych i innymi standardami PQ na świecie.

ASTAT

ASTAT Sp. z o.o.

60-451 Poznań, ul. Dąbrowskiego 441

tel. 61 848 88 71, faks 61 848 82 76

info@astat.pl

www.astat.pl

Metodyka oceny zgodności modułów wytwórczych z Kodeksem Sieci i wyniki badań

Od początku 2024 r. na Wydziale Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej (WEiA PG) są prowadzone badania zgodności modułów wytwarzania energii (MWE) typu A i B, obejmujące m.in. falowniki PV i przekształtniki do współpracy z magazynami energii. Badania te są wymagane do certyfikacji i wpisu na listę PTPiREE, stanowiąc warunek wprowadzenia urządzeń do obrotu na rynku polskim. Realizuje się je zgodnie z Rozporządzeniem Komisji (UE) 2016/631 (NC RfG) [1] oraz Wymogami Ogólnego Stosowania (WOS) [2], a w stosownym zakresie także z normą PN-EN 50549-1 [3].

Połączenie doświadczenia zdobytego w toku badań z posiadaną wiedzą sprawia, że – poza dopracowanymi formalnymi procedurami – zespół dysponuje znaczącymi kompetencjami w obszarze projektowania układów sterowania przekształtnikami oraz w zaawansowanej analizie danych pomiarowych i ich wiarygodnej interpretacji. W artykule przedstawiono wytyczne oceny zgodności tych urządzeń oraz możliwości techniczne laboratorium, zilustrowane wybranymi wynikami badań.

W artykule przedstawiono przykładowe charakterystyki generacji mocy czynnej – zarówno dla badań z wynikiem pozytywnym, jak i negatywnym – które ułatwiają interpretację wymagań stawianych projektantom MWE.

Dokumenty prawne dotyczące badań falowników

Kodeks sieci NC RfG określa wymagania w zakresie przyłączania synchronicznych MWE, modułów parku energii oraz morskich modułów parku energii do systemu elektroenergetycznego. Rozporządzenie [1] ustanawia obowiązki zapewniające właściwe wykorzystanie zdolności wytwórczych przez operatorów systemów w sposób przejrzysty i niedyskryminacyjny, z zachowaniem równych szans dla podmiotów w całej UE.

WEiA PG działa jako podwykonawca jednostki certyfikującej – Instytutu Energetyki w Warszawie – który posiada kompetencje do oceny wskazanych urządzeń oraz akredytację zgodną z EN ISO/IEC 17065 w zakresie [1–3]. Na podstawie tych dokumentów możliwe jest prowadzenie oceny zgodności MWE typu A, dla których:

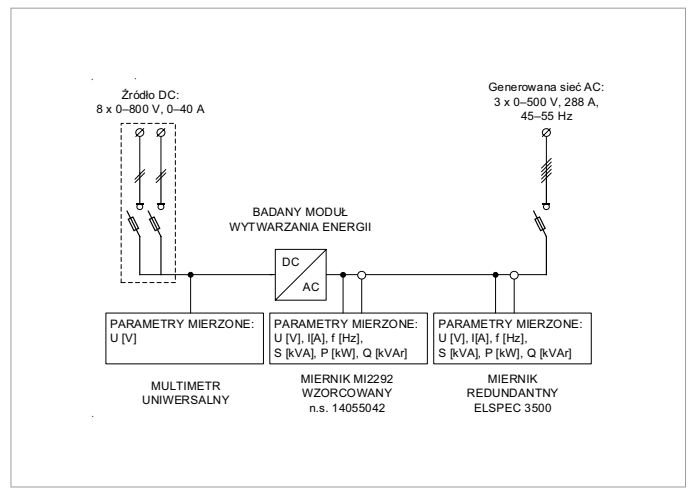
(I) warunki przyłączenia zostaną wydane od 1 stycznia 2027 r., oraz

(II) zgłoszenie przyłączenia zostanie złożone od 1 stycznia 2027 r.

W odniesieniu do MWE typów B, C i D wymagania dotyczą jednostek, dla których warunki przyłączenia zostaną wydane od 1 grudnia 2025 r., a także w zakresie modernizacji lub remontu – w przypadku zgłoszenia właściwemu operatorowi

systemu modernizacji albo modyfikacji parametrów technicznych MWE typu C i D, powodujących konieczność znacznej zmiany umowy przyłączeniowej zgodnie z art. 4 ust. 1 lit. a) NC RfG, złożonego od 1 grudnia 2025 r.

Zakres działania Laboratorium LINTE², wynikający z wydanych dokumentów certyfikacyjnych, obejmuje wyłącznie MWE typu A o mocy zgodnej z wytycznymi kodeksu, tj. od 0,8 kW do 50 kW. Obowiązujące Wymogi Ogólnego Stosowania (WOS) [2], opracowane w grudniu 2018 r., stanowią podstawę prowadzenia przez Laboratorium LINTE² badań dla MWE typu A i typu B. Uzyskane dotąd certyfikaty zachowują ważność w okresie przejściowym; po jego zakończeniu nowe wymagania (opracowane w maju 2025 r.) będą stanowiły wyłączną podstawę do wpisu na listę PTPiREE i wprowadzenia urządzeń do obrotu na rynku polskim.



Rys. 1. Schemat stanowiska do badań modułów wytwarzania energii zgodnie z NC RfG
rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz

Stanowisko do badania MWE i metodyka badań

Na stanowisku do badań MWE zbudowanym w Laboratorium LINTE² wykonuje się badania zgodnie z zakresem przywołanym zaktualizowanym dokumentem (obowiązuje od 1 listopada 2024 r. – Warunki i procedury wykorzystania certyfikatów w procesie przyłączania modułów wytwarzania energii do sieci elektroenergetycznych), opracowanym zgodnie z wymaganiami Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiającego Kodeks Sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci (kodeks NC RfG), który reguluje zasady wykorzystania certyfikatów w procesie przyłączania jednostek wytwórczych.

Na podstawie tego dokumentu zakres prób i pomiarów określono zgodnie z zestawieniem

podanym w **tabeli 1**. W tabeli podano również dla kolejnych wymaganych prób punkty z dokumentów [2, 3], które określają – szczególnie w przypadku analizy normy [3] – szczegółową metodykę wykonywania badań i interpretacji ich wyników.

W ubiegłym roku PTPiREE wydało dokument [4], który wyłącza z oceny modułów następujące zagadnienia: wpływu lokalizacji miejsca przyłączenia, występujące oddziaływania na system elektroenergetyczny pod kątem zmiany parametrów jakościowych energii elektrycznej, oddziaływania na pracę zabezpieczeń linii; wpływu zamierzonej lub awaryjnej pracy wyspowej przy braku doprowadzenia elementów sieci dystrybucyjnej, analizy warunków przyłączenia i działań weryfikacyjnych podczas planowania przyłączenia urządzenia oraz szereg innych sytuacji wynikających ze współpracy z siecią napięcia gwarantowanego lub napięcia stałego.

Stanowisko wykorzystywane do badań przedstawiono na **rysunku 1**. Badany MWE montuje się zgodnie z wymaganiami producenta na przygotowanym uniwersalnym stojaku z podstawą jezdnią. Zazwyczaj zgodnie ze specyfikacją producenta występuje pozycja pionowa, co zapewnia dostęp do interfejsu użytkownika oraz wymagane przez producenta chłodzenie urządzenia.

Stanowisko badania MWE ma moc znamionową 200 kVA. Zakres regulacji napięcia DC stanowiska badawczego wynosi 0–800 V i umożliwia trzy tryby pracy:

- » emulacja łańcuchów PV – 8 konfigurowalnych i niezależnych łańcuchów z dwoma wyjściami 0–20 A,
- » emulacja magazynu energii – połączenie równoległe wymaganej liczby wyjść,
- » zasilacz DC – do 250 A.

STRESZCZENIE

Artykuł przedstawia metodykę oceny zgodności modułów wytwarzających typ A z wymaganiami Kodeksu Sieci (NC RfG). Badania prowadzone są na podstawie uzyskanej akredytacji, we współpracy z Instytutem Energetyki w Warszawie, w laboratorium LINTE² Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Obejmują one zarówno badania certyfikujące urządzenia gotowego do wprowadzenia na rynek, jak i badania techniczne urządzeń w fazie rozwoju. Parametryzację emulowanej sieci nn umożliwia unikatowe stanowisko badawcze zbudowane w ramach projektu IDUB, pozwalające precyzyjnie odtwarzać napięcia sieci o zadanych częstotliwościach i amplitudach, zgodnie z wymaganiami Kodeksu Sieci.

Słowa kluczowe: wymagania kodeksu sieciowego, moduły wytwarzania energii, falowniki, przekształtniki.

Lp.	Rodzaj badania	Rozp. [1]	WOS [2]	EN 50549-1 [3]
1.	Parametry częstotliwościowe Badanie zdolności MWE (modułu wytwarzania energii) do pracy w zakresie częstotliwości, odbiegających od wartości znam. w minimalnym czasie pracy	13.1 (a)	13.1 (a)	4.4.2
2.	Prędkość zmian częstotliwości Sprawdzenie zdolności MWE do generowania mocy oddawanej na sieć przy prędkościach zmian częstotliwości nie większych niż 2,0 Hz/s	13.1 (b)	13.1 (b)	4.5.2
3.	Zdalne zaprzestanie generacji mocy czynnej przez WE Sprawdzenie zdolności MWE do zdalnego sterowania	13.6	13.6	4.11.1
4.	Parametry statyczne trybu LFSM-O Sprawdzenie zdolności MWE do ograniczenia mocy czynnej w trybie LFSM-O	13.2 (a)	13.2 (a)	4.6.1
5.	Dopuszczalna redukcja mocy czynnej Sprawdzenie zdolności MWE do generowania mocy czynnej przy spadku częstotliwości	13.4	13.4	4.4.3
6.	Automatyczne przyłączenie do sieci Sprawdzenie zdolności MWE do automatycznego przyłączenia do sieci energetycznej (resynchronizacji)	13.7	13.7	4.10.2

Tab. 1. Zestawienie badań koniecznych do wykonania oceny falowników wg wymagań dokumentów [1, 2, 3]

Oprogramowanie pozwala na modelowanie dowolnych łańcuchów PV i magazynów energii, a w trybie zasilacza precyzyjne regulowanie napięcia, prądu albo mocy. Wyjścia DC zabezpieczone są rozłącznikami bezpiecznikowymi.

Strona AC badanego modułu podłączana jest do sieci generowanej przez stanowisko badawcze. Za wytwarzanie napięcia sieci odpowiada przekształtnik złożony z trzech mostków tranzystorowych podłączonych do jednofazowych transformatorów. Strony wtórne transformatorów połączone są w gwiazdę z wyprowadzonym przewodem neutralnym, co pozwala na podłączenie zarówno urządzeń jedno- jak i trójfazowych oraz zapewnia separację galwaniczną. Dostępna jest płynna regulacja częstotliwości w zakresie 45–55 Hz i napięcia: 3×(0–500 V) (trójfazowo) albo 1×(0–290 V) (jednofazowo). Obwód napięcia przemiennego zabezpieczono wymiennymi wkładkami bezpiecznikowymi zabudowanymi w rozłączniku NH 160, o parametrach dobranych do prądu znamionowego MWE, po stronie AC. W przypadku badania modułów o większych mocach stojak umożliwia wymianę aparatów rozłącznikowych na wyższy prąd znamionowy – do 630 A.

Do pomiaru prądu i napięcia DC wykorzystuje się amperomierz i woltomierz. Natomiast kluczowy dla oceny pomiar po stronie AC wykonuje się za pomocą przyrządu do pomiaru jakości energii elektrycznej, który pracuje w trybie uśredniania co 1 s. W każdym okresie 1 s przyrząd próbuje z częstotliwością 6,4 kHz

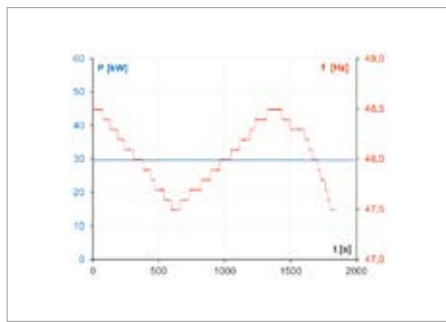
w sposób ciągły (bez czasów „martwych”) wartości chwilowe napięcia i prądu. Następnie na podstawie otrzymanych próbek sygnału oblicza wartości skuteczne napięcia, prądu, częstotliwość, współczynnik odkształcenia wyższych harmonicznych THD oraz moc czynną, bierną i pozorną. Z podanych wartości częstotliwości oraz moc czynna są podstawowymi parametrami, które stanowią podstawę oceny badanego modułu wytwarzania energii w procesie badań.

I Przykładowe wyniki badań

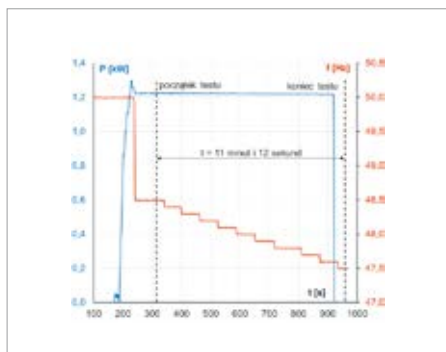
W pierwszym etapie badań (**tab. 1**, lp. 1) analizuje się w dwóch 30-minutowych próbach zdolność pracy modułu w zakresie częstotliwości 47,5–48,5 Hz oraz 48,5–49 Hz odbiegających zasadniczo od częstotliwości sieci (**rys. 2** i **3**).

Próby tę wykonuje się dla wybranych generowanych poziomów mocy skorelowanych z dostępną mocą od strony DC falownika. Podczas próby nie może wystąpić wyłączenie urządzenia, natomiast dopuszcza się ograniczenie mocy generowanej, ale wyłącznie do 90% założonej mocy początkowej, co wynika z punktu 5 **tabeli 1**.

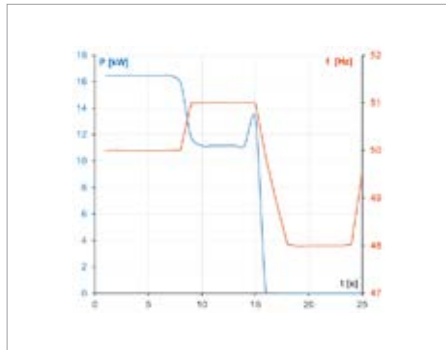
Podczas tego rodzaju prób występują w niektórych przypadkach zdarzenia negatywne, szczególnie podczas wymuszania w separowanej sieci zasilającej częstotliwości zbliżonej do 47,6 Hz – tak jak miało to miejsce po 11 minutach od rozpoczęcia testu (**rys. 3**) przy generowaniu mocy czynnej 1200 W przez obiekt badany.



Rys. 2. Poprawne generowanie mocy czynnej 28 kW przez falownik sieciowy podczas zmian częstotliwości 47,5–48,5 Hz rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz

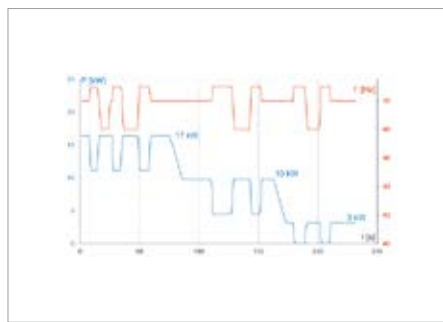


Rys. 3. Wyłączenie falownika po czasie około 11 minut przy generacji mocy czynnej 1200 W przy częstotliwości 47,6 Hz rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz

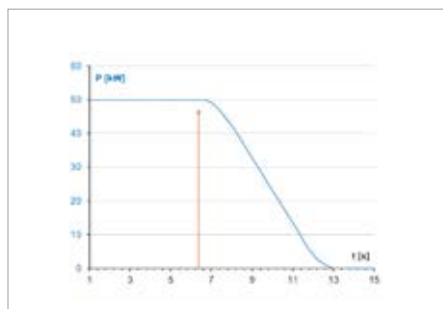


Rys. 4. Niepoprawne zachowanie obiektu badanego w postaci zaprzestania generacji mocy czynnej (15. sekunda testu) podczas próby zmian prędkości częstotliwości równej $df/dt = 2 \text{ Hz/s}$ rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz

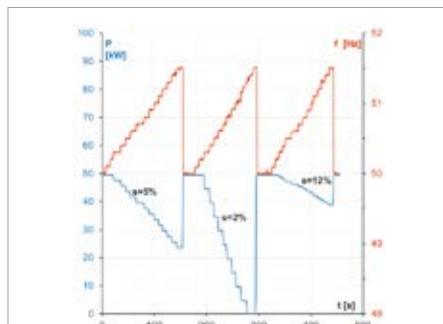
W kolejnym punkcie programu badań (tab. 1., lp. 2) występuje sprawdzenie zdolności MWE do generowania mocy oddawanej na sieć przy prędkościach zmian częstotliwości nie większych niż 2,0 Hz/s. Częstotliwość pracy w sztucznej sieci zmienia się wówczas według algorytmu 50,0 – 51,0 – 49,0 – 51,0 – 50,0 Hz, a nagle zmiana częstotliwości o 2 Hz występuje zarówno podczas zmniejszania, jak i wzrostu częstotliwości. Podczas tego rodzaju wymuszeń urządzenie powinno pracować nieprzerwanie i stabilnie. Przykład niestabilnej pracy podczas testu (zaprzestanie generacji mocy czynnej) pokaza-



Rys. 5. Poprawna reakcja falownika podczas próby nagłych zmian częstotliwości w sztucznej sieci dla 3 różnych mocy zadanych, tj. 16, 10 i 3 kW (obiekt badany występuje dla trzech różnych mocy znamionowych) rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz



Rys. 6. Przykład poprawnego przebiegu próby zdalnego zaprzestania generacji mocy (strzałką wskazano moment wygenerowania zdalnego sygnału zaprzestania generacji mocy czynnej) rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz



Rys. 7. Zmiana mocy na wyjściu falownika wynikająca ze wzrostu częstotliwości sieci, określona dla statyzmu 2, 3 i 5% rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz

no na rysunku 4. Urządzenie podczas zwiększania częstotliwości zmniejszyło moc wyjściową z około 17 kW do 11 kW, co wynika z funkcji LFSM-O i jest prawidłowym zachowaniem obiektu badanego. Przy rozpoczęciu procedury zmniejszania częstotliwości wystąpiło zaprzestanie generacji mocy czynnej, co jest niezgodne z wymaganiami dokumentów normatywnych, w 15. sekundzie trwania badania.

Przykład wielokrotnego poprawnego działania podczas tego testu pokazano na rysunku 5., gdzie zmniejszenie częstotliwości nawet z 51 Hz do 48 Hz nie powoduje wyłączenia.

Kolejną próbę (tab. 1., lp. 3) zdalnego zaprzestania generacji mocy czynnej przeprowadza się dla obciążonego MWE na dowolnym poziomie generowanej mocy przy częstotliwości 50,0 Hz. Po doprowadzeniu do MWE sygnału zdalnego wyłączenia w dostępny dla urządzenia sposób oczekuje się jego wyłączenia lub zaprzestania generowania mocy czynnej. W przypadku kilku możliwości technicznych zdalnego wyłączenia urządzenia, każda z nich podlega oddzielnej weryfikacji. Poprawne działanie przedstawia rysunek 6., na którym w 6,5 s próby rozpoczyna się proces ograniczania mocy wyjściowej do 0 W, który trwa około 7 s.

W dalszej części testów (tab. 1., lp. 4) analizuje się parametry statyczne dla trybu LFSM-O, oczekując ograniczenia mocy czynnej przy wzroście częstotliwości w sieci zasilającej. Przykład wyników tej próby pokazano na rysunku 7.

W badaniu sprawdzano, czy urządzenie ogranicza generowaną moc czynną w odpowiedzi na zmianę częstotliwości systemu zasilania powyżej określonej wartości – parametry statyczne dla trybu LFSM-O badane są dla trzech różnych nastaw statyzmu: 2%, 5% i 12%.

Statyzm S określa następujący wzór:

$$S[\%] = 100 \cdot \frac{|\Delta f| - |\Delta f_1|}{f_n} \cdot \frac{P_{ref}}{\Delta P} \quad (1)$$

gdzie:

P_{ref} – znamionowa moc czynna, z którą związane jest ΔP ,

ΔP – zmiana generowanej mocy czynnej modułu wytwarzania energii,

f_n – częstotliwość znamionowa (50 Hz) sieci,

Δf – odchylenie częstotliwości sieci.

Próbę według przebiegu z rysunku 7. prowadzi się w zakresie częstotliwości od 50,0 do 51,5 Hz, przy wstępnym obciążeniu stałą mocą, wynikającą z dostępnej mocy fotowoltaiki, po stronie DC. Znamionowa wartość oddawanej mocy czynnej zostanie zweryfikowana w początkowym okresie próby, kiedy od strony DC zostanie załączone napięcie DC, a częstotliwość po stronie AC będzie wynosić 50,0 Hz. Następnie zmienia się częstotliwość z krokiem 0,1 Hz, aż do osiągnięcia wartości nie większej od 51,5 Hz.

Wynik próby może zostać określony jako pozytywny, jeśli spełniony zostanie szereg warunków określonych poniżej:

» przedział częstotliwości, w którym MWE zaczyna ograniczać moc czynną, zawiera się w zakresie 50,2–50,5 Hz,

- » maksymalny czas, po którym MWE rozpocznie ograniczanie mocy, nie powinien przekraczać 2 s,
- » statyzm charakterystyki S (1) w dwóch skrajnych ustawieniach MWE musi wynosić odpowiednio: minimalnie 2% oraz maksymalnie 12% (dwie niezależne próby),
- » trzecia próba ma wykazać statyzm 5% charakterystyki $\Delta P/P_{ref} = f(\Delta f/f_n)$ jako ustawienie domyślne.

Przedostatnia próba (tab. 1., lp. 5) dotyczy sprawdzenia dopuszczalnej redukcji mocy czynnej przy spadku częstotliwości (dopuszczalna redukcja mocy LFSM-U).

W tym przypadku próbę należy przeprowadzić w zakresie częstotliwości od 50,0 do 47,5 Hz, podczas której MWE będzie obciążony niezmienną w czasie, stałą mocą, wynikającą z dostępnej mocy fotowoltaiki lub innego źródła po stronie DC. Znamionowa wartość oddawanej mocy czynnej zostanie zweryfikowana w początkowym okresie próby, kiedy od strony DC zostanie załączona znamionowa wartość napięcia DC, a częstotliwość po stronie AC będzie wynosić 50,0 Hz. Następnie częstotliwość będzie zmieniana z krokiem 0,1 Hz, aż do osiągnięcia wartości 47,5 Hz.

Wynik próby uznawany jest za pozytywny, jeżeli poniżej częstotliwości 49 Hz dopuszczalny poziom redukcji mocy nie przekroczy 10% mocy maksymalnej MWE przy spadku częstotliwości o 1 Hz. Uzyskane wartości pomiarów mocy i częstotliwości służą do wyznaczenia charakterystyk LFSM-O, które zaprezentowano na **rysunku 8**.

W ostatnim punkcie według **tabeli 1**. analizuje się reakcję urządzenia na powrotne podanie napięcia (dwie wartości częstotliwości – 49 Hz i 50 Hz) z symulatora sieci. W takiej sytuacji badany obiekt powinien załączyć się automatycznie

nie do sieci w określonym czasie, tj. powyżej 1 minuty. Przykład poprawnej resynchronizacji pokazano na **rysunkach 9 i 10**.

Po resynchronizacji MWE powinno:

- » oddawać moc do sieci przy gradientie wzrostu generowanej mocy nie większym niż 10% mocy maksymalnej na minutę,
- » ze względu na brak ograniczenia mocy po stronie DC MWE musi oddawać moc maksymalną wynikającą z napięcia po stronie DC po czasie nie krótszym niż 10 minut.

Na **rysunku 9**. zaprezentowano próbę powtórzonego przyłączenia się obiektu badanego do sieci (resynchronizacji) w czasie 67 sekund od momentu powrotu napięcia sieciowego, co widoczne jest w powiększeniu na kolejnym **rysunku 10**. Częstotliwość napięcia sieciowego musi zawierać się w przedziale między 49,00 a 50,05 Hz, aby MWE rozpoczęło odliczanie czasu zadane. Obiekt badany po odliczeniu czasu powyżej 60 sekund, zgodnie z wymaganiami dokumentów normatywnych, załącza się do sieci i zaczyna generować moc czynną z gradientem około 7%, co zajmuje mu czas około 13 minut, aby dojść ponownie do generowania mocy znamionowej.

I Wnioski

Akredytowane stanowisko zbudowane w laboratorium LINTE² do oceny modułów wytwarzania energii umożliwia wykonywanie kompleksowych badań zgodnie z wytycznymi prawa technicznego w tym zakresie.

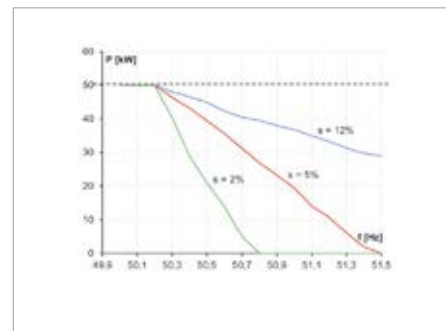
Niektóre z testów wymuszają precyzyjne sterowanie częstotliwością sztucznej sieci i wymagają specjalnych rozwiązań technicznych, nieosiągalnych dla typowych rozwiązań.

Producenci i dystrybutorzy przekształtników DC/AC, chcący wpisać swoje urządzenia na listę PTPIREE, mogą wykonać badania w Polsce – na podstawie pozytywnego wyniku badań – uzyskać certyfikat zgodności z dokumentami normatywnymi.

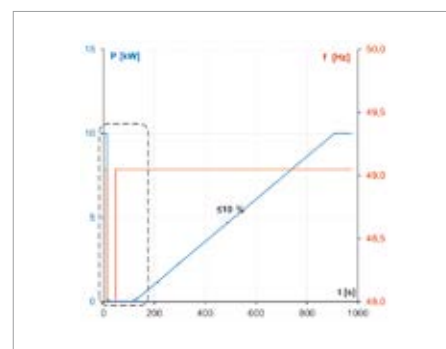
Laboratorium LINTE² Politechniki Gdańskiej wykonuje badania kompleksowo i profesjonalnie, co potwierdza świadectwo uznania, wydane przez Instytut Energetyki w Warszawie.

I Literatura

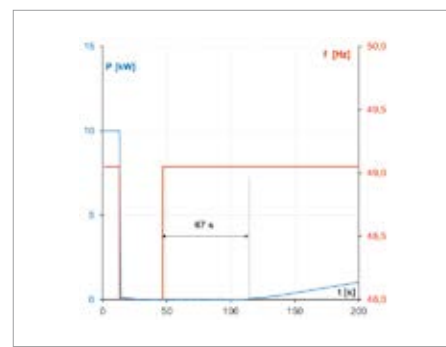
1. Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiające Kodeks Sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci (tekst mający znaczenie dla EOG), C/2016/2001, Dz.U. L 112 z 27.4.2016, pp. 1–68, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/ALL/?uri=CELEX:32016R0631>



Rys. 8. Charakterystyki LFSM-O wyznaczone na podstawie pomiarów zaprezentowanych na **rysunku 7**.
rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz



Rys. 9. Resynchronizacja MWE do sieci z wynikiem pozytywnym. Czas załączenia się do sieci powyżej 60 sekund oraz narastanie mocy generowanej do sieci od 0 do znamionowej z rampą 8%
rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz



Rys. 10. Resynchronizacja MWE do sieci z wynikiem pozytywnym. Powiększenie obszaru zakreskowego linią przerywaną na **rysunku 9**.
rys. J. Katarzyński, M. Olesz, A. Cichowski, K.J. Szwarz

ABSTRACT

Methodology for assessing the compliance of generation modules with the Grid Code and test results

This paper presents the principles of testing LV inverters, of type A, in accordance with the requirements of the grid code (NC RfG) for which the current requirements are provided. As part of the accreditation obtained in cooperation with the Institute of Power Engineering in Warsaw, this type of testing, starting from design work to finished product testing, is conducted at the LINTE² laboratory at the Gdańsk University of Technology. Frequency changes in the grid are forced by a unique device developed as part of the IDUB project, which enables precise parameter changes in the separated grid to be forced according to the grid code requirements.

Keywords: requirements of the grid code, energy power modules, inverters, converters.

2. WOS NC RfG, Kodeks Sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci (NC RfG).
3. PN-EN 50549-1: 2019-02 *Wymagania dla instalacji wytwórczych przeznaczonych do równoległego przyłączenia do publicznych sieci dystrybucyjnych. Część 1: Przyłączanie do sieci dystrybucyjnej nN. Instalacje wytwórcze aż do typu B włącznie.*
4. Warunki i procedury wykorzystania certyfikatów w procesie przyłączenia modułów wytwarzania energii do sieci elektroenergetycznych, PTPIREE, wersja 1.3 z dnia 1.10.2024 r.

BATERIE KONDENSATORÓW I LUB DŁAWIKÓW DO KOMPENSACJI MOCY BIERNEJ nn

Dystrybutor	JEAN MUELLER POLSKA Sp. z o.o. 02-293 Warszawa, ul. Krótka 4 tel. 22 751 79 01 info@jeanmueller.pl www.jeanmueller.pl	
Producent	FRAKO	
Oznaczenie katalogowe	LSFC	OSFS 120-400-3-V2-F
Parametry techniczne		
Typ kompensacji	automatyczna	automatyczna, nadążna
Moc znamionowa, w [kvar]	75...500 (maks. 1200)	83 kVA
Liczba stopni mocy, w [-]	2...12	nie dotyczy
Znamionowe napięcie, w [V] (± tolerancja napięcia, w [%])	400/525	3f~400 ±10
Częstotliwość napięcia, w [Hz], (± tolerancja, w [%])	50	50/60 ±2
Stopniowanie regulacji	dowolny	bezstopniowa
Straty w kondensatorach, w [W/kvar]	0,2	nie dotyczy
Typ regulatora	regulator mocy biernej z serii PQC	regulator mocy biernej
Zakres nastaw współczynnika mocy cos φ, w [-]	0,8 ind.–0,8 poj.	0,8 ind.–1
Prąd znamionowy I _n , w [A]	108...722	120
Maksymalny prąd, w [k×I _n]	1,5...2,7×I _n	400 A
Wytrzymałość izolacji dla napięcia udarowego (1,2/50 μs), w [kV/s]	3,9 kV/2 s dla U _n < 600 V	–
Elementy wbudowane: wyłącznik główny/ rozłączniki bezpiecznikowe/filtry wyższych harmonicznych	+ / + / +	+ / + / +
System chłodzenia: grawitacyjny/ wymuszony/wodny	+ / + / –	+ / – / –
Stopień ochrony obudowy (kod IP)	IP20 – IP54	IP20
Wymiary zewnętrzne baterii (wys.xszer.xgł.), w [mm]	od 2000×600×400 do 2110×800×600	1653×231×482
Masa całkowita, w [kg]	189–670	90
Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]	–5 do +40	0 do 50
Informacje dodatkowe		
Uwagi techniczne	indywidualne zabezpieczenia stopni wkładkami bezpiecznikowymi NH00, styczniki silnie ograniczające prąd załączania kondensatorów, kondensatory samoregenerujące LKT wykonane w technologii suchej, bateria do sieci z dużą zawartością harmonicznych; moc maks. 1200 kvar	Webserver, Ethernet (Modbus TCP)
Normy, atesty, certyfikaty, standardy, znaki jakości	EN60831-1 i 2; VDE0560-46 i 47; EN61921; VDE0560-700; EN61439-1 i 2; VDE0660-600-1 i 2	CE, UKCA
Gwarancja, w [miesiącach]	12	12

Dane zamieszczone w zestawieniu zostały nadesłane i zaautoryzowane przez firmę

BATERIE KONDENSATORÓW I LUB DŁAWIKÓW DO KOMPENSACJI MOCY BIERNEJ nn



JEAN MUELLER POLSKA Sp. z o.o.
02-293 Warszawa, ul. Krótka 4
tel. 22 751 79 01
info@jeanmueller.pl
www.jeanmueller.pl



Biuro Techniczno-Handlowe PRO-MAC
91-492 Łódź, ul. Gen. Józefa Bema 55
tel. 42 61 61 680/681
faks 42 61 61 682
e-mail biuro@promac.com.pl
www.promac.com.pl

FRAKO
PFC do szaf SIVACON S8



EnjoyPower



LAFELT



automatyczna

50 – 200

1 – 12

3f~400(±10%)/690(±10%)

50/60

1/1/1/1 – 1/2/4/8

< 0,2

regulator mocy biernej

0,5 ind. – 0,5 poj.

przy 500 kvar – 722 A/400 C

1,5...2,7×I_n

8 kV lub 12 kV

+ / + / +

+ / + / +

IP20/IP54

600×400×2000/800×400×2000

26 – 640

0 do 40

aktywna, bezstopniowa

10, 15, 20, 30, 40, 48, 60

–

400 V (–20%~+20%)

50/60 Hz –10%~+10%

–

–

–

kompensacja do współczynnika 0,99

15, 22, 30, 43, 60, 65, 90

–

–

zabezpieczenia: nadprądowe, napięciowe,
zwarcowe, temperaturowe

wymuszony

IP20

230×88×400; 440×425×88; 500×550×100

14 – 31

–25~55

aktywna, bezstopniowa

50, 75, 100, 125
(możliwość pracy równoległej modułów)

–

400 V/690 V (±15%)

50 Hz (±10%)

–

–

–

kompensacja do współczynnika 0,99

75, 112,5, 150, 187,5

–

–

zabezpieczenia: nadprądowe, napięciowe,
zwarcowe, temperaturowe

wymuszony

IP20

600×560×200

25 – 40

–10~+45

konstrukcja modułowa, w pełni gotowa do podłączenia,
czytelny wyświetlacz ze wskaźnikami poziomu
naładowania baterii, licznik cykli przełączania, Modbus
TCP (IoT) lub RTU, alarm cos φ, alarm niskiego napięcia,
alarm niskiego prądu, alarm wysokiego prądu, alarm
wysokiego napięcia, wykrywanie spadku napięcia,
monitorowanie THDi i harmonicznych, spadek napięcia,
opcjonalnie przełącznik tyrystorowy

ISO 9001, ISO 5000, ISO 14001, UL

12

EN62477-1 (2012), EN61439-1 (2011),
EN/IEC 61000-6-4, Class A

24

EN IEC 61326-1:2021,
EN 61010-1:2010/A1:2019/AC:2019-04

24

BATERIE KONDENSATORÓW I LUB DŁAWIKÓW DO KOMPENSACJI MOCY BIERNEJ nn

Dystrybutor



LOPI Sp. z o.o.
05-119 Legionowo, ul. Długa 3
tel. 22 732 07 87, 697 481 635, 22 772 95 09
biuro@lopi.pl
www.lopi.pl

WYŻSZY POZIOM KOMPENSACJI MOCY BIERNEJ

Producent	Lopi – polski producent kompensatorów mocy biernej ASVG – od projektu po produkcję		
Oznaczenie katalogowe	BKL, BDKL, BHL	LKD ONE	LKD PRO
Parametry techniczne			
Typ kompensacji	automatyczne baterie kondensatorów, kondensatorów z dławikami ochronnymi, dławików kompensacyjnych oraz hybrydowe	nadążna, bezstopniowa, ASVG	nadążna, bezstopniowa, ASVG
Moc znamionowa, w [kvar]	1...600	1,6 i 3,3	5/10/15/20/35/50
Liczba stopni mocy, w [-]	1...12	bezstopniowe	bezstopniowe
Znamionowe napięcie, w [V] (± tolerancja napięcia, w [%])	3f-400 (±10%)	230 VAC +/- 10%	400 V -22% + 14%
Częstotliwość napięcia, w [Hz], (± tolerancja, w [%])	50 (±1%)	50 (±1%)	50 (±1%)
Stopniowanie regulacji	dowolne	płynna regulacja	płynna regulacja
Straty w kondensatorach, w [W/kvar]	<0,5	14 W/kVar	14 W/kVar
Typ regulatora	LRM001, LRM002 (lub wg wymagań)	DSP + FPGA	DSP + FPGA
Zakres nastaw współczynnika mocy cos φ, w [-]	0,8...1 ind.	0-1 ind.	0-1 ind.
Prąd znamionowy I _n , w [A]	1...900	8 A/16 A	8/16/24/32/56/80
Maksymalny prąd, w [k×I _n]	1,3×I _n	1,1×I _n	1,1×I _n
Wytrzymałość izolacji dla napięcia udarowego (1,2/50 μs), w [kV/s]	3	3	3
Elementy wbudowane: wyłącznik główny/rozłączniki bezpiecznikowe/filtry wyższych harmonicznych	opcja/+opcja	—	—
System chłodzenia: grawitacyjny/wymuszony/wodny	+/-	+/- (do 50% mocy grawitacyjny, powyżej 50% wymuszony, hałas poniżej 35 dB)	+/- (do 50% mocy grawitacyjny, powyżej 50% wymuszony)
Stopień ochrony obudowy (kod IP)	IP20-IP54	IP20 / IP44 (dodatkowa obudowa)	IP20 / IP44 (dodatkowa obudowa)
Wymiary zewnętrzne baterii (wys.xszer.xgł.), w [mm]	od 400×400×200 do 2100×2000×600	355×91×178	do 20 kVar 528×251×152 35/50 565×400×178
Masa całkowita, w [kg]	od 30 do 2000	3,1	11-38
Temperatura pracy (otoczenia), w [°C]	od -20 do 35	od -20 do 55	od -20 do 55
Informacje dodatkowe			
Uwagi techniczne	indywidualne zabezpieczenia stopni wkładkami bezpiecznikowymi, styczniki lub łączniki tyrystorowe, odwracalne zabezpieczenia termiczne, kontrola temperatury wewnątrz baterii, intuicyjny regulator z szybkimi algorytmami, regulacja trójfazowa lub niezależna w każdej fazie, algorytmy dostosowane do fotowoltaiki	szybka, bezstopniowa kompensacja mocy biernej indukcyjnej i pojemnościowej w instalacjach jednofazowych, filtracja wyższych harmonicznych, technologia MOSFET SiC	szybka, bezstopniowa kompensacja mocy biernej indukcyjnej i pojemnościowej w każdej fazie niezależnie z filtracją wyższych harmonicznych i symetryzacją obciążenia; dedykowany portal Lnet do zdalnego monitoringu, technologia MOSFET SiC
Normy, atesty, certyfikaty, standardy, znaki jakości	PN-EN 61439-1, PN-EN 61921, PN-EN 60076-6, PN-EN 60529, PN-EN 60831-1, PN-EN 61558-1, PN-EN 61558-2, CE	CE	CE
Gwarancja, w [miesiącach]	24 (możliwość wydłużenia)	24	24/36 (możliwość wydłużenia)

Dane zamieszczone w zestawieniu zostały nadesłane i zaautoryzowane przez firmy

BATERIE KONDENSATORÓW I LUB DŁAWIKÓW DO KOMPENSACJI MOCY BIERNEJ nn



RABBIT Sp. z o.o.
50-428 Wrocław, ul. Krakowska 141-155
tel. 71 328 50 65
rabbit@rabbit.pl
www.rabbit.pl

RABBIT Sp. z o.o.

aktywny kompensator mocy biernej AFH
z filtracją harmoniczną

kompensator LED BASIC

kompensator LED MAX



nadążna, automatyczna,
bezpłatniowa kompensacja mocy biernej

nadążna, automatyczna kompensacja mocy biernej

nadążna, automatyczna kompensacja mocy biernej

7–35

0,05–1,5

0,2–3,5
(do 7,5 w wersji MAX+)

nie dotyczy

5

11 (23 w wersji MAX+)

3f~230 (±10%), połączenie w układzie Y
czteroprzewodowym

1f~230 (±10%)

1f~230 (±10%)

50 (±10)

50 (±10)

50 (±10)

bezpłatniowa

1/1,25

1/1,25

nie dotyczy

nie dotyczy

nie dotyczy

cyfrowy procesor sygnałowy

regulator mocy biernej

regulator mocy biernej

0,8 ind.–0,8 poj.

0,8 ind.–1

0,8 ind.–1

10–50

do 7

do 16,5 (do 35 w wersji MAX+)

1,2×I_n

1,2×I_n

1,2×I_n

3

3

3

–/–/+

–/+/-

–/+/-

+/-/-

+/-/-

+/-/-

IP20

IP20

IP20

434×484×148

309×175×164

549×175×180

zależy od wersji wykonania

zależy od wersji wykonania

zależy od wersji wykonania

od –20 do 40

od –20 do 55

od –20 do 55

szybka bezpłatniowa kompensacja mocy biernej
pojemnościowej i indukcyjnej niezależnie na każdej
fazie, filtracja harmoniczną, współpraca z fotowoltaiką,
zdalny monitoring parametrów

przełączanie w zerze prądu, czytelny wyświetlacz
z sygnalizacją załączania stopni baterii,
czujnik temperatury dławika

przełączanie w zerze prądu, czytelny wyświetlacz z
sygnalizacją załączania stopni baterii,
czujnik temperatury dławika

PN-EN 61000-6-4:2008/A1:2012,
PN-EN 61000-6-2:2008, PN-EN 61000-4-2:2011,
PN-EN 61000-4-3:2007, PN-EN 61000-4-4:2013,
PN-EN 61000-4-5:2014, PN-EN 61000-4-6:2014

PN-EN IEC 61439-1:2021-10,
PN-EN 61000-6-3:2008/A1:2012,
PN-EN 61000-6-2:2019-04, PN-EN 61000-6-5:2016-01

PN-EN IEC 61439-1:2021-10,
PN-EN 61000-6-3:2008/A1:2012,
PN-EN 61000-6-2:2019-04, PN-EN 61000-6-5:2016-01

24

24–60

24–60

Trendy w rozwoju zasilania obiektów Data Center (część 1.)

Rola Data Center, standardy

Współczesne centra danych stanowią fundament gospodarki cyfrowej oraz są kluczowym elementem infrastruktury krytycznej państwa, bezpośrednio wpływając na bezpieczeństwo usług strategicznych. Wysokie wymagania dotyczące dostępności IT wymuszają stosowanie zaawansowanych, redundantnych systemów zasilania, projektowanych w oparciu o rygorystyczne standardy, takie jak norma PN-EN 50600 czy klasyfikacja Tier.

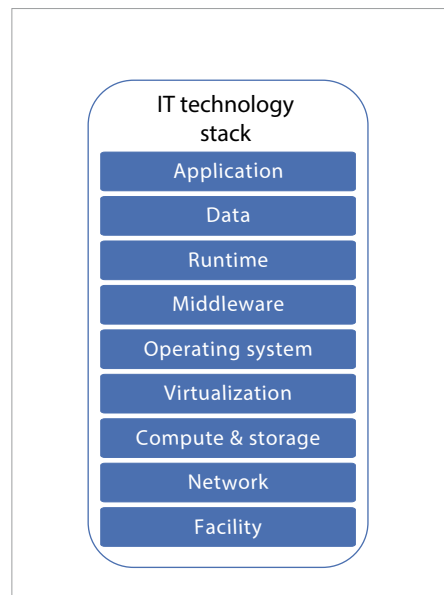
Dynamiczny rozwój gospodarki cyfrowej sprawia, że obiekty typu Data Center stały się jednym z kluczowych elementów współczesnej infrastruktury technicznej oraz infrastruktury krytycznej państwa. To w nich koncentrują się zasoby obliczeniowe wykorzystywane przez usługi chmurowe, bankowość elektroniczną, administrację publiczną, przemysł oraz systemy bezpieczeństwa. Niezawodność zasilania tych obiektów bezpośrednio przekłada się na ciągłość funkcjonowania usług cyfrowych, a tym samym na bezpieczeństwo gospodarcze i społeczne. Jednocześnie centra danych należą do najbardziej energochłonnych obiektów w sektorze IT, ich moce przyłączeniowe sięgają dziesiątek, a w kampusach hyperscale nawet setek megawatów, przy rosnącej gęstości mocy pojedynczych szaf serwerowych, zwłaszcza dla obciążeń GPU i AI.

Wysokie wymagania dotyczące dostępności usług IT, określane między innymi przez poziomy klasyfikacji Tier Uptime Institute oraz klasy Availability Class normy PN-EN 50600, wymuszają stosowanie zaawansowanych architektur zasilania, wielotorowych układów dystrybucji energii i rozbudowanej redundancji źródeł podstawowych oraz rezerwowych. Równocześnie rośnie presja na poprawę efektywności energetycznej, ograniczenie emisji CO₂ i integrację

centrów danych z odnawialnymi oraz niskoemisyjnymi źródłami energii. Projektant systemu zasilania Data Center musi więc jednocześnie spełnić wymagania dostępności, bezpieczeństwa, regulacji środowiskowych oraz oczekiwań inwestora w zakresie nakładów inwestycyjnych oraz kosztów eksploatacyjnych w całym cyklu życia obiektu.

Rola Data Center we współczesnej infrastrukturze cyfrowej

Współczesne społeczeństwo informacyjne opiera swoją działalność na nieprzerwanym dostępie do danych i usług cyfrowych. Obiekty typu Data Center stanowią podstawową infrastrukturę krytyczną umożliwiającą funkcjonowanie gospodarki cyfrowej, administracji publicznej oraz systemów przemysłowych. Ich zadaniem jest zapewnienie bezpiecznego przechowywania, przetwarzania i dystrybucji informacji przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej dostępności usług i minimalizacji ryzyka przerw w działaniu. W praktyce Data Center pełnią rolę cyfrowego węzła obliczeniowego, w którym moc przetwarzania, infrastruktura sieciowa oraz niezawodne zasilanie przekładają się bezpośrednio na stabilność usług i aplikacji funkcjonujących w skali globalnej. Warstwowy model infrastruktury IT przedstawiony na **ry-sunku 1.** prezentuje zależności pomiędzy fizyczną infrastrukturą centrum danych, warstwą obliczeniową, siecią oraz kolejnymi poziomami środowiska systemowego i aplikacyjnego. Schemat obrazuje hierarchię elementów niezbędnych do funkcjonowania usług cyfrowych, zaczynając od warstwy infrastrukturalnej Data Center (*facility*), aż do warstw danych i aplikacji udostępnianych użytkownikom, [2].



Rys. 1. Warstwy stosu technologicznego IT, wg [2]

Znaczenie dla gospodarki cyfrowej i usług chmurowych

Gospodarka cyfrowa rozwija się w tempie, które bez stabilnego zaplecza infrastrukturalnego nie byłoby możliwe. Data Center stanowią podstawę funkcjonowania usług e-commerce, bankowości elektronicznej, administracji cyfrowej oraz wielu aplikacji informatycznych wykorzystywanych w sektorze publicznym i prywatnym. Stabilność dostępu do danych i ciągłość przetwarzania informacji mają obecnie charakter strategiczny dla przedsiębiorstw, a niezawodność infrastruktury zasilania centrów danych przekłada się bezpośrednio na odporność usług cyfrowych na przerwy eksploatacyjne [2].

Wraz z upowszechnieniem rozwiązań chmurowych (*cloud computing*) rola Data Center ule-

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono rolę Data Center we współczesnej infrastrukturze cyfrowej oraz klasyfikację i standardy obiektów Data Center.

Słowa kluczowe: Data Center, infrastruktura krytyczna, niezawodność zasilania, klasyfikacja Tier, Norma PN-EN 50600.



FASTGROUP

Niezawodna serwerownia? To nasza specjalność.

PROWADZIMY CAŁY PROCES



KONCEPCJE, PROJEKTOWANIE
SERWEROWNI



BUDOWA LUB MODERNIZACJA
SERWEROWNI „POD KLUCZ”



ZASILACZE UPS -
MODUŁOWE I MONOBŁOKOWE
O SPRAWNOŚCI >97%



AGREGATY PRĄDOTWÓRCZE,
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

gła dalszemu wzmocnieniu. Modele usług IaaS, PaaS i SaaS wymagają skalowalnych zasobów obliczeniowych oraz elastyczności w reagowaniu na zmienne zapotrzebowanie, co pozwala użytkownikom ograniczać koszty inwestycyjne związane z budową własnej infrastruktury IT i przenosić odpowiedzialność za zapewnienie dostępności na operatorów centrów danych [2].

Dynamiczny rozwój usług chmurowych powoduje wzrost zapotrzebowania na moc elektryczną i chłodzenie w Data Center. Zwiększająca się gęstość mocy w szafach serwerowych prowadzi do podwyższonych wymagań wobec systemów zasilania, co wymusza stosowanie nowych technologii pozwalających na jednoczesne zapewnienie wysokiej efektywności energetycznej oraz niezawodności infrastruktury krytycznej [2, 3].

Rola w obsłudze krytycznych aplikacji i systemów

Znaczenie Data Center obejmuje nie tylko sferę gospodarki cyfrowej, ale również obszary związane z bezpieczeństwem państwa oraz infrastrukturą krytyczną. W centrach danych funkcjonują systemy obsługujące administrację publiczną, rejestry państwowe, bankowość elektroniczną, systemy płatności oraz telekomunikację. Szczególne wymagania dotyczą aplikacji czasu rzeczywistego, takich jak systemy giełdowe, sterowanie ruchem lotniczym czy nadzór nad sieciami energetycznymi, gdzie nawet krótkotrwała przerwa w zasilaniu może generować poważne skutki gospodarcze i operacyjne. Z tego względu Data Center są projektowane z zachowaniem rygorystycznych wymagań dotyczących ciągłości pracy i dostępności infrastruktury [2].

Do kategorii aplikacji krytycznych zalicza się również rozwiązania związane z bezpieczeństwem wewnętrznym i obronnością, takie jak policyjne bazy danych, systemy dowodzenia oraz wojskowe sieci teleinformatyczne. Systemy te wymagają nie tylko wysokiej dostępności zasilania, ale także odporności infrastruktury na awarie komponentów, zdarzenia losowe oraz zagrożenia cybernetyczne. W tym zakresie stosuje się zarówno normy i wytyczne techniczne (PN-EN 50600, ANSI/TIA-942, ANSI/BICSI 002), jak i rozbudowane standardy oceny i certyfikacji infrastruktury, w tym Tier Standards wraz z systemem klasyfikacji, opracowane przez Uptime Institute, certyfikacje TSI.STANDARD (TÜVIT) oraz standardy i wytyczne organizacji EPI stosowane w projektowaniu oraz eksploatacji Data Center [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Z uwagi na rosnącą liczbę usług krytycznych, centra danych są obecnie uznawane za element infrastruktury krytycznej państwa. Awaria obiektu może prowadzić do skutków o charakterze systemowym i zakłóceń w wielu sektorach jednocześnie. Dlatego w nowo projektowanych obiektach szczególną uwagę zwraca się na analizę ryzyka, analizę dostępności oraz implementację sekwencji operacyjnych (*Sequence of Operation, SoO*), które umożliwiają określenie podatności infrastruktury na awarie, ocenę poziomu dostępności w odniesieniu do wymagań normatywnych oraz zdefiniowanie procedur działania systemów zasilania w różnego typu scenariuszach eksploatacyjnych [3].

Klasyfikacja i standardy obiektów Data Center

W celu zapewnienia spójności wymagań projektowych oraz ułatwienia oceny jakości infrastruktury wprowadzono zestandaryzowane klasyfikacje obiektów Data Center. Określają one minimalne parametry techniczne związane z dostępnością, redundancją oraz sposobem organizacji pracy obiektu. Dzięki temu inwestorzy i użytkownicy mogą porównywać cen-

tra danych w oparciu o jednoznaczne kryteria, a projektanci i wykonawcy otrzymują jasne wytyczne dotyczące realizacji poszczególnych systemów infrastrukturalnych [2].

Najbardziej rozpowszechnionym systemem klasyfikacji jest standard Tier, opracowany przez Uptime Institute, w którym wyróżnia się cztery poziomy niezawodności, oznaczane jako Tier I do Tier IV. W Europie równolegle rozwija się kompleksowa norma PN-EN 50600 (seria norm), która określa wymagania dotyczące projektowania, budowy oraz eksploatacji infrastruktury Data Center. Uzupełniają je standardy amerykańskie ANSI/TIA-942 oraz ANSI/BICSI 002 opisujące między innymi wymagania dotyczące telekomunikacji, zasilania i bezpieczeństwa. Wykorzystuje się także standardy i system certyfikacji TSI.STANDARD opracowane przez TÜVIT oraz standardy EPI, które określają wymagania i dobre praktyki w zakresie projektowania, eksploatacji i oceny centrów danych [3, 4, 5, 6, 7, 8].

Dodatkową grupę dokumentów stanowią wytyczne ASHRAE opracowane przez komitet techniczny TC 9.9, które określają dopuszczalne warunki środowiskowe dla infrastruktury IT.

Standard/ organizacja	Główny cel	Typ dokumentu/ certyfikacja	Typowe zastosowanie
PN-EN 50600 (seria)	kompleksowa normalizacja projektowania i eksploatacji Data Center w Europie	norma europejska, podstawa do audytów i certyfikacji zgodności	projektowanie i ocena Data Center w UE, dokument odniesienia w przetargach i wymaganiach technicznych
Uptime Institute Tier Standards	klasyfikacja centrów danych według poziomu dostępności	prywatny standard, formalna certyfikacja projektu, budowy i eksploatacji	globalna klasyfikacja marketingowo-techniczna, często wymagana przez klientów korporacyjnych
ANSI/TIA-942	standard infrastruktury telekomunikacyjnej Data Center	standard amerykański, stosowany jako punkt odniesienia przy audytach i certyfikacji	projektowanie i ocena Data Center, szczególnie w zakresie telekomunikacji i zasilania
ANSI/BICSI 002	wytyczne projektowe i eksploatacyjne dla Data Center	standard branżowy typu <i>best practice</i> , bez formalnej klasy jak Tier, ale z jednoznacznymi wymaganiami	szczegółowe projektowanie techniczne nowych DC oraz modernizacje istniejących obiektów
TÜVIT TSI. STANDARD	ocena i certyfikacja infrastruktury Data Center	standard certyfikacyjny, formalna certyfikacja obiektu na określony poziom TSI	niezależna certyfikacja Data Center w Europie, w tym dla obiektów o znaczeniu krytycznym
EPI Data Center Standards and Best Practices	klasyfikacja i dobre praktyki projektowe oraz operacyjne	standard branżowy i podstawa programów szkoleniowych (CDCP, CDCS, CDCE), możliwość certyfikacji zgodności	projektowanie, audyt i doskonalenie Data Center, szczególnie na rynkach rozwijających się
ASHRAE TC 9.9 Thermal Guidelines	wytyczne środowiskowe dla sprzętu IT i Data Center	wytyczne techniczne, brak formalnej certyfikacji obiektów, dokument referencyjny	projektowanie i optymalizacja systemów chłodzenia, analiza warunków pracy IT i powiązanie z dostępnością oraz efektywnością energetyczną

Tab. 1. Porównanie wybranych standardów i wytycznych dotyczących Data Center, wg [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]

**Spółdzielnia Pracy Elektroniki i Informatyki „ETA”
od ponad 35 lat projektuje, produkuje, dystrybuuje i serwisuje
zasilacze awaryjne UPS. Jest autorem i właścicielem patentu
zatytułowanego „Zasilacz awaryjny”.**

W ofercie:

1. **Zasilacze jednofazowe sinusoidalne małej mocy** od 520 VA do 1600 VA – line-interactive
2. **Zasilacze jednofazowe małej mocy** od 1 kVA do 3 kVA rack/tower – on-line
3. **Zasilacze jednofazowe** lub 3/1 średniej mocy od 6 kVA do 10 kVA rack/tower – on-line (do pracy redundantnej)
4. **Zasilacze trójfazowe dużej mocy** od 10 kVA do 180 kVA tower – on-line (do pracy redundantnej)
5. **Zasilacze trójfazowe modułowe dużej mocy** od 10 kVA do 600 kVA tower – on-line (do pracy redundantnej)
6. **Akumulatory, bloki i stojaki akumulatorowe**, listwy przeciwzakłóceń, obwody obejściowe, adaptery SNMP z monitorowaniem środowiska oraz oprogramowanie monitorujące

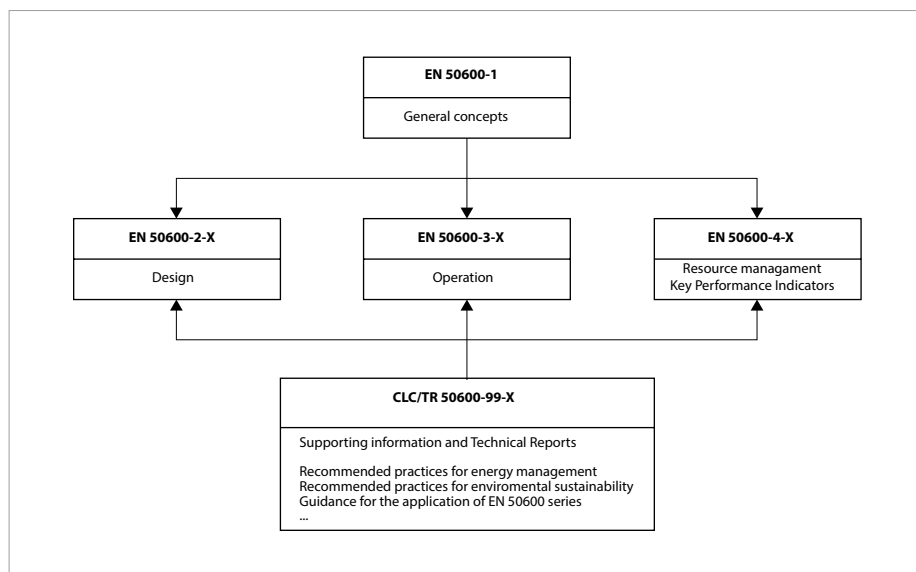


Spółdzielnia Pracy Elektroniki
i Informatyki „ETA”

tel. 61 841-00-73

mail: office@eta.com.pl

eta.com.pl



Rys. 2. Schematyczna zależność między serią norm PN-EN 50600 wg [3]

Wytczne te definiują klasy środowiska pracy serwerów oraz dopuszczalne zakresy temperatury i wilgotności, co ma bezpośredni wpływ na dobór i projektowanie systemów chłodzenia, ocenę niezawodności sprzętu oraz analizę efektywności energetycznej Data Center. Choć ASHRAE nie pełni roli kompleksowej normy infrastrukturalnej, stanowi powszechnie stosowany dokument referencyjny w projektowaniu obiektów oraz uzupełnienie wymagań określanych w pozostałych standardach, [9].

W praktyce stosowanie klasyfikacji i norm pozwala na zwiększenie powtarzalności procesów projektowych, zapewnienie wysokiego poziomu bezpieczeństwa operacyjnego oraz umożliwia certyfikację obiektów przez niezależne podmioty. Zgodność ze wskazanymi standardami jest często wymagana w postępowaniach przetargowych i umowach handlowych, szczególnie

w sektorze finansowym i w obsłudze klientów instytucjonalnych [2].

W praktyce współautor niniejszego artykułu spotyka się również z sytuacjami, w których inwestorzy międzynarodowi odwołują się jedynie do wybranych zapisów standardów i norm branżowych, natomiast pozostałe traktują jako niewymagane lub opcjonalne z punktu widzenia celów biznesowych oraz ograniczenia nakładów inwestycyjnych. Jednocześnie w innych obszarach inwestorzy ci stosują własne wymagania, które bywają bardziej restrykcyjne niż minimalne zapisy norm oraz standardów, w szczególności w odniesieniu do ciągłości działania, odporności infrastruktury lub ograniczenia ryzyka operacyjnego. Wymagania te są każdorazowo uwzględniane w specyfikacjach technicznych przekazywanych projektantom i wykonawcom jako dokumenty nadrzędne wobec

norm. Wymaga to indywidualnego podejścia projektowego oraz szczegółowego uzgodnienia zakresu infrastruktury objętej analizami oraz certyfikacją. Tego typu sytuacje wynikają między innymi z dynamicznego rozwoju technologii stosowanych w centrach danych oraz ze zmiany trendów projektowych, za którymi zespoły normalizacyjne i organizacje opracowujące standardy nie zawsze nadążają. W konsekwencji inwestorzy i operatorzy globalni wprowadzają własne wymagania techniczne, które stanowią rozszerzenie lub uzupełnienie obowiązujących norm, co ma istotny wpływ na sposób projektowania współczesnych obiektów Data Center. W tabeli 1. przedstawiono porównanie wybranych standardów i wytycznych dotyczących Data Center.

Norma PN-EN 50600 i jej części dotyczące infrastruktury

Norma PN-EN 50600 stanowi pierwszy europejski zbiór kompleksowych wymagań dotyczących projektowania, budowy i eksploatacji obiektów Data Center. W przeciwieństwie do standardów opracowanych przez organizacje prywatne (np. Uptime Institute, EPI) ma charakter normy europejskiej i umożliwia stosowanie spójnych kryteriów technicznych na poziomie Unii Europejskiej. Dokument obejmuje wszystkie podstawowe elementy infrastruktury centrów danych, w tym systemy zasilania, chłodzenia, budynki, telekomunikację oraz bezpieczeństwo fizyczne [3].

Struktura normy została podzielona na odrębne części, w których przedstawiono szczegółowe wymagania dotyczące poszczególnych obszarów. Część PN-EN 50600-1 określa podstawowe definicje, pojęcia oraz zasady klasyfikacji dostępności. Zgodnie z normą wyróżnia się cztery poziomy dostępności oznaczone jako: Availability Class 1, Availability Class 2, Availability Class 3 oraz Availability Class 4, które mogą być stosowane niezależnie dla systemów zasilania, chłodzenia, telekomunikacji i bezpieczeństwa fizycznego [3].

Wymagania dotyczące infrastruktury zasilania określono w PN-EN 50600-2-2. Dokument opisuje zasady projektowania układów zasilania, dopuszczalne konfiguracje redundancji, wymagania dla odporności na pojedyncze awarie oraz zasady dystrybucji energii w obiekcie. W części PN-EN 50600-2-1 opisano wymagania związane z konstrukcją budynków i elementów architektonicznych. W PN-EN 50600-2-3 przedstawiono wymagania dotyczące kontroli środowiska i systemów chłodzenia, natomiast PN-EN

Kryterium	PN-EN 50600	Uptime Institute
Charakter dokumentu	norma europejska (CENELEC), dokument normatywny	standard prywatny (komercyjny), specyfikacja niezawodności
Zakres	kompletna infrastruktura DC (zasilanie, chłodzenie, budynki, bezpieczeństwo, telekomunikacja)	klasyfikacja odporności topologii i niezawodności infrastruktury
Podejście do źródła zasilania	źródło podstawowe to sieć elektroenergetyczna	agregaty traktowane jako podstawowy element zapewnienia ciągłości
Redundancja agregatów	dopuszczalne konfiguracje niesymetryczne względem torów zasilania	wymagane pełne odzwierciedlenie redundancji torów (co najmniej N + 1)
Podejście do dostępności	definiuje klasy dostępności Availability Class 1 do Availability Class 4	definiuje poziomy Tier I do Tier IV
Filozofia projektowa	oparte na wysokiej stabilności europejskich sieci elektroenergetycznych	zakłada niską pewność zasilania z sieci w ujęciu globalnym
Certyfikacja	możliwa jako PN-EN 50600-2-x dla wybranych obszarów	certyfikacja projektowa i operacyjna Tier
Konsekwencje projektowe	możliwe niższe nakłady inwestycyjne przy zachowaniu klasy dostępności	wyższe nakłady inwestycyjne wynikające z obowiązku redundancji infrastruktury

Tab. 2. Porównanie podejścia PN-EN 50600 i Uptime Institute w zakresie zasilania, wg [3, 7]

50600-2-4 obejmuje zagadnienia dotyczące okablowania telekomunikacyjnego. Wymagania dla systemów bezpieczeństwa fizycznego opisano w PN-EN 50600-2-5 [3].

Zagadnienia eksploatacyjne oraz organizacyjne zostały opisane w PN-EN 50600-3-1. Dokument ten wskazuje zasady dotyczące utrzymania infrastruktury oraz wymagania związane z zapewnieniem ciągłości eksploatacji. W kontekście systemów zasilania istotne znaczenie ma PN-EN 50600-4-1, która zawiera metody oceny dostępności i parametry operacyjne wykorzystywane przy analizach niezawodnościowych oraz porównaniu wariantów projektowych [3].

Norma PN-EN 50600 umożliwia projektowanie obiektów zgodnych z europejskimi wymaganiami prawnymi oraz ujednoliconymi zasadami technicznymi. W praktyce zapewnia to powtarzalność procesów projektowych, ułatwia certyfikację oraz wspiera realizację założeń dotyczących efektywności energetycznej i zrównoważonego rozwoju w centrach danych [3].

W praktyce certyfikacja infrastruktury Data Center wykonywana jest z reguły w odniesieniu do części PN-EN 50600-2-x, czyli wyłącznie do elementów infrastrukturalnych objętych zakresem oceny certyfikacyjnej. Oznacza to, że

ocenę podlega wybrany podzbiór wymagań normy, a nie jej pełna treść. Wielu inwestorów, którym zależy na potwierdzeniu klasy dostępności serwerowni, decyduje się jednak na wdrożenie również wybranych wymagań ogólnych zawartych w PN-EN 50600-1, na przykład w zakresie klasyfikacji Protection Class odnoszącej się do odporności fizycznej obiektu na zagrożenia środowiskowe lub ingerencje zewnętrzne. Pozostałe, bardziej kosztowne wymagania normy są często pomijane, aby ograniczyć nakłady inwestycyjne i skupić się wyłącznie na elementach potrzebnych do uzyskania certyfikatu. Należy podkreślić, że norma PN-EN 50600 nie jest przywołana w polskich przepisach prawa, dlatego nie stanowi dokumentu obligatoryjnego. Jej stosowanie wynika z decyzji inwestora oraz z oczekiwań klientów końcowych, którzy wymagają potwierdzenia określonego poziomu niezawodności i dostępności infrastruktury [3].

W zdecydowanej większości przypadków certyfikacja odnosi się do grupy PNEC 50600 2x, a więc do wybranych części normy związanych z konkretnymi systemami infrastruktury objętymi procesem oceny, takimi jak zasilanie, chłodzenie, okablowanie telekomunikacyjne czy bezpieczeństwo fizyczne. Oznacza to, że

potwierdzenie klasy dostępności dotyczy infrastruktury ocenianej w ramach danej części normy, a nie pełnej serii PN-EN 50600. Współautor niniejszego artykułu, realizując projekty centrów danych w Polsce, wielokrotnie spotykał się z mylnym przekonaniem, że uzyskanie certyfikacji wymaga spełnienia pełnego zestawu wymagań normy. W praktyce certyfikowane są wyłącznie te elementy normy, które stanowią zakres danej oceny, natomiast pozostałe wytyczne mogą być wdrażane fakultatywnie – jako rozwiązania podnoszące niezawodność i poziom bezpieczeństwa infrastruktury. Na **rysunku 2**, przedstawiono schematyczną zależność między serią norm PN-EN 50600.

Standard Uptime Institute oraz klasyfikacja poziomów Tier

Uptime Institute jest organizacją, która opracowała jeden z najbardziej rozpowszechnionych systemów klasyfikacji niezawodności infrastruktury centrów danych. Standard Tier dzieli obiekty na cztery poziomy, od Tier I do Tier IV, które określają oczekiwany poziom dostępności infrastruktury oraz wymagania dotyczące redundancji i możliwości prowadzenia prac serwisowych. Klasyfikacja ta wykorzystywana jest zarówno

REKLAMA



ZAUF AJ
NAJLEPSZYM
NIEZAWODNE ZASILANIE

GT UPS FLEXI RT – kompaktowy UPS do zastosowań IT i biznesowych

Zakres mocy: dostępny w wariantach 10 kVA / 15 kVA / 20 kVA, co umożliwia dopasowanie urządzenia do średnich i bardziej wymagających instalacji.

Elastyczna konfiguracja faz: możliwość pracy w układach: 3/3, 3/1, 1/1

Wysoka uniwersalność zastosowań: dzięki elastycznej architekturze i konfiguracji parametrów, UPS może być stosowany w różnorodnych, wymagających środowiskach – od serwerowni i systemów teleinformatycznych po aplikacje przemysłowe.



SPRAWDŹ

www.gtups.pl

GRUPA ROMI

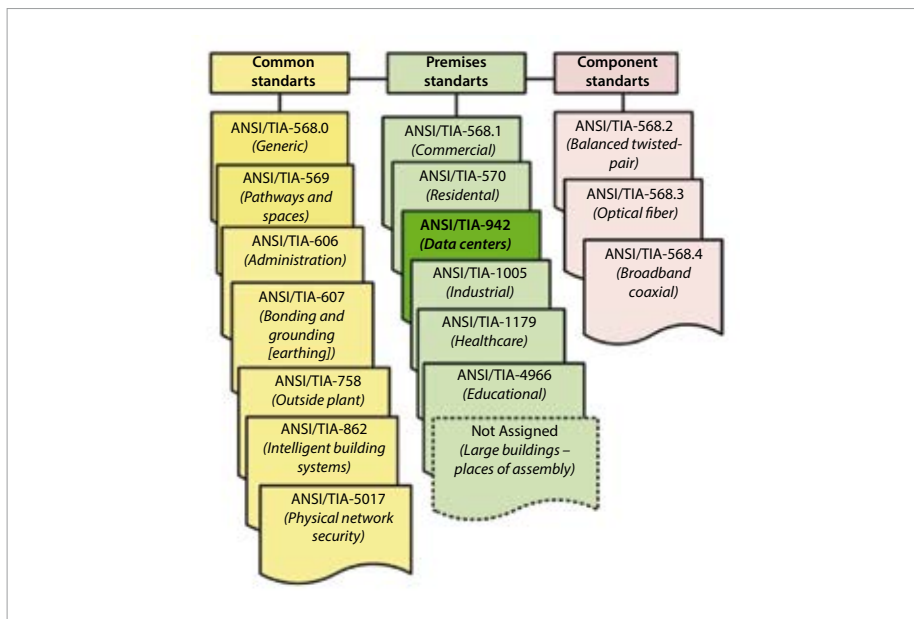
Ul. Słowikowskiego 85A, Hala H6
05-090 Raszyn

Tel. (22) 846 22 62
handlowy@gtups.pl
www.gtups.pl

eprasa.pl 5b5d5ff93d



PARTNER SERWISOWO-SPRZEDAŻOWY
biuro@gruparomi.pl



Rys. 3. Zakres norm telekomunikacyjnych ANSI/TIA ze wskazaniem standardu ANSI/TIA942 dotyczącego centrów danych, wg [2]

na etapie projektowania nowych obiektów, jak i przy certyfikacji istniejących serwerowni w skali globalnej [7].

Standard Tier definiuje wymagania dotyczące topologii infrastruktury, w szczególności liczby niezależnych ścieżek zasilania i chłodzenia, po-

ziomu redundancji elementów oraz zdolności centrum danych do utrzymania działania podczas prac serwisowych. Poziom Tier I opisuje obiekt oparty na pojedynczej infrastrukturze bez redundancji. Tier II zakłada zastosowanie elementów redundantnych N+1, jednak nadal

z pojedynczą ścieżką dystrybucji energii. Tier III umożliwia prowadzenie prac serwisowych bez konieczności przerywania pracy systemów IT, dzięki zastosowaniu dwóch niezależnych ścieżek infrastruktury. Tier IV określa najwyższy poziom niezawodności, obejmujący pełną redundancję infrastruktury krytycznej w układzie co najmniej 2N, zapewniając odporność na awarie nawet podczas prowadzenia prac serwisowych [7].

Certyfikacja obiektów w zakresie Tier realizowana jest przez Uptime Institute i może obejmować etap projektowy oraz etap powykonawczy. Oznacza to weryfikację dokumentacji technicznej, analiz operacyjnych oraz przeprowadzenie testów infrastruktury krytycznej. Certyfikacja potwierdza osiągnięcie określonego poziomu niezawodności i stanowi często wymóg komercyjny stosowany przez odbiorców usług kolokacyjnych lub operatorów chmury obliczeniowej, [7].

W praktyce projektowej współautor niniejszego artykułu obserwuje znaczne różnice w podejściu do redundancji systemów zasilania pomiędzy normą PN-EN 50600 a standardem Uptime Institute. Norma europejska zakłada, że podstawowym źródłem energii jest

REKLAMA



ZASILANIE REZERWOWE

ZASILACZE UPS | AGREGATY PRĄDOTWÓRCZE



- Wysoka sprawność produktów
- Doskonałe parametry
- Kompleksowa obsługa
- Doradztwo techniczne
- Szybka dostępność

Zakres mocy:
1 - 2750 KVA

Z NAMI NIE ZABRAKNIĘ CI ENERGII

ZASILACZ LEVELUPS

- wysoki współczynnik mocy $pf=1$
- wysoka wydajność w trybie On-Line do 96%
- obniżone straty energii
- prostownik i falownik w technologii IGBT PWM
- technologia On-Line o podwójnej konwersji

OFERUJEMY:

- zasilacze awaryjne ups
- stabilizatory napięcia
- akumulatory VRLA
- agregaty prądotwórcze



zasilanie z sieci elektroenergetycznej, której dostępność na obszarze Europy uznaje się za relatywnie wysoką. W rezultacie PN-EN 50600 dopuszcza rozwiązania, w których redundancja agregatów prądowców nie musi odpowiadać redundancji poszczególnych torów zasilania i w określonych konfiguracjach możliwe jest zastosowanie pojedynczego agregatu podtrzymującego oba tory zasilania. Natomiast podejście reprezentowane przez Uptime Institute opiera się na założeniu, że sieć publiczna nie stanowi wystarczająco pewnego źródła energii, dlatego agregaty są traktowane jako podstawowe źródło zasilania w rozumieniu architektury topologicznej i muszą zostać przewidziane na każdym torze zasilającym w redundancji co najmniej N+1. W konsekwencji energia z sieci pełni w tym podejściu przede wszystkim rolę ekonomiczną, a nie infrastrukturalnie podstawową, co istotnie wpływa na sposób projektowania systemów zasilania oraz poziom nakładów inwestycyjnych wymaganych do spełnienia wymagań Standardu Tier. W tabeli 2. przedstawiono porównanie podejścia PN-EN 50600 i Uptime Institute w zakresie zasilania.

Standardy ANSI/TIA-942, ANSI/BICSI 002 oraz wymagania TSI. STANDARD TÜVIT i EPI stosowane w praktyce projektowej

W Stanach Zjednoczonych równolegle do norm europejskich PN-EN opracowano zestaw standardów dotyczących projektowania i eksploatacji Data Center, które są szeroko stosowane także w innych regionach świata. Najbardziej rozpowszechniony dokument to ANSI/TIA-942, określający wymagania dla infrastruktury telekomunikacyjnej, systemów zasilania oraz zabezpieczeń fizycznych. Standard definiuje cztery poziomy niezawodności oznaczane jako Rated-1 do Rated-4, zbliżone do podziału Tier stosowanego przez Uptime Institute, opisując między innymi redundancję zasilania, rozmieszczenie pomieszczeń technicznych oraz zabezpieczenia przeciwpożarowe [4].

Drugim kluczowym zbiorem wytycznych są standardy opracowane przez organizację BICSI, których centralnym dokumentem jest ANSI/BICSI 002. Wytyczne te koncentrują się na projektowaniu systemów zasilania, chłodzenia oraz telekomunikacji – z uwzględnieniem ergonomii obsługi, dostępu serwisowego oraz efektywności energetycznej. W przeciwieństwie do ANSI/TIA-942 obejmują również rekomendacje dotyczące eksploatacji, konserwacji i zarządzania cyklem życia infrastruktury. Standard ANSI/BICSI

002 określa także szczegółowe wymagania techniczne, np. w zakresie dopuszczalnej rezystancji uziemienia dla poszczególnych klas centrum danych, co w praktyce może stanowić bardziej rygorystyczny warunek niż przepisy krajowe [4, 5].

Na rysunku 3. przedstawiono zakres norm telekomunikacyjnych ANSI/TIA ze wskazaniem standardu ANSI/TIA-942 dotyczącego centrów danych.

W praktyce współautor niniejszego artykułu wielokrotnie spotykał się z sytuacjami, w których inwestorzy międzynarodowi oczekują spełnienia wybranych wymagań standardów amerykańskich, nawet jeśli nie są one przywołane w dokumentacji projektowej, normach europejskich lub przepisach krajowych. Przykładem może być zagadnienie rezystancji uziemienia. Polska norma PNEN 62305 dopuszcza wartość rezystancji uziomu rzędu 10 Ω , natomiast ANSI/BICSI 002 rekomenduje wartości nieprzekraczające 5 Ω (Class 1), 3 Ω (Class 2) lub nawet 1 Ω dla bardziej wymagających klas obiektów (Class 3 oraz Class 4). Uzyskanie tak niskiej rezystancji uziemienia jest często konieczne do spełnienia wymagań dodatkowych, określanych w specyfikacjach inwestorów, dotyczących m.in. ograniczenia napięcia pomiędzy przewodem neutralnym a uziemieniem w szafach serwerowych (np. $NPE \leq 5$ V) oraz ograniczenia prądów zwarciowych na poziomie urządzeń odbiorczych, co ma istotne znaczenie dla niezawodności systemów IT oraz ochrony urządzeń przed zakłóceniami elektromagnetycznymi, [5].

Od standardów ANSI/TIA i ANSI/BICSI odrębną kategorię stanowi system certyfikacji Trusted Site Infrastructure (TSI.STANDARD) opracowany przez TÜVIT. Standard TSI koncentruje się na niezależnej ocenie infrastruktury Data Center i określeniu poziomu dostępności obiektu, przy czym analiza obejmuje zarówno infrastrukturę techniczną, jak i czynniki organizacyjne oraz fizyczne. Certyfikacja TÜVIT jest stosowana głównie w Europie, w tym w dużych obiektach o znaczeniu krytycznym i uwzględnia nie tylko elementy związane z niezawodnością infrastruktury, lecz także ochronę fizyczną obiektu oraz zgodność z wymaganiami związanymi z bezpieczeństwem operacyjnym [6].

Jeszcze innym źródłem wytycznych praktycznych, stosowanych w wielu projektach centrów danych, są standardy organizacji EPI. Dokumenty te zawierają zarówno wymagania projektowe, jak i dobre praktyki dotyczące eksploatacji oraz utrzymania obiektów, i stanowią podstawę szeregu programów szkoleniowych oraz audytowych. EPI jest firmą o europejskich

korzeniami, ale największą aktywność rozwija na rynkach azjatyckich, zwłaszcza w regionie Azji Południowo-Wschodniej, w Chinach, Indiach oraz na rynkach Ameryki Łacińskiej, gdzie prowadzi audyty, certyfikacje oraz szkolenia według własnych standardów i ram DCOS (Data Centre Operations Standard) oraz IT & Data Center Framework. Standardy EPI obejmują między innymi wymagania dotyczące dostępności infrastruktury, odporności na awarie, organizacji służb utrzymania oraz optymalizacji kosztów operacyjnych, a inwestorzy wykorzystują je jako uzupełnienie norm i standardów międzynarodowych, w szczególności w projektach realizowanych na rynkach rozwijających się [8].

Należy podkreślić, że część wymagań określanych w standardach amerykańskich nie jest obligatoryjna w projektach realizowanych w Polsce i w Unii Europejskiej, ale ich wdrożenie bywa konieczne w przypadku inwestycji przygotowywanych na rzecz klientów międzynarodowych. W takich sytuacjach stosowanie wybranych fragmentów ANSI/TIA-942, ANSI/BICSI 002, TSI.STANDARD (TÜVIT) oraz EPI stanowi element dopasowania projektu do wymagań branżowych oraz indywidualnych uwarunkowań technicznych odbiorcy. Rezygnacja z określonych parametrów technicznych w celu ograniczenia nakładów inwestycyjnych może prowadzić do konieczności wprowadzenia alternatywnych rozwiązań projektowych lub spowodować trudności w spełnieniu kluczowych wymagań odbiorców końcowych. Z tego względu autor niniejszego artykułu, realizując projekty serwerowni w Polsce, każdorazowo analizuje zakres stosowania standardów amerykańskich i europejskich oraz konsekwencje projektowe wynikające z przyjęcia określonego poziomu wymagań technicznych.

Tematyka trendów w rozwoju Data Center będzie kontynuowana w części 2. artykułu.



literatura do artykułu na
elektro.info.pl

ABSTRACT

Trends in Data Center power supply development. Part 1: The role of Data Centers, standards

The article presents the role of Data Centers in modern digital infrastructure, as well as the classification and standards of Data Center facilities.

Keywords: Data Center, critical infrastructure, power supply reliability, Tier Classification, PN-EN 50600 Standard.

blacktec®

www.blacktec.pl

Modułarna Architektura

Hot-swap. Skalowalność do 1200kVA. Bez przestojów

Pełna integracja

Kompatybilność z każdym systemem BMS, SCADA, DCIM.

Sprawność do 97,2%

Oszczędność energii i maksymalne bezpieczeństwo w trybie AC/AC.

Inteligentna bateria

Obsługa VRLA i Li-ion. Większa żywotność, pełna kontrola.



blacktec

Data center | Przemysł | Medycyna | IT | Finanse

AI Projekt Centrala
ul. Kutrzeby 42a
05-082 Stare Babice
handlowy@alprojekt.pl

AI PROJEKT®
www.alprojekt.pl

AI Projekt Poznań
ul. Strzeszyńska 35/37
60-479 Poznań
poznan@alprojekt.pl

inż. Piotr Baldyga, inż. Błażej Gajewski, inż. Aneta Stypułkowska, inż. Sebastian Szyjka, mgr inż. Maciej Listowski, dr inż. Robert Supronowicz, dr hab. inż. Irena Fryc prof. PB – Politechnika Białostocka

Paradoks technologii LED w oświetleniu miejskim: od efektywności energetycznej do zrównoważonej strategii minimalizacji zanieczyszczenia światłem (część 2.)

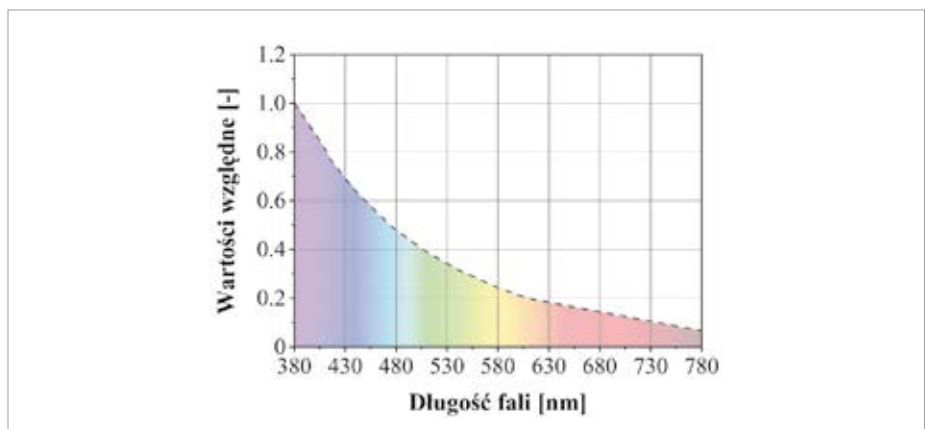
Biologiczne i środowiskowe skutki zanieczyszczenia światłem

Wysoka emisja światła niebieskiego w standardowych białych diodach LED powoduje szereg negatywnych efektów środowiskowych, określanych zbiorczo jako zanieczyszczenie światłem otoczenia (ALAN – *Artificial Light At Night*). W kontekście masowej modernizacji systemów oświetlenia miejskiego, widmo emisji LED stało się kluczowym czynnikiem ryzyka ekologicznego. Dominującą emisją w krótkofalowym paśmie niebieskim (440–500 nm) jest główną przyczyną negatywnych skutków ALAN, wpływając na atmosferę, organizmy żywe oraz całe ekosystemy nocne [1, 2]. W artykule przedstawiono szczegółową analizę mechanizmów i konsekwencji tego oddziaływania.

Rozpraszanie atmosferyczne i efekt Sky Glow

Światło niebieskie podlega zjawisku rozpraszania Rayleigha znacznie skuteczniej niż światło o dłuższych falach. Intensywność rozpraszania jest proporcjonalna do λ^{-4} (gdzie λ to długość fali), co oznacza, że światło niebieskie (450 nm) rozprasza się 5–10 razy silniej niż światło żółte czy czerwone (rys. 1.). Ta fundamentalna zależność fizyczna powoduje, że nawet stosunkowo niewielka emisja światła niebieskiego w górę prowadzi do nieproporcjonalnie silnego efektu rozjaśnienia nocnego nieba, znanego jako Sky Glow.

Konsekwencją intensywnego rozpraszania atmosferycznego jest powstawanie charakterystycznej pomarańczowobiałej poświaty nad obszarami zurbanizowanymi, widocznej z odległości nawet kilkudziesięciu kilometrów. Efekt ten jest szczególnie intensywny w obecności aerozoli atmosferycznych i podwyższonej wilgotności, które dodatkowo zwiększają rozpraszanie. W obszarach o dużej koncentracji źródeł LED o wysokiej CCT (4000–5000 K),



Rys. 1. Światło niebieskie rozprasza się według prawa $\propto \lambda^{-4}$ rys. P. Baldyga, B. Gajewski, A. Stypułkowska, S. Szyjka, M. Listowski, R. Supronowicz, I. Fryc

Sky Glow może zwiększyć jasność nocnego nieba nawet 100–1000 razy w porównaniu z naturalnym poziomem.

Wskaźnik Łuny Świetlnej (*Sky Glow Index*) stanowi obiektywną miarę tego zjawiska, określając sztuczne rozjaśnienie nieba nocnego względem naturalnego poziomu (ciemne niebo: $\sim 0,25 \text{ mcd/m}^2$ w zenicie w noc bezksiężycową). Wzrost o 10% jest zauważalny przez astronomów amatorów jako zmniejszenie liczby dostrzegalnych gwiazd, wzrost o 50% powoduje utratę widoczności obiektów głębokiego nieba, podczas gdy wzrost o >100% prowadzi do utraty widoczności około 30% gwiazd dostrzegalnych gołym okiem w warunkach naturalnych.

Wpływ na człowieka i rytmy dobowe

Światło niebieskie o długościach fali 440–500 nm wywiera maksymalny wpływ na melanopsynę – wyspecjalizowany fotopigment występujący w wewnętrznie światłoczułych komórkach zwojowych siatkówki (ipRGC, *intrinsically photosensitive retinal*

ganglion cells) [3]. Melanopsyna charakteryzuje się krzywą wrażliwości spektralnej z maksimum przy długości fali około 480 nm, odpowiedzialną za regulację rytmu dobowego w układzie pozawzrokowym (*non-visual*).

Krytycznym zagadnieniem w kontekście technologii LED jest fakt, że szczyt wrażliwości melanopsyny niemal dokładnie pokrywa się z emisją nieprzekonwertowanego światła niebieskiego z chipów GaN stosowanych w białych diodach LED. Ta zbieżność spektralna powoduje, że białe diody LED wykazują szczególnie silny wpływ biologiczny w porównaniu do innych źródeł światła o tej samej barwie i natężeniu [4]. Ekspozycja na światło bogate w składową niebieską w godzinach wieczornych i nocnych prowadzi do supresji melatoniny – hormonu regulującego sen, regenerację komórkową i funkcje immunologiczne. Badania wykazały, że ekspozycja na typowe światło wewnętrzne o natężeniu 50 lx w godzinach wieczornych może powodować znaczącą redukcję poziomu melatoniny, co przekłada się na opóźnienie fazy snu i zaburzenia rytmu dobowego.

Dla kwantyfikacji biologicznego wpływu źródeł światła wprowadzono współczynnik melanopowego promieniowania (MPR), zwany także stosunkiem melanopowym (*melanopic ratio*). MPR definiuje się jako stosunek promieniowania aktywującego melanopsynę do promieniowania aktywującego układ wzrokowy. Wartość MPR zależy od rozkładu mocy spektralnej źródła: dla standardowych LED o CCT 4000K wynosi typowo 0,68–0,75, podczas gdy dla LED o CCT 2700K obniża się do 0,40–0,45.

Istotnym problemem projektowym w technologii LED jest nieunikniona zależność między skutecznością świetlną [lm/W] a współczynnikiem MPR. Architektury spektralne charakteryzujące się niższym MPR – a zatem mniejszym wpływem biologicznym – wykazują również niższą efektywność świetlną. Redukcja składowej niebieskiej w spektrum, konieczna do obniżenia MPR, prowadzi bowiem do mniejszej sprawności konwersji fotonów. Dla standardowych diod PC-LED 4000K przy skuteczności 160–180 lm/W wartość MPR wynosi 1,2–1,5. Zastosowanie fosforów azotków (PC-LED 2700K) redukuje MPR do zakresu 0,6–0,8, jednak kosztem obniżenia skuteczności do 130–150 lm/W. Dalsze zmniejszenie wpływu biologicznego poprzez filtrację optyczną (*Filtered pc-LED*) lub wykorzystanie źródeł typu *true amber LED* pozwala osiągnąć MPR < 0,3–0,4, ale wiąże się z drastycznym spadkiem efektywności świetlnej do poziomu 50–140 lm/W.

W kontekście oświetlenia terenów chronionych przyrodniczo (strefy ekologiczne E1–E2 według klasyfikacji ochrony przed zanieczyszczeniem światłem) zaleca się stosowanie źródeł o MPR < 0,4. Takie ograniczenie zapewni drastyczną redukcję stymulacji melanopsyny w porównaniu ze standardowymi LED 4000K (MPR ~1,2–1,5), minimalizując zakłócenia rytmów dobowych zarówno u ludzi, jak i zwierząt nocnych. Wybór odpowiedniej architektury spektralnej źródła LED wymaga zatem kompromisu między efektywnością energetyczną a biologiczną jakością światła [5].

I Wpływ na faunę nocną

Światło emitujące w paśmie niebieskim wywiera szczególnie destrukcyjny wpływ na organizmy nocne. Wiele gatunków owadów nocnych wykazuje maksymalną wrażliwość wzrokową w zakresie 350–480 nm. Ta charakterystyka spektralna czyni białe LED-y o wysokiej CCT (4000–5000K) szczególnie atrakcyjnymi dla owadów, tworząc efekt pułapki świetlnej.

Owady krążące wokół źródła światła tracą energię potrzebną do żerowania, reprodukcji i migracji. Pojedyncza oprawa LED o mocy 50W może uwięzić tysiące owadów w ciągu jednej nocy. Badania

z ostatnich dwóch dekad wskazują na dramatyczny spadek bioróżnorodności owadów – lokalnie nawet o 70–80% – przy czym ALAN jest wskazywana jako jeden z głównych czynników tego zjawiska.

Kręgowce nocne również doświadczają negatywnych skutków ALAN. U nietoperzy światło LED powoduje opóźnienie rozpoczęcia nocnego żerowania, u ptaków migrujących zakłóca nawigację, prowadząc do kolizji z budynkami, a u żółwi morskich sztuczne oświetlenie wybrzeży zakłóca proces wykluwania się młodych.

I Wpływ na rośliny

Rośliny wykorzystują długość dnia (*fotoperiod*) jako główny sygnał regulujący kluczowe procesy fizjologiczne. Kryptochromy wykazują maksymalną wrażliwość w zakresie niebieskim (400–500 nm), co czyni je szczególnie podatnymi na zakłócenia przez oświetlenie LED [6].

Sztuczne oświetlenie nocne może prowadzić do: zaburzeń procesu kwitnienia, opóźnienia wchodzenia w stan spoczynku zimowego (drzewa w obrębie 20 m od źródeł oświetlenia tracą liście średnio o 2–3 tygodnie później), zaburzeń rytmów wzrostu oraz zmian w czasowym rozkładzie funkcji fizjologicznych.

I Wskaźniki oceny wpływu środowiskowego

Obiektywna ocena wpływu systemów oświetleniowych na środowisko nocne wymaga zastosowania kompleksowych wskaźników integrujących różne aspekty oddziaływania:

Udział mocy w paśmie niebieskim:

- » LED białe 4000–5000K: 30–40%
- » LED ciepłe 2700–3000K: 15–20%
- » Filtrowane LED amber: < 5%

Współczynnik Promieniowania Melanopowego (MPR) określa stosunek skuteczności światła w stymulowaniu melanopsyny do skuteczności fotopowej. Dla obszarów wrażliwych ekologicznie (E1–E2) zalecany jest MPR < 0,4.

Wskaźnik Ryzyka Ekologicznego (EIF) na skali 0–100 znajduje zastosowanie w ocenach oddziaływania na środowisko (OOS) dla nowych inwestycji w pobliżu obszarów Natura 2000, parków narodowych i rezerwatów.

Przedstawiona analiza biologicznych i środowiskowych skutków zanieczyszczenia światłem ujawnia wielopłaszczyznowy charakter problemu. Skala i różnorodność tych skutków skłoniły społeczność międzynarodową do opracowania ram prawnych i wytycznych technicznych mających na celu ochronę środowiska nocnego. Kluczową rolę w tym procesie odegrały organizacje międzynarodowe (IDA, CIE) oraz krajowe ustawo-

dawstwa państw europejskich, które jako pierwsze na świecie wprowadziły wiążące regulacje ochrony ciemnego nieba.

I Ramy prawne i regulacje

International Dark-Sky Association (IDA) wprowadziła najbardziej restrykcyjne wytyczne międzynarodowe, obejmujące wymóg stosowania opraw typu Full Cut-Off (ULR=0%), ograniczenie temperatury barwowej do CCT ≤ 3000K oraz zalecenia dotyczące harmonogramów eksploatacji [7].

Czechy jako pierwszy kraj w Europie wprowadziły ustawową definicję zanieczyszczenia światłem w 2002 roku. Słowenia przyjęła krajowe regulacje w 2007 roku. System włoski ma charakter regionalny, z pierwszymi przepisami wprowadzonymi w 2000 roku w Lombardii.

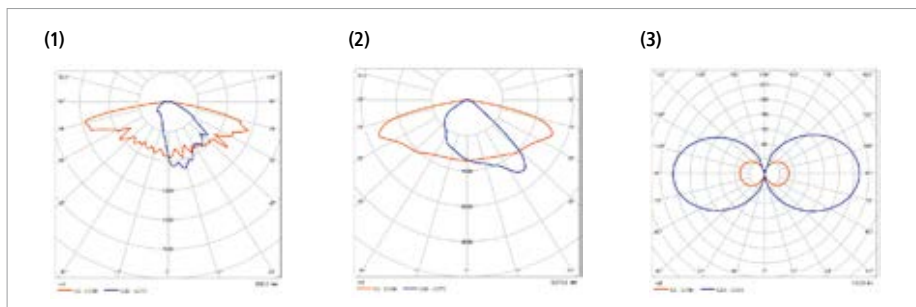
Francuskie rozporządzenie z 27 grudnia 2018 r. stanowi jeden z najbardziej kompleksowych systemów prawnych w Europie. Według danych statystycznych, implementacja regulacji wraz z modernizacją systemów oświetleniowych przyczyniła się do 14-proc. redukcji całkowitej emisji światła we Francji [8].

Ramy prawne i regulacje definiują wymagania środowiskowe (np. CCT ≤ 3000K dla strefy E2, ULR=0% dla E1), jednak ich praktyczna realizacja i weryfikacja zgodności wymagają precyzyjnego określenia parametrów technicznych opraw oświetleniowych. W kolejnych rozdziałach przedstawiono kluczowe wskaźniki charakteryzujące dystrybucję strumienia świetlnego oraz wymagania jakościowe, które przekładają regulacje prawne na konkretne specyfikacje produktów.

Parametry techniczne opraw oświetleniowych użyteczne przy opisie dystrybucji strumienia świetlnego

ULR (*Upward Light Ratio*) określa procentowy udział strumienia świetlnego emitowanego przez oprawę w kierunku górnej półsfery (powyżej płaszczyzny horyzontalnej przechodzącej przez oprawę) i jest podstawowym wskaźnikiem oceny „ekologiczności” oprawy. Oblicza się go według wzoru: $ULR = (\Phi_{\uparrow} / \Phi_{total}) \times 100\%$, gdzie $\Phi_{\uparrow}$ to strumień emitowany w górną półsferę, a Φ_{total} to całkowity strumień świetlny oprawy.

W oprawach oświetleniowych typu Full Cut-Off (FCO) parametr ULR=0%. Oznacza to, że całe światło kierowane jest poniżej płaszczyzny horyzontalnej – jest to najbardziej przyjazne dla środowiska rozwiązanie, zalecane przez IDA dla wszystkich nowych instalacji w obszarach chronionych. ULR=0–3% to niewielka emisja w górę, akceptowalna w większości zastosowań miejskich, typowo



Rys. 2. Krzywe światłości dla różnych typów opraw. Diagram polarny w płaszczyźnie C0-C180 dla trzech opraw: (1) Full Cut-Off – emisja tylko poniżej 90°, ULR = 0%, (2) semi-cut-off – niewielka emisja 90–100°, ULR = 1–3%, (3) kula parkowa – emisja we wszystkich kierunkach, ULR = 40–50% rys. P. Baldyga, B. Gajewski, A. Stypulkowska, S. Szyjka, M. Listowski, R. Supronowicz, I. Fryc

wa dla nowoczesnych opraw drogowych z precyzyjną optyką. ULR=3–10% oznacza umiarkowaną emisję w górę, charakterystyczną dla starszych konstrukcji lub opraw z nieprecyzyjną geometrią. ULR>10% to wysoka emisja w górę, typowa dla opraw sferycznych (kule parkowe) lub źle zaprojektowanych systemów, nieakceptowalna z punktu widzenia ochrony ciemnego nieba.

Tradycyjna „kula parkowa” może mieć ULR na poziomie 40–50%, co oznacza, że prawie połowa energii świetlnej oświetla niebo zamiast terenu. Wymiana takiej oprawy na nowoczesną LED z ULR=0% może zredukować zanieczyszczenie świetlne o 90% przy zachowaniu tego samego poziomu oświetlenia powierzchni.

ULOR (*Upward Light Output Ratio*) jest bardziej precyzyjnym parametrem, określającym stosunek strumienia świetlnego emitowanego powyżej płaszczyzny horyzontalnej do całkowitego strumienia źródła światła zamontowanego w oprawie (przed stratami optycznymi). Dla opraw LED o wysokiej sprawności optycznej (> 85%) wartości ULR i ULOR są zbliżone.

Charakterystyka fotometryczna opraw LED wyraża się poprzez krzywe światłości (rys. 2.) przedstawiane w diagramach polarnych. Oprawy Full Cut-Off wykazują emisję tylko poniżej 90° z ULR=0%, oprawy Semi cut-off charakteryzują się niewielką emisją w zakresie 90–100° z ULR=1–3%, podczas gdy tradycyjne kule parkowe emitują światło we wszystkich kierunkach z ULR=40–50%.

Standard IES TM-15 wprowadził system BUG, który kategoryzuje oprawy według emisji światła w trzech kierunkach: B (Backlight) – emisja światła do tyłu (za oprawę), U (Uplight) – emisja światła w górę (powyżej horyzontu) oraz G (Glare) – emisja światła powodująca oślnienie (rys. 3.). Każda kategoria ma ocenę od 0 (najlepsza) do 5 (najgorsza). Dla stref E1–E2 zaleca się maksymalnie B1–U0–G1, dla E3 maksymalnie B2–U1–G2, a dla E4 maksymalnie B3–U2–G3.

Parametry dystrybucji światła definiują, jak oprawa kieruje światło w przestrzeni. Równie istotne

są wymagania dotyczące jakości samego źródła LED – jego właściwości chromatycznych, stabilności parametrów w czasie oraz możliwości sterowania. Te aspekty są szczegółowo określone w aktualnych standardach jakościowych dla produktów LED.

Wymagania jakościowe dla produktów LED

Standard SSL V6.0, wydany przez Design Lights Consortium w listopadzie 2025 roku, ustanawia szczegółowe wymagania dla produktów LED w zakresie chromatyczności, oddawania barw i parametrów rozkładu światła. Temperatura barwowa najbliższa (CCT) musi być zgodna z nominalnymi 7-stopniowymi czworokątami określonymi w ANSI C78.377-2024. Dopuszczalne zakresy CCT wynoszą: 1800–6500K dla produktów do zastosowań wewnętrznych, 1800–5000K dla zastosowań zewnętrznych oraz 1800–5700K dla oświetlenia sportowego i zadaszenia stacji paliw.

Parametry rozkładu światła klasyfikowane są według zakresów strumienia świetlnego: niski strumień (150–5000lm), średni strumień (5000–10000lm), wysoki strumień (10000–30000lm) oraz bardzo wysoki strumień (≥30000lm). Minimalne wartości strumienia wynoszą: 1000lm dla lamp słupowych i na ramieniu oraz 300lm dla lamp ściennych typu zero-uplight.

Standard wprowadza szczegółową klasyfikację możliwości kontrolnych opraw LED. Kategoria 0 oznacza brak wbudowanej kontroli, kategoria 1 to gotowość do kontroli (*Controls Ready*), z gniazdem kontrolnym umożliwiającym instalację akcesoriów w terenie, a kategoria 2 obejmuje kontroler sieciowy spoza listy DLC NLC QPL. Kategorie z czujnikami obejmują: kategorię 3A – wyłącznie z czujnikiem obecności/ruchu (dla zewnętrznego – czujnik ruchu drogowego), kategorię 3B – wyłącznie z czujnikiem światła dziennego/fotoogniwem, kategorię 4A, łączącą czujnik obecności ze światłem dziennym, oraz kategorię 4B z fotoogniwem i ściemnianiem nocnym (*part-night dim*). Systemy sieciowe to kategoria 5 – z kontrolerem sieciowym z listy DLC

NLC QPL – oraz kategoria 6 LLLC (*Luminaire Level Lighting Controls*) – kontroler sieciowy z dwoma lub więcej wbudowanymi funkcjami czujników.

Największy potencjał redukcji zużycia energii i ALAN leży w zastosowaniu inteligentnych systemów sterowania. Sterowanie czasowe pozwala na redukcję strumienia świetlnego o 30–50% w godzinach minimalnego ruchu, według zaprogramowanego harmonogramu, podczas gdy sterowanie adaptacyjne wykorzystuje czujniki ruchu/obecności do dostosowania poziomu oświetlenia na żądanie. Zaawansowane systemy oferują zdalne monitorowanie parametrów pracy, algorytmy sztucznej inteligencji optymalizujące harmonogramy, predykcję zapotrzebowania na oświetlenie, automatyczne raportowanie awarii oraz równoważenie bezpieczeństwa z minimalizacją zanieczyszczenia świetlnego.

Standard SSL V6.0 określa wymagania dokumentacyjne dla funkcjonalności ściemniania, obejmujące zakres ściemniania (minimalny i maksymalny poziom strumienia w procentach), zachowanie przy włączeniu (maksymalny poziom vs ostatnio ustawiony) oraz kompatybilność sterowników (lista kompatybilnych ściemniaczy i kontrolerów).

Zaawansowana technologia Tunable White umożliwia dynamiczną zmianę CCT poprzez kombinację chipów LED o różnych temperaturach barwowych lub zaawansowane sterowanie luminoforami. Znajduje zastosowanie w przejściu na bardzo ciepłe widmo (2200K) w krytycznych godzinach nocnych, dostosowaniu barwy światła do aktywności użytkowników oraz minimalizacji wpływu biologicznego przy zachowaniu odpowiedniej widoczności. Oferuje maksymalną elastyczność dostosowania do wymagań strefowych, optymalizację komfortu wizualnego i ochrony środowiska oraz możliwość programowania scenariuszy świetlnych.

Standardy jakościowe definiują wymagania dla produktów LED, jednak praktyczna realizacja zrównoważonego oświetlenia wymaga również właściwych rozwiązań technologicznych na poziomie całego systemu. Kluczowe znaczenie mają tu rozwiązania optyczne, filtry spektralne oraz systemy sterowania, które umożliwiają optymalizację zarówno parametrów fotometrycznych, jak i wpływu środowiskowego.

Rozwiązania technologiczne dla zrównoważonego oświetlenia

Filtry CTO (*Color Temperature Orange FILTER*) umieszczane wewnątrz oprawy selektywnie absorbują światło niebieskie (440–500nm), przesuwając CCT z neutralnej na ciepłą (np. 4000K → 2700K) [9]. Stanowią rozwiązanie retrofitowe – szybkie i ekonomiczne, umożliwiając modernizację istniejących instalacji bez wymiany opraw oraz natych-

miastową redukcję emisji niebieskiej. Straty optyczne (współczynnik przepuszczania ~70%) prowadzą jednak do redukcji całkowitego strumienia świetlnego o 25–30%.

Kluczem do eliminacji Sky Glow jest stosowanie opraw całkowicie osłoniętych typu *Full Cut Off* (FCO). Soczewki asymetryczne to precyzyjne układy optyczne kierujące światło wyłącznie na obszar docelowy, minimalizując emisję boczną i w górę. Rozkład natężenia światła w kształcie *batwing* (skrzydeł nietoperza) zapewnia równomierne oświetlenie powierzchni, minimalizację oślnienia, zero emisji powyżej horyzontu oraz optymalną efektywność wykorzystania światła. Materiały optyczne obejmują soczewki PMMA (polimetakrylan metylu) o wysokiej przepuszczalności (>92%), soczewki PC (poliwęglan) o zwiększonej odporności mechanicznej oraz powłoki antyrefleksyjne minimalizujące straty.

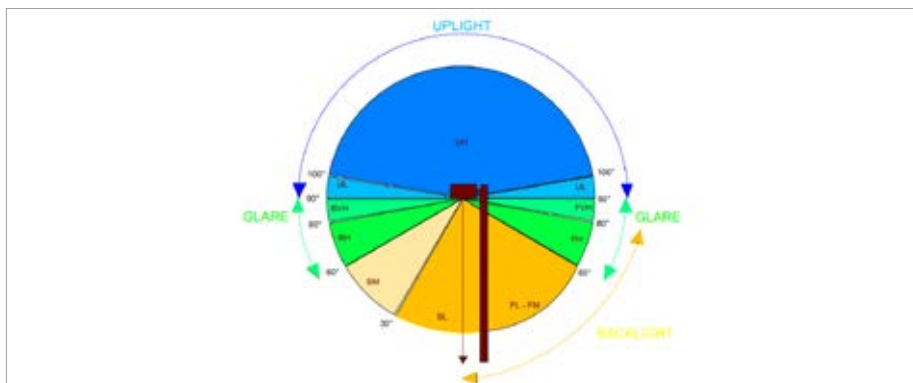
Systemy z regulacją kąta nachylenia pozwalają na dostosowanie do specyfiki terenu (nachylenia dróg), eliminację przypadkowej emisji w kierunku horyzontu oraz optymalizację wykorzystania strumienia świetlnego.

Przedstawione rozwiązania technologiczne oferują szerokie możliwości optymalizacji systemów oświetleniowych. Jednak zastosowanie ciepłych źródeł światła i precyzyjnej optyki prowadzi do paradoksu: dążenie do minimalizacji wpływu środowiskowego może pozornie stać w sprzeczności z maksymalizacją efektywności energetycznej. Rozwiązanie tego paradoksu wymaga zintegrowanego podejścia systemowego.

Paradoks efektywności energetycznej

Źródła o niższej CCT (ciepłe, np. 2700 K) charakteryzują się niższą efektywnością świetlną (140 lm/W) w porównaniu z odpowiednikami o wysokiej CCT (160 lm/W). Różnica wynika z większych strat w procesie konwersji Stokesa – większa różnica energii między fotonem pochłoniętym (niebieski) a emitowanym (żółty/czerwony) prowadzi do zwiększonych strat termicznych (do 15% dodatkowych strat). Wykorzystanie czerwonych luminoforów, które charakteryzują się większym przesunięciem Stokesa, powoduje spadek ogólnej sprawności kwantowej systemu.

Przejście z energooszczędnej LED 4000 K na ekologiczną LED 2700 K może oznaczać wzrost zużycia energii o 15–20% dla utrzymania tego samego strumienia, zwiększone koszty operacyjne oraz dłuższy okres zwrotu inwestycji. W regionach wrażliwych ekologicznie przyjęcie cieplejszego widma jest jednak uzasadnione korzyściami: dużą redukcją wpływu na faunę nocną, minimalizacją zaburzeń rytmu dobowego, znacznym zmniejszeniem



Rys. 3. System klasyfikacji BUG według IES TM-15. Schemat oprawy drogowej LED z trzema strefami: BACKLIGHT, UPLIGHT, GLARE rys. P. Baldyga, B. Gajewski, A. Stypułkowska, S. Szyjka, M. Listowski, R. Supronowicz, I. Fryc

szeniem Sky Glow oraz ochroną obszarów cennych przyrodniczo.

Wyjściem z paradoksu są: zintegrowane podejście łączące ciepłe widmo (CCT 2700 K), minimalizujące biologiczny wpływ światła, z redukcją emisji niebieskiej < 20% całkowitego strumienia, inteligentne ściemnianie (ALS), kompensujące niższą efektywność przez redukcję czasu pełnej mocy poprzez ściemnianie o 30–50% w godzinach minimalnego ruchu, sterowanie adaptacyjne na żądanie, optymalizacja ULR z oprawami FCO (ULR=0%), eliminującymi straty światła w górną półsferę i precyzyjna optyka maksymalizująca wykorzystanie strumienia na powierzchni docelowej.

Kombinacja ciepłego widma + ALS + FCO pozwala osiągnąć niższą inwazyjność biologiczną (MPR < 0,7), porównywalną lub lepszą efektywność energetyczną całego systemu, znaczącą redukcję ALAN (do 60–70%) oraz spełnienie wymogów stref E1–E2. Przykładowo: LED 4000 K bez sterowania osiąga 160 lm/W×100% czasu = 160 jednostek efektywności, podczas gdy LED 2700 K z ALS 50% ściemniania: 140 lm/W×65% średniego zużycia = 91 jednostek przy redukcji ALAN o 75% i oszczędności energii 43%.

Analiza paradoksu efektywności energetycznej pokazuje, że pozorny konflikt między oszczędnością energii a ochroną środowiska można rozwiązać poprzez holistyczne podejście systemowe. Synteza przedstawionych w artykule zagadnień – od mechanizmów emisji LED, przez skutki biologiczne, po ramy prawne i rozwiązania techniczne – pozwala nakreślić kompleksową strategię zrównoważonego oświetlenia miejskiego.

Podsumowanie

Transformacja oświetlenia miejskiego w kierunku technologii LED stanowi jedno z najważniejszych przedsięwzięć modernizacyjnych współczesnych miast. Paradoks wysokiej efektywności energetycznej LED przy jednoczesnym negatywnym wpływie na środowisko nocne przez emi-

sję światła niebieskiego może być rozwiązany poprzez holistyczne podejście do projektowania systemów oświetleniowych.

Kluczowe elementy zrównoważonego oświetlenia miejskiego obejmują:

- » właściwy dobór temperatury barwowej – stosowanie CCT ≤ 3000 K z monitorowaniem współczynnika MPR,
- » eliminację emisji w górną półsferę – obowiązkowe oprawy Full Cut-Off (ULR=0%),
- » inteligentne sterowanie – systemy adaptacyjne kompensujące niższą efektywność ciepłych LED,
- » klasyfikację strefową – dostosowanie parametrów do wrażliwości ekologicznej obszaru,
- » kompleksowe regulacje prawne – ramy prawne wspierające najlepsze praktyki.

Implementacja standardów SSL V6.0 i LUNA V2.0 zapewnia kompleksowe podejście do jakości spektralnej, sterowania i dokumentacji produktów LED, wspierając transformację w kierunku zrównoważonego oświetlenia.

Pomimo barier technicznych, ekonomicznych i społecznych, liczne udane realizacje w Europie i na świecie demonstrują, że możliwe jest osiągnięcie równowagi między efektywnością energetyczną, bezpieczeństwem użytkowników i ochroną środowiska nocnego. Wymaga to jednak świadomego podejścia, opartego na aktualnej wiedzy naukowej, najnowszych standardach technicznych i wielokryterialnej optymalizacji projektów oświetleniowych.

Przyszłość technologii oświetlenia LED, wspierana przez rozwój nowych materiałów luminoforowych, zaawansowane systemy sterowania oparte na AI oraz harmonizację regulacji międzynarodowych, oferuje obiecujące perspektywy dla dalszej redukcji zarówno zużycia energii, jak i zanieczyszczenia światłem otoczenia.



literatura do artykułu na
elektro.info.pl



MAURYCY ALTENBERG

(1876–1941)

W kwietniu br. minęła 150. rocznica urodzin Maurycego Altenberga – pioniera w dziedzinie gospodarki elektroenergetycznej i elektryfikacji, związanego z Politechniką Lwowską.

Maurycy Altenberg urodził się 20 kwietnia 1876 r. w Warszawie, w zasymilowanej rodzinie żydowskiej. Był synem Zuzanny z domu Eber i księgarza Hermana Altenberga. W 1880 r. jego rodzina przeniosła się z Warszawy do Lwowa, gdzie Maurycy ukończył gimnazjum (1893), a następnie zapisał się na studia matematyczne i fizyczne na miejscowym uniwersytecie. Przez rok studiował we Lwowie, a kolejny rok spędził, pobierając nauki w Berlinie. Za działalność w ruchu socjalistycznym został wydany z Berlina, wrócił więc do Lwowa, gdzie rozpoczął studia na Wydziale Budowy Maszyn w Cesarsko-Królewskiej Szkole Politechnicznej. Po ukończeniu studiów pracował od grudnia 1898 r. do 1 września 1900 r. w biurze konstrukcyjnym fabryki wagonów i maszyn w Sanoku. Pod koniec października wyjechał do Liège w Belgii, gdzie przez rok studiował elektrotechnikę w Instytucie Elektrotechnicznym Montefiore. W październiku 1901 r. otrzymał tam dyplom inżyniera elektrotechnika z odznaczeniem. Odbił następnie podróż naukowo-techniczną po Francji, Belgii i północnych Niemczech, skąd wrócił do Lwowa, gdzie od 1 listopada 1901 do 1 kwietnia 1902 r. pracował w biurze elektrotechnicznym Adolfa W. Schleyena. W kwietniu 1902 r. Altenberg wyjechał do Szwajcarii, by odbyć specjalne studia w zakresie wykorzystywania sił wodnych i przenoszenia energii elektrycznej na odległość. Od maja do końca września 1902 r. praktykował przy budowie elektrowni wodnej w Hauterive koło Fryburga, a następnie przy zakładaniu sieci przesyłowej i stacji transformatorowych z tej elektrowni do pobliskich miejscowości.

W Szwajcarii Altenberg pracował też pod kierunkiem Ignacego Mościckiego – uczestniczył w badaniach wynalezionych przez Mościckiego kondensatorów wysokonapięciowych; badania dotyczyły zachowania się dielektryków przy częstotliwościach napięcia rzędu

kilku tysięcy Hz. Efektem tych prac była publikacja „O stratach dielektrycznych w kondensatorach pod wpływem działania prądów przemiennych”, napisana wspólnie przez Mościckiego i Altenberga. W 1904 r. Altenberg wrócił do Lwowa, gdzie podjął starania o uzyskanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych na politechnice, wnosząc jako pracę doktorską właśnie wymieniony powyżej artykuł. Jego wniosek o dopuszczenie do egzaminu doktorskiego został jednak odrzucony przez oceniających – profesorów Romana Dzieślewskiego i Kazimierza Olearskiego – ze względu na współautorstwo Mościckiego w przedstawionej pracy. Nie uzyskawszy stopnia naukowego, Maurycy Altenberg zajął się prowadzeniem księgarni po ojcu. Ale po kilku latach, w 1909 r., został asystentem prof. Aleksandra Rotherta w CK Szkole Politechnicznej we Lwowie, pozostając na tym stanowisku do 1911 r. Następnie rozpoczął pracę dla Austriackich Zakładów Siemens-Schuckert – najpierw we Lwowie, a potem w Wiedniu. Do Lwowa wrócił po I wojnie światowej. Zajął się wtedy elektryfikacją kopalń ropy w Zagłębiu Borysławskim, pracując w elektrowni okręgowej Podkarpackie Towarzystwo Elektryczne w Borysławiu. Na początku lat 30. przeniósł się do Lwowa, gdzie został dyrektorem Zakładu Elektrycznego Okręgu Lwowskiego, który elektryfikował okolice Lwowa. Na tych stanowiskach Altenberg przysłużył się bardzo elektryfikacji wschodniej Galicji.

Już w 1902 r. Altenberg wstąpił do Towarzystwa Politechnicznego we Lwowie, aktywnie działając na rzecz popularyzacji nowych osiągnięć elektrotechniki. Interesowała go zwłaszcza tematyka elektrowni wodnych – był wielkim propagatorem budowy takich elektrowni na rzekach Galicji i budowy od nich linii wysokiego napięcia do Lwowa. Wielokrotnie pisał o tym na łamach „Czasopisma Technicznego”. Maurycy Altenberg był też jednym z założycieli Sekcji Elektrotechnicznej Towarzystwa Politechnicznego w 1908 r., a także brał udział w V Zjeździe Techników Polskich we Lwowie w 1910 r., gdzie wygłosił odczyt pt. „O siłach wodnych w Galicji”. W 1919 r. wziął udział



w zjeździe założycielskim SEP, będąc aktywnym członkiem Koła i potem Oddziału Lwowskiego SEP. Jako specjalista w dziedzinie energetyki wchodził w skład Polskiego Komitetu Energetycznego, w 1929 r. wypowiedział się w sprawie nadania koncesji na elektryfikację dużej części Polski koncernowi Harrimana. Brał udział w międzynarodowych zjazdach energetycznych i był autorem licznych publikacji na temat elektryfikacji i gospodarki elektroenergetycznej.

Od 1930 r. Altenberg powrócił do pracy na Politechnice Lwowskiej jako wykładowca przedmiotu gospodarka elektryczna. W 1936 r. Oddział Lwowski SEP wydał jego książkę, przygotowaną na podstawie tych wykładów, pt. „Gospodarka elektryczna”. Był to pierwszy polski podręcznik na ten temat. Po zajęciu Lwowa przez Związek Radziecki w 1939 r. Altenberg został mianowany profesorem Lwowskiego Politechnicznego Instytutu (tak wówczas przemianowano Politechnikę Lwowską), rezygnując już z innej działalności.

Maurycy Altenberg zmarł 31 grudnia 1941 r. w okupowanym przez Niemców Lwowie i został pochowany na Cmentarzu Łyczakowskim.

I Źródła

1. A. Kryżaniwskij, P. Rataj, Maurycy Altenberg (1876-1941) – pionier elektryfikacji, „Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej” 2020, nr 70, s. 75–84.
2. <https://sep.com.pl/tydzien-w-sep/528/150-rocznica-urodzin-maurycygo-altenberga.html>.



WYTYCZNE W ZAKRESIE EWAKUACJI OSÓB ZE SZCZEGÓLNYMI POTRZEBAMI W CZASIE POKOJU I W RAZIE WYSTĄPIENIA ZAGROŻEŃ MILITARNYCH

Praca zbiorowa

W 2025 roku Stowarzyszenie Inżynierów Bezpieczeństwa Pożarowego wydało pierwszą część „Wytycznych w zakresie ewakuacji osób ze szczególnymi potrzebami w czasie pokoju i w razie wystąpienia zagrożeń militarnych”, opracowaną przez siedmioosobowy zespół autorski, składający się z pracowników dydaktyczno-naukowych Akademii Pożarniczej oraz doświadczonych specjalistów z zakresu ochrony przeciwpożarowej. Prezentowana publikacja została poświęcona rodzajowi, ilości i lokalizacji sprzętu do przeprowadzenia skutecznej ewakuacji wspomagannej wewnątrz obiektu, do oraz z obiektu zbiorowej ochrony. Publikacja stanowi rodzaj podręcznika, będącego podsumowaniem wymagań określonych w przepisach dotyczących dostępności architektonicznej, a w szczególności: w Ustawie z dnia 19 lipca 2019 r. o zapewnieniu dostępności osobom ze szczególnymi potrzebami [Dz.U. z 2019 r. poz. 1696 z późniejszymi zmianami], Ustawie z dnia 5 grudnia 2024 r. o ochronie ludności i obronie cywilnej [Dz.U. z 2024 r. poz. 1907] oraz w Rozporządzeniu Rady Ministrów z dnia 30 maja 2025 r. w sprawie ewakuacji ludności oraz zabezpieczenia mienia [Dz.U. z 2025 r. poz. 765]. Na początku prezentowanej publikacji został zamieszczony słownik skrótów i pojęć oraz określony został cel i zakres publikacji. Następnie zostały opisane minimalne wymagania w przedmiotowym zakresie dla osób ze szczególnymi potrzebami, a w szczególności osób niepełnosprawnych oraz osób starszych. W kolejnym rozdziale znajdzie czytelnik opis wymagań w zakresie odpowiedzialności prawnej obejmującej przy-



ilości oraz lokalizacji sprzętu koniecznego do ewakuacji wspomagannej. W następnym rozdziale omówiono przykładowe jakościowe oraz ilościowe wyposażenie obiektu w sprzęt ewakuacyjny i sprzęt pomocniczy na potrzeby ewakuacji wspomagannej. W dalszej części prezentowanej publikacji zostały opisane zasady wdrażania sprzętu do ewakuacji wspomagannej w obiekcie budowlanym oraz zasady utrzymania sprzętu ewakuacyjnego i sprzętu pomocniczego w pełnej sprawności, gwarantującej natychmiastowe jego użycie.

Prezentowane „Wytyczne...” są bogato ilustrowane rycinami, obrazującymi sprzęt do ewakuacji wspomagannej – można zobaczyć m.in.: rozwiązania chroniące osobę ewakuowaną przed odłamkami (osłona do materaca ewakuacyjnego SLM oraz osłona na krzesło ewakuacyjne FALCON 2.0), materac ewakuacyjny, wózek do transportu osoby na noszach na duże odległości oraz inne sprzęty, doskonale obrazujące wymagania zamieszczone w treści prezentowanej publikacji. Na końcu książki za-

gotowanie i przeprowadzenie ewakuacji z budynku, w tym do obiektu zbiorowej ochrony. Następny rozdział został poświęcony opisowi wymagań w zakresie kryteriów czasowych dotyczących ewakuacji z budynku do obiektu zbiorowej ochrony. Rozwinięciem zagadnień opisanych w tym rozdziale jest rozdział następny, w którym opisano kryteria czasowe dotyczące dostępnego czasu ewakuacji wspomagannej wykorzystaniem sprzętu ewakuacyjnego. W kolejnym rozdziale przedstawiono wymagania określone w normie PN-EN 17210:2021 *Dostępność i dostosowanie środowiska zabudowanego. Wymagania funkcjonalne* – dotyczące niezbędnej

mieszczono wykaz bibliografii oraz wykaz obowiązujących przepisów prawnych i norm przedmiotowych związanych z treścią publikacji. Prezentowana publikacja jest kierowana do rzeczoznawców ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz osób wykonujących samodzielne funkcje w budownictwie, będzie przydatna również w pracy inwestorów. Korzystać z niej mogą wszystkie osoby zainteresowane problematyką ewakuacji, która jest jednym z najważniejszych elementów realizowanych podczas akcji ratowniczo-gaśniczej przez jednostki ochrony przeciwpożarowej.

Tekst mgr inż. Julian Wiatr

ZAMÓWIENIA

✉ eib@ksiegarniatechniczna.com.pl
www.ksiegarniatechniczna.com.pl

☎ tel. 22 512 60 60, -61, -62, -68
faks 22 468 84 76





Branżowe Centrum Umiejętności w Miastku

Branżowe Centrum Umiejętności (BCU) to nowa jednostka w polskim systemie oświaty, mająca na celu zacieśnienie współpracy między edukacją zawodową a biznesem. Są to zaawansowane technologicznie ośrodki, które specjalizują się w konkretnej dziedzinie zawodowej. Głównym zadaniem BCU jest przygotowanie wykwalifikowanych kadr zgodnie z aktualnymi i przyszłymi potrzebami rynku pracy, w tym w zakresie transformacji cyfrowej i ekologicznej.

Pierwsze w Polsce centrum umiejętności kształcące w dziedzinie energetyki odnawialnej – pomp ciepła i geotermii płytowej działa przy Zespole Szkół Ogólnokształcących i Technicznych w Miastku. BCU w Miastku organizuje kursy i szkolenia, a także seminaria branżowe i wydarzenia wspierające rozwój kompetencji zawodowych. Centrum służy zarówno uczniom, jak i dorosłym, którzy chcą zdobyć lub poszerzyć swoje kwalifikacje w sektorze OZE.

Branża energetyki odnawialnej ma coraz większe znaczenie dla rozwoju polskiej gospodarki. Technologie OZE pozwalają na wykorzystanie naturalnych źródeł energii do ogrzewania i chłodzenia budynków, co przyczynia się do redukcji emisji CO₂, zmniejszenia zależności od paliw kopalnych oraz poprawy jakości powietrza. Ich rozwój wspiera transformację energetyczną kraju, zgodną z polityką klimatyczną Unii Europejskiej.



BEZPŁATNE KURSY I SZKOLENIA

Zapraszamy na bezpłatne kursy dotyczące zastosowania, montażu, serwisu i eksploatacji nowoczesnych instalacji OZE (pompy ciepła i płytka geotermia), które pozwalają zdobyć umiejętności praktyczne na fundamencie solidnej wiedzy.

Polecamy 5-dniowe kursy:

- » Bilans energetyczny budynków, dobór sprzętów kowych pomp ciepła i płytowej geotermii,
- » Odnawialne źródła energii, pompy ciepła oraz ich podstawy ekonomiczne,
- » Kurs dla funkcjonariuszy PSP i OSP poświęcony instalacjom OZE, ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa działań ratowniczo-gaśniczych.

Branżowe Centrum Umiejętności (pompy ciepła i geotermia płytka)

77-200 Miastko, ul. Młodzieżowa 3

+48 59 857 26 49

sekretariat@zsoitmiastko.pl

www.bcumiastko.pl



Dział Kształcenia Politechniki Wrocławskiej

Jesteśmy wiodącą jednostką pozawydziałową Politechniki Wrocławskiej w zakresie kształcenia ustawicznego w różnych formach dydaktycznych, uzupełniających kształcenie na studiach inżynierskich, magisterskich i doktoranckich oraz jedną z najbardziej liczących się instytucji szkoleniowych w regionie, prowadzącą działalność szkoleniową na rzecz społeczności uczącej się: pracowników, studentów i klientów spoza uczelni.

Przykładowe kierunki studiów podyplomowych

- » Projektowanie instalacji i urządzeń elektrycznych wspomagane komputerowo
- » Ochrona przeciwporażeniowa i przeciwpożarowa w instalacjach elektrycznych
- » Trakcja elektryczna – sterowanie ruchem kolejowym
- » Systemy sterowania w energetyce (PLC, DCS)
- » Certyfikacja i audyt energetyczny
- » Międzynarodowe Procedury Organizacji Inwestycji według FIDIC
- » Urbanistyka i planowanie przestrzenne
- » Energetyka jądrowa
- » Energetyka odnawialna
- » Architektura krajobrazu
- » Technologie wód, ścieków i odpadów
- » Zarządzanie logistyczne
- » Architektura krajobrazu

Realizujemy również kursy z zakresu:

- » Kosztorysowanie robót budowlanych
- » Certyfikacja energetyczna – Świadectwa Charakterystyki Energetycznej Budynków
- » Badanie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach niskiego napięcia, instalacjach fotowoltaicznych i stacjach ładowania pojazdów
- » Projektowanie instalacji elektrycznych, obliczenia zwarciove i dobór zabezpieczeń zwarciowych
- » Tutoring akademicki
- » Ustawiacz form wtryskowych
- » Komputerowe systemy projektowania oświetlenia

Dział Kształcenia

Politechniki Wrocławskiej

50-421 Wrocław, ul. Na Grobli 15

tel. 71 340 75 14 (-15, -16, -17, -18)

cku@pwr.edu.pl

www.cku.pwr.edu.pl



STOWARZYSZENIE POLSKICH ENERGETYKÓW Oddział w Warszawie

Wysoko wykwalifikowana kadra naukowo-techniczna, zrzeszona w SPE Oddział Warszawa, przeprowadza specjalistyczne szkolenia i egzaminy z zakresu eksploatacji sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych, cieplnych i gazowych. Przy oddziale działa **Komisja Kwalifikacyjna nr 595**, powołana przez Prezesa Urzędu Regulacji Energetyki, która przeprowadza egzaminy w pełnym zakresie energetyki dla grupy G1, G2, G3.

SPE Oddział w Warszawie dysponuje kwalifikowaną kadrami rzeczoznawców – audytorów, projektantów, którzy wykonują:

- » Projekty założeń do planów zaopatrzenia w ciepło, energię elektryczną i paliwa gazowe dla gmin
- » Audyty energetyczne źródeł ciepła, sieci i instalacji cieplnych oraz obiektów budowlanych dla realizacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych
- » Ekspertyzy dotyczące obniżenia kosztów zakupu energii elektrycznej od dostawców, obejmujące: analizę poboru mocy i możliwości jej ograniczenia, analizę zużycia energii elektrycznej w funkcji czasu, analizę kompensacji energii biernej, symulację wielkości rachunków w różnych wariantach taryfowych, dobór właściwej taryfy
- » Analizy pracy sieci, instalacji i urządzeń energetycznych oraz doboru urządzeń racjonalizujących gospodarkę energetyczną zakładów
- » Projekty techniczno-budowlane w zakresie elektroenergetyki, ciepłownictwa i gazownictwa
- » Weryfikację projektów technicznych w zakresie elektroenergetyki, ciepłownictwa i gazownictwa
- » Analizy techniczno-ekonomiczne przedsięwzięć energetycznych
- » Instrukcje eksploatacji sieci, instalacji i urządzeń energetycznych z uwzględnieniem organizacji bezpiecznego wykonywania robót – stosownie do wymagań obowiązujących przepisów i norm
- » Pomiary parametrów technicznych i bilansów energetycznych urządzeń i sieci zakładowych
- » Taryfy dla energii elektrycznej, ciepła i paliw gazowych – stosownie do rodzaju prowadzonej działalności gospodarczej
- » Pomiary skuteczności ochrony przeciwporażeniowej urządzeń i instalacji elektrycznych oraz ochrony odgromowej obiektów budowlanych

SPE ODDZIAŁ W WARSZAWIE

02-457 Warszawa ul. Czereśniowa 19B

tel. 662 106 198; 698 638 210; 698 638 211

tel. centr. 22 228 21 30, faks 22 228 21 34

speow@onet.pl

www.spe.warszawa.pl



Firma Anmaro powstała w 2000 roku w Rzeszowie. W chwili obecnej ma cztery oddziały – w Rzeszowie, Jaśle, Warszawie oraz Bielsku-Białej. W trakcie wieloletniej działalności nawiązaliśmy również współpracę z wieloma firmami podwykonawczymi w całej Polsce.

Zakres oferowanych przez nas usług to m.in.:

Systemy zasilania awaryjnego

Dostawa i montaż: zasilaczy awaryjnych UPS, stabilizatorów napięcia, agregatów prądotwórczych, systemów chłodzenia. Zapewniamy pełny serwis oferowanych przez nas urządzeń – gwarancyjny oraz pogwarancyjny. Zasilanie awaryjne staje się coraz ważniejsze, Państwa dane i urządzenia powinny być chronione przed niespodziewanymi zanikami napięcia. W tym celu pomożemy Państwu dobrać i zamontować odpowiedni zasilacz UPS.

Systemy fotowoltaiczne

Dostawa i montaż kompletnych i indywidualnie dobranych do potrzeb klienta zestawów fotowoltaicznych, na które składają się: panele (moduły) fotowoltaiczne, inwerter (falownik), system montażowy, okablowanie i konektory, zabezpieczenia elektryczne, elementy opcjonalne: akumulatory, systemy zarządzania energią itp.

Zapraszamy Państwa do współpracy. Jesteśmy otwarci na wszelkie sugestie i uwagi.



ANMARO Sp. z o.o.

📍 35-321 Rzeszów

ul. Na Skąły 1B

☎ tel. 22 378 17 49, faks 22 378 17 50

✉ anmaro@anmaro.pl

www.anmaro.com.pl



Dodaj bezpieczeństwo do swojej przestrzeni

ASPP to polska firma specjalizująca się w prewencji i zabezpieczeniach pożarowych. Opracowała Autonomiczny System Prewencji Pożarowej, który wykorzystuje innowacyjną nanotechnologię – mikrokapsułki uwalniające gaz gaśniczy pod wpływem temperatury – do ochrony ppoż. m.in. fotowoltaiki i urządzeń elektrycznych. Autonomiczny System Prewencji Pożarowej to system produktów zdolnych do zapobiegania rozprzestrzenianiu się ognia. Implementacja systemu zmniejsza liczbę ofiar i szkód materialnych. W ASPP udało się wdrożyć specjalną nanotechnologiczną kapsułkę, która w polimerowej powłoce zawiera wysokowydajny środek gaśniczy. W ofercie ASPP są specjalne farby, naklejki, wyroby linowe i osłony oraz inne produkty, które autonomicznie gaszą pożary wywołane czynnikami elektrycznymi w pomieszczeniach zamkniętych, tablicach rozdzielczych, rozdzielnicach, szafach systemów PV. Firma intensywnie korzysta z dostępnych najnowszych technologii, wszyscy pracownicy jednoczą się z pasją i duchem wyzwania, aby stworzyć „bezpieczniejszy świat” pod ikoną „Dodaj bezpieczeństwo do swojej przestrzeni”.

Zadowolenie klientów z jakości i innowacyjnych produktów osiągamy poprzez ciągłe badania i rozwój oraz inwestycje oparte na ekskluzywnych kontraktach i umowach technicznych. Jako firma specjalizująca się w zabezpieczaniu podzespołów, jak i kompletnych urządzeń, ASPP jest gotowa dodać funkcjonalność przeciwpożarową do istniejących produktów poprzez współpracę, nie ograniczając naszą nanotechnologią przeciwpożarową funkcji istniejących urządzeń. Zastosowanie produktów ASPP zwiększa bezpieczeństwo instalacji PV bez ingerencji w jej główne komponenty. Można je montować zarówno na nowych, jak i istniejących już obiektach. Implementacja tego systemu zmniejsza liczbę ofiar i szkód materialnych w razie pożaru.



ASPP PSA

📍 38-400 Krosno, ul. F. Żwirki i S. Wigury 15

☎ +48 664 672 292

✉ biuro@aspp-tech.eu

www.aspp-tech.eu



Od ponad pół wieku produkty firmy **BENNING** wspomagają gospodarkę w sprawnym i bezpiecznym wykorzystaniu energii elektrycznej. Inteligentne systemy o rozmaitych zastosowaniach, przetwarzające energię elektryczną, są wizytówką firmy.

BENNING jest znany na całym świecie jako wiodący dostawca niezawodnego i wydajnego sprzętu dla branży telekomunikacyjnej, przemysłu, branży medycznej oraz teleinformatycznej. Firma oferuje przyrządy pomiarowe i kontrolne, prostowniki, inwertery, konwertery DC-DC, UPS-y, źródła zasilania OEM, stanowiska ładowania baterii trakcyjnych oraz serwis i naprawy maszyn elektrycznych do 120 t.

BENNING wyrobił sobie renomę na skalę światową w zakresie montażu, dystrybucji oraz serwisu stanowisk ładowania akumulatorów i systemów zasilania.

Po założeniu firmy w 1938 roku, specjalizowała się ona w naprawie urządzeń elektrycznych. Począwszy od naprawy maszyn, serwis związany z urządzeniami elektrycznymi stał się jednym z wiodących europejskich centrów dla wszystkich typów urządzeń.

Od 1948 – rozwój i produkcja urządzeń kontrolno-pomiarowych jak np. DUSPOL®, DUTEST®.

Od 1954 – prostowniki do pojazdów baterijnych np. TEBETRON, BELATRON...

Od 1964 – rozwój systemów zasilania do zastosowań w przemyśle...

Od 1964 – rozwój systemów zasilania do zastosowań w telekomunikacji oraz IT

Od 1983 – rozwój systemów zasilania do zastosowań w branży medycznej

Od 2007 – rozwój modułowych systemów UPS do zastosowań w przemyśle, telekomunikacji oraz IT

Od 2012 – produkcja litowo-jonowych systemów energii do zastosowań w logistyce

Od 2018 roku – systemy szybkiego ładowania DC są konfigurowalne dla samochodów, ciężarówek i autobusów



BENNING Power Electronics Sp. z o.o.

📍 05-503 Głusków, ul. Korczunkowa 30

☎ tel. 22 757 84 53, 22 757 36 68-70

✉ biuro@benning.biz

www.benning.pl

brother at your side

Po Twojej stronie, zawsze.

Od drukarek i skanerów przez drukarki etykiet, po specjalistyczne rozwiązania dla biznesu pozwalające na dostosowanie technologii do Twoich oczekiwań – tworzymy ofertę z myślą o Twoich potrzebach.

Grupa Brother oferuje produkty i usługi klientom na całym świecie dzięki 17 zakładom produkcyjnym i 52 placówkom handlowym w 44 krajach.

Seria profesjonalnych drukarek etykiet P-TOUCH jest oparta na technologii termotransferu i kompatybilna z taśmami TZe, w których zastosowano opatentowaną przez Brother technologię laminowania zapewniającą bardzo wysoką odporność na różne czynniki. Inżynierowie pracujący dla firmy Brother opracowali sposób wykorzystania techniki druku termotransferowego, aby uzyskać wysokiej jakości etykietę samoprzylepną.

Na stronie producenta brother.pl można znaleźć katalog produktów, wskazówki dotyczące prawidłowej eksploatacji urządzeń, możliwość weryfikacji, czy posiadane materiały nie są podrobione, listę sklepów oferujących artykuły Brother oraz przejrzyste prezentacje dotyczące praktycznych rozwiązań biznesowych z wykorzystaniem produktów marki.



Brother Central and Eastern Europe GmbH
Am Euro Platz 2/2/M1, 1120 Vienna, Austria
ODDZIAŁ W POLSCE

☐ 02-674 Warszawa, ul. Marynarska 15
☎ tel. 22 441 63 00, faks 22 441 63 01
✉ biuro@brother.pl www.brother.pl

ELEKTROBUD

Elektrobud – producent specjalistycznej stacji transformatorowej ICZ-E

Oszczędność energii i kosztów

ICZ-E to nowoczesna stacja transformatorowa, która zadba zarówno o oszczędność energii, jak i oszczędność finansową. Innowacyjny produkt od Elektrobud P.S.A. pozwala uzyskać wiele korzyści za sprawą jednej kompleksowej usługi.



Wnętrzowa stacja transformatorowa ICZ-E ma służyć zniwelowaniu do minimum problemów związanych ze zbyt dużą eksploatacją energii. Nasza stacja transformatorowa generuje o wiele niższe straty ciepła od tradycyjnych rozdajów stacji transformatorowych (słupowych, betonowych czy nawet kontenerowych), co przekłada się na wymierne, wyliczalne korzyści finansowe.

Specjalistyczne stacje transformatorowe od Elektrobud P.S.A. są także bardzo łatwe w montażu i posadowieniu w dogodnej dla nich lokalizacji, zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz zakładu. Możliwość montażu pod zadaszeniem, lub na dachu. Innowacyjne rozwiązanie firmy Elektrobud P.S.A. dzięki wysokiej jakości obudowie cechuje się dużą odpornością na niekorzystne warunki atmosferyczne.

Właściwości nowoczesnych wnętrzowych stacji transformatorowych ICZ-E pozwalają w sposób kompleksowy zastosować takie rozwiązanie w swoich zakładach produkcyjnych, budynkach użyteczności publicznej, biurach, magazynach czy placówkach handlowych. To przemysłowa inwestycja, która zapewni lepsze zagospodarowanie przestrzeni, a także oszczędność w eksploatacji energii i korzyści finansowe.

Elektrobud P.S.A.

☐ 67-400 Wschowa, ul. Nowopólna 10
☎ tel. +48 65 547 66 00
✉ wschowa@elektrobud.pl
www.elektrobud.pl
www.stacjetransformatorowe.pl

ETI

ETI Polam jest jednym z wiodących producentów i dostawców aparatów oraz wyrobów stosowanych w instalacjach elektrycznych budownictwa mieszkaniowego, przemysłowego oraz energetyki.

Produkty elektrotechniczne znajdujące się w asortymencie firmy wyszczególniono w czterech działach: budownictwo i przemysł, energetyka, energoelektronika oraz fotowoltaika. ETI Polam oferuje swoim klientom przede wszystkim wyłączniki nadprądowe i przeciwporażeniowe, modułowe aparaty elektryczne, styczniki instalacyjne, modułowe na szynę TH 35, ograniczniki przepięć, osprzęt izolacyjny do aparatów zabudowy modułowej, bezpieczniki topikowe instalacyjne, bezpieczniki topikowe małogabarytowe, rozłączniki bezpiecznikowe do wkładek cylindrycznych, bezpieczniki średniego napięcia, złączki gwintowe – rzędowe, oprawy oświetleniowe i oprawki, aparaty sterowania czasowego, styczniki powietrzne oraz rozdzielnice mieszkaniowe.

Głównym celem firmy ETI Polam jest zapewnienie kompleksowej oferty zabezpieczeń instalacji elektrycznych przed przetężeniem i przepięciem oraz obsługi urządzeń elektrycznych przed porażeniem.

W serwisie internetowym etipolam.com.pl udostępniono możliwość, niezobowiązującego do zakupu, uzupełnienia (w przypadku wątpliwości oraz pytań dotyczących oferty) karty zapytania oraz obejrzenia zarówno rodzin produktów, jak i pojedynczych artykułów w przejrzystym widoku drzewa.

Firma dba o to, aby wszystkie jej produkty odpowiadały najwyższemu standardom, w związku z czym od 2006 roku posiada Certyfikat Zarządzania Jakością ISO 9001. Ponadto co roku zdobywa wiele nagród związanych ze swoją prężną działalnością w Polsce.



ETI Polam Sp. z o.o.

☐ 06-100 Pułtusk, ul. Jana Pawła II 18
☎ tel. 23 691 93 00, infolinia: 801 501 571
✉ etipolam@etipolam.com.pl
www.etipolam.com.pl



EVER Sp. z o.o. to krajowy producent rozwiązań zasilania gwarantowanego UPS. Wieloletnie doświadczenie produkcyjne (od 1991 r.), własny Dział Badań i Rozwoju (R&D), serwis produkcyjny, doradztwo techniczne oraz wysoka specjalizacja czynią EVER renomowanym dostawcą na polskim rynku rozwiązań gwarantujących ciągłość zasilania.

Nasze produkty

- » Zasilacze UPS
- » Agregaty prądowców
- » Certyfikowane zasilacze do napędów bram ppoż.
- » Listwy antyprzepięciowe i filtrujące
- » Moduły bateryjne i akumulatory
- » Akcesoria do UPS (m.in. karty sieciowe, karty styków bezpotencjałowych, uchwyty i inne)
- » Oprogramowanie monitorująco-zarządzające PowerSoft

Usługi EVER

- » Przeglądy i naprawy
- » Instalacje i uruchomienia
- » Modernizacje systemów zasilania awaryjnego
- » Modernizacje instalacji elektrycznej w celu zainstalowania zasilaczy UPS EVER
- » Wymiana akumulatorów
- » Wypożyczenia UPS
- » Upgrad'e mocy zasilaczy UPS EVER
- » Pomiary jakości zasilania pod kątem doboru zasilacza UPS oraz agregatu prądowcowego
- » Rozszerzenie gwarancji
- » Zdalny monitoring GSM zasilaczy UPS EVER
- » Przeniesienie eksploatowanych zasilaczy UPS przez Klienta do nowych lokalizacji

Doradztwo

- » Dobór rozwiązań zasilania awaryjnego UPS i agregatów prądowcowych
- » Wsparcie w rozwiązywaniu bieżących problemów technicznych w trakcie użytkowania urządzeń
- » Wsparcie w zakresie monitoringu pracy i zarządzania zasilaczem UPS za pośrednictwem oprogramowania PowerSoft

Zastosowanie rozwiązań EVER

- » Zabezpieczenie linii produkcyjnych, automatyki przemysłowej i elektronicznej infrastruktury biurowej
- » Gwarancja ciągłości zasilania serwerów, infrastruktury sieciowej i stacji roboczych
- » Ochrona wrażliwej infrastruktury technicznej i teleinformatycznej w szpitalach, urzędach i obiektach użyteczności publicznej
- » Zabezpieczenie zasilania budynków mieszkalnych i elektroniki „SMART HOME”

EVER Sp. z o.o.

60-003 Poznań, ul. Wołczyńska 19

tel. 61 6500 400

ups@ever.eu

www.ever.eu



GENERAL ENERGY POLAND

„Do przodu by osiągnąć wyznaczony cel i nie oglądać się za siebie” – to główne motto firmy General Energy Poland.

Firma z siedzibą w Bielsku-Białej, otoczona pięknymi Beskidami, z roku na rok błyskawicznie się rozwija w przemyśle energetycznym i umacnia swoje miejsce na rynku, dzięki czemu gromadzi w swojej bazie coraz większe grono zadowolonych klientów.



Zakres działalności naszej firmy:

- » Stacje transformatorowe SN/nn w obudowach betonowych i metalowych
- » Złącza kablowe SN
- » Rozdzielnice SN (sterowane manualnie oraz z telemechaniką) w izolacji: gazowej SF₆ free, stałopowietrznej i powietrznej
- » Rozdzielnice nn do 4000A w oparciu o rozwiązania systemowe oraz własne
- » Rozdzielnice nn wewnętrzne i słupowe dedykowane dla Operatorów Systemu Dystrybucji energii
- » Szafy sterownicze
- » Rozdzielnice zewnętrzne (fundamenty betonowe, obudowy aluminiowe malowane proszkowo)
- » Szafy oświetlenia ulicznego, złącza kablowe nn, złącza pomiarowe oraz kablowo-pomiarowe w obudowach termoutwardzalnych
- » Obudowy termoutwardzalne
- » Akcesoria do rozdzielni elektrycznych, tj. tablice licznikowe, uchwyty, złączki kablowe itp.

Zapraszamy do współpracy firmy z sektora energetycznego, przemysłowego i infrastrukturalnego.

General Energy Poland

43-300 Bielsko-Biała, ul. Partyzantów 25

tel. 33 471 10 00

office@generalenergy.com.pl

www.generalenergy.com.pl



PROFESJONALIZM, INNOWACYJNOŚCI, NIEUSTANNE DĄŻENIE DO DOSKONAŁOŚCI

Firma GEN-SYS to polski lider w dziedzinie zasilania gwarantowanego, specjalizujący się w dystrybucji i serwisie agregatów prądowcowych. Jesteśmy dumni z naszej długotrwałej współpracy z REHLKO, francuskim producentem agregatów prądowcowych, jako ich autoryzowany partner. Nasza oferta obejmuje zarówno agregaty stacjonarne, jak i przenośne, z silnikami Diesla. Wyróżnia nas zespół doświadczonych inżynierów-techników, którzy specjalizują się w projektowaniu i wykonywaniu kompletnych systemów. Działamy na terenie całej Polski, z oddziałami w Warszawie i Kielcach. Nasze przenośne agregaty prądowcowe typu Portable dostępne są poprzez sieć naszych Partnerów. W naszej ofercie znajdują się również produkty czołowych firm z branży, takich jak EATON – zasilacze UPS.

W naszym asortymencie oferujemy szeroki wybór produktów, które zadowolą nawet najbardziej wymagających odbiorców. Proponujemy przede wszystkim następujące rodzaje agregatów:

- » Agregaty stacjonarne
- » Agregaty przenośne
- » Agregaty z silnikiem diesla
- » Agregaty Power Products

Wszystkie nasze produkty są najwyższej klasy, co potwierdza wieloletnia współpraca z renomowaną marką REHLKO. Niezależnie od Twoich potrzeb, z pewnością znajdziesz w naszej ofercie rozwiązanie idealne dla siebie. Skontaktuj się z nami, aby dowiedzieć się więcej!

W dziedzinie serwisu oferujemy naprawy i części zamienne następujących marek: John Deere, Volvo Penta, Cummins, Mitsubishi, Perkins, FG Wilson, Leroy Somer, Mecc Alte, Stamford, New Age, Socomec, Wexler. Nasz zespół serwisowy to doświadczeni specjaliści, którzy gwarantują szybką i profesjonalną obsługę.



GEN-SYS Sp. z o.o.

04-950 Warszawa, ul. Patriotów 87

tel. 22 872 10 21

biuro@gen-sys.pl

www.gen-sys.pl



pronutec
gorlan



**PODSTAWY BTVA
I ROZŁĄCZNIKI
BEZPIECZNIKOWE
LISTWOWE BTVC**



**ROZŁĄCZNIKI
DO INSTALACJI
FOTOWOLTAICZNYCH
O NAPIĘCIU 800 VAC**



**ROZŁĄCZNIKI
BEZPIECZNIKOWE
KASETOWE BTHC**

telergon
gorlan



**WYŁĄCZNIK
BEZPIECZEŃSTWA
STRAŻAKA CRS**

**ROZŁĄCZNIKI
IZOLACYJNE
S5000**



**ROZŁĄCZNIKI
IZOLACYJNE
Z BEZPIECZNIKAMI
M3**

**PRZEŁĄCZNIKI SIEĆ - AGREGAT
S5000 - L / F - CCF - CCP - ATS**



gorlan
polska

ul. Żeromskiego 18, 56-420 Bierutów
tel. +48 56 623 14 65

www.gorlan.com.pl

HIMOINSA
A YANMAR COMPANY

HIMOINSA jest spółką należącą do Grupy Yanmar, która specjalizuje się w konstrukcji, produkcji i dystrybucji urządzeń do wytwarzania energii: od agregatów prądotwórczych na olej napędowy i gaz, po wieże oświetleniowe i panele sterujące.

Wszystkie komponenty agregatów prądotwórczych wytwarzane są w fabrykach spółki: alternatory, silniki, obudowy i sterowniki. Na potrzeby każdego projektu angażowana jest cała specjalistyczna wiedza pionu inżynierskiego, tak aby optymalnie dostosować produkt do konkretnych potrzeb danego rozwiązania poprzez oferowanie doradztwa technicznego, studiów wykonalności oraz homologacji, w tym przed sformalizowaniem zamówienia. Posiadane możliwości produkcyjne zapewniają spółce dużą elastyczność, ponieważ pozwalają bardzo sprawnie opracowywać niestandardowe produkty na rynku całego świata.

W ofercie firmy znajdziesz:

- » Agregaty prądotwórcze z silnikiem Diesla
- » Agregaty prądotwórcze na gaz
- » Wieże oświetleniowe z silnikiem Diesla
- » Inteligentne systemy kontroli



Spółka posiada 13 filii w różnych częściach globu, 8 zakładów produkcyjnych i około tysiąca pracowników, którzy ściśle i regularnie współpracują z ponad 130 dystrybutorami na całym świecie.

Jednym z najważniejszych wyzwań w sektorze wytwarzania energii jest niewątpliwie ograniczenie oddziaływania na środowisko. Dźwignią odpowiednich zmian jest innowacja.

Obsługa klienta na wysokim poziomie to część DNA spółki od momentu jej założenia w 1982 roku – szczerzymy się utrzymywaniem zażyłych stosunków z klientami i staramy się przewidywać ich potrzeby, zwracając baczna uwagę na specyfikę każdego rynku.

Łatwo można zostać w tyle. Dla spółki HIMOINSA pozostawanie jak najbliżej klienta i maksymalne dostosowywanie się do jego oczekiwań ma kluczowe znaczenie. Szczegółowa znajomość rynku, zyskiwana dzięki rozległej sieci handlowej, pozwala spółce opracowywać produkty coraz lepiej dostosowane do każdego klienta i każdego sektora – od szpitali, przez firmy inżynierskie, wypożyczalnie, operatorów telekomunikacyjnych, po instytucje i urzędy.

HIMOINSA POLSKA Sp. z o.o.

📍 05-074 Stary Konik, Stary Konik 58

☎ tel. 22 868 19 18

✉ polska@himoinsa.pl

www.himoinsa.pl



RAWLPLUG®

MOC
KTÓREJ
POTRZEBUJESZ

Poznaj nową
generację

narzędzi akumulatorowych
i sieciowych, stworzonych
do pracy w najtrudniejszych
warunkach

**bez przerw,
bez kompromisów.**

Dowiedz się więcej



Rawlplug S.A.

51-416 Wrocław, ul. Kwidzyńska 6
tel. 71 32 60 100, 71 37 26 111

info@rawlplug.com

www.rawlplug.com



Zajmujemy się ochroną przed przepięciami, monitorowaniem sieci IT i dystrybucją mierników i testerów.

MIERNIKI DO KONTROLI BEZPIECZEŃSTWA SPRZĘTU

- » sprzęt medyczny i elektryczny

TESTERY

- » ograniczników przepięć
- » wyłączników RCD, impedancji pętli zwarcia, rezystancji izolacji

PRZEKAŹNIKI KONTROLI STANU IZOLACJI (IMD)

- » monitoring układu IT w szpitalach, przemyśle, trakcji, monitoring zasilania taboru kolejowego

OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ (SPD)

- » ochrona systemów zasilania, transmisji danych, sygnałów wizyjnych (CCTV, PoE kamery)
- » ochrona przeciwporażeniowa oraz przeciwprzepięciowa

OCHRONA PRZEPIĘCIOWA I MONITORING W INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH (PV)

- » ochrona odgromowa i przepięciowa typu T1+T2 i typu T2 dla wszystkich poziomów LPL (w połączeniu U i Y)
- » monitoring układu PV (IT AC) przekazywanymi kontrolami stanu izolacji

OCHRONA DYSTRYBUCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ

- » ograniczniki niskiego i średniego napięcia w energetyce i górnictwie

OCHRONA TRAKCJI I POJAZDÓW

- » ograniczniki przepięć dla sieci trakcyjnych
- » ochrona tramwajów, trolejbusów, lokomotyw, ochrona osób

URZĄDZENIA DO WYRÓWNYWANIA POTENCJAŁÓW

- » iskierniki separacyjne, strefy ExK

Zapewniamy profesjonalne usługi i doradztwo



REPOS TECHNIK Sp. z o.o.

ul. Martinovská 3168/48, 723 00 Ostrava, Republika Czeska

tel. kom. +420724321079

repostechnik@repostechnik.pl

www.repostechnik.pl



PRODUCENT TRANSFORMATORÓW ENERGETYCZNYCH

Firma SGB jest jednym z najbardziej renomowanych dostawców transformatorów energetycznych. Jest największym producentem transformatorów w Niemczech. Grupa SGB-SMIT jest czwartym co do wielkości producentem transformatorów w Europie. Każdego roku nasze fabryki opuszcza kilkanaście tysięcy nowych transformatorów energetycznych dla klientów na całym świecie. SGB-SMIT to unikalna, dopracowana przez dziesięciolecia, technologia, najwyższa jakość, a jednocześnie elastyczność i wyjątkowa zdolność do rozwiązywania problemów. W naszej ofercie znajdzie Państwo, między innymi, transformatory żywiczne, transformatory olejowe i małogabarytowe stacje transformatorowe.

Oferujemy:

- » Transformatory energetyczne
 - transformatory żywiczne
 - transformatory z automatyczną regulacją napięcia
 - transformatory olejowe
 - misy olejowe do transformatorów rozdzielczych
- » Profesjonalne zarządzanie projektami i montaż
- » Okresowe audyty jakości i bezpieczeństwa produktów

Najwyższej jakości usługi nie byłyby możliwe bez naszych pracowników. SGB-SMIT zatrudnia ponad 3500 osób, głównie w Europie. Nasi pracownicy to wykwalifikowany i profesjonalny personel, pomimo to SGB-SMIT kładzie nacisk na ciągłe doskonalenie swoich pracowników. Jesteśmy na 4 kontynentach w 9 krajach. Zakłady SGB-SMIT znajdują się w Niemczech, Holandii, Francji, USA, Rumunii, Czechach, Maledywach, Chinach i RPA.



SGB-SMIT Transformers Polska

90-212 Łódź, ul. Sterlinga 27/29

tel. 695 77 44 02, 605 38 71 72

michal.latosinski@sgb-smit.group

www.sgb-smit.pl



FUSE TECHNOLOGY

Od niemal 80 lat SIBA specjalizuje się w produkcji i sprzedaży bezpieczników topikowych oraz wszelkiego rodzaju akcesoriów w postaci podstaw, opraw bezpiecznikowych i mikrołączników. Nasz asortyment obejmuje kilka tysięcy bezpieczników od wkładek wysokonapięciowych i niskonapięciowych stosowanych w energetyce, po wkładki superszybkie do ochrony półprzewodników, czy zabezpieczenia systemów fotowoltaicznych i akumulatorowych magazynów energii, kończąc na rozwiązaniach miniaturowych stosowanych w elektronice. Oferujemy także konstrukcje specjalne, jak bezpieczniki dla transportu morskiego i kolejowego, czy wkładki dla przemysłu górniczego.

SIBA Polska sp. z o.o.

05-082 Stare Babice, ul. Warszawska 300 D

tel. 22 832 14 77,

siba@siba-bezpieczniki.pl

www.siba-bezpieczniki.pl



Już od ponad 170 lat Weidmüller jest synonimem kompetencji i niezawodności. Oferujemy rozwiązania dla takich branż jak przemysł maszynowy, technika procesowa, produkcja urządzeń, energetyka i transport. Wspieramy naszych Klientów i Partnerów w ponad 80 krajach produktami, rozwiązaniami i usługami w zakresie połączeń elektrycznych oraz układów zasilania, przetwarzania sygnałów oraz transmisji danych w środowisku przemysłowym.

- » Automatyka i rozwiązania cyfrowe
- » Elektryczna technika łączeniowa
- » Systemy opisowe
- » Narzędzia i automaty
- » System obudów Klippon® Protect
- » OMNIMATE® – technika łączeniowa PCB

Weidmüller Sp. z o.o.

00-876 Warszawa, ul. Ogrodowa 58

tel. 22 510 09 40

biuro@weidmuller.com

www.weidmuller.pl



NAGRODĘ UFUNDOWAŁ E-SKLEP

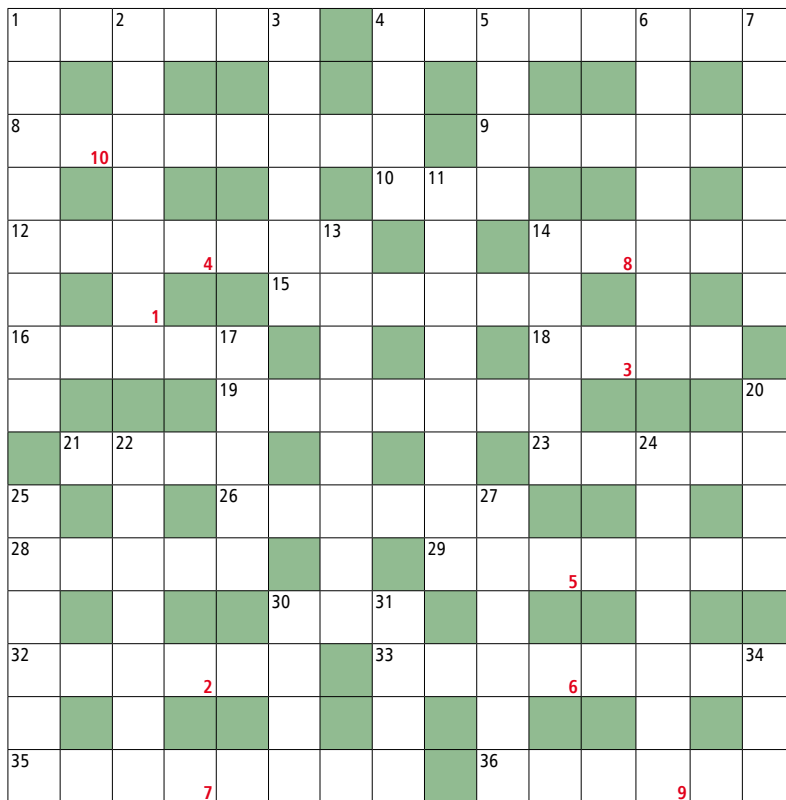
PROFITTECHNIK
Narzędzia z gwarancją



Do wygrania
młotek
gumowy
czarno-biały
Ruthe

Poziomo: 1 elektroda tranzystora odpowiadająca katodzie lampy elektronowej; 4 wakacyjny czas urlopu; 8 osprzęt komputera; 9 handlowa propozycja; 10 barwa brzmienia głosu lub dźwięku; 12 człowiek przechodzący na stronę przeciwnika; 14 ból odczuwany jako gnienie; 15 silnie magnetyczny lantanowiec o liczbie atomowej 60; 16 skutek działania; 18 leci z nieba; 19 nazwisko bułgarskiego reżysera filmowego, teatralnego i telewizyjnego działającego w latach 60. ub. w.; 21 obecny w kablu elektrycznym; 23 As na tablicy Mendelejewa; 26 imię męskie; 28 alaski pies zaprzęgowy; 29 jedna z dziewięci seksu- alnych; 30 najsilniejszy kolor w kartach; 32 ma licznik i mianownik, a pośrodku kreskę; 33 kompotowe warzywo; 35 imię męskie; 36 nieruchoma część silnika.

Pionowo: 1 standard używany przy budowie lokalnych sieci komputerowych; 2 ryzykowna zabawa, ryzykowne działanie; 3 nazwisko aktora, który został pre- zydentem USA; 4 podziemny ssak; 5 gaz szlachetny do wypełniania lamp ja- rzeniowych; 6 państwo europejskie; 7 stan w USA; 11 oficerowi czyści buty; 13 instrument w rękach geodety; 14 strony dogadyły się w konkretnej sprawie; 17 maszyn górski w Karpatach; 20 porozumienie; 22 manewr szachowy wieży i króla; 24 strzał do własnej bramki; 25 „wisi” na niebie; 27 biją się o niego Rosja i Ukraina; 30 stolica Ghany; 31 kontuzja; 34 metal, rzeka lub ssak.



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Litery z pól ponumerowanych od 1 do 10 utworzą hasło. Rozwiązanie prosimy nadsyłać do 31 maja 2026 r. na adres redakcji (kupon zamieszczamy obok). Do wygrania młotek gumowy czarno-biały Ruthe, ufundowany przez sklep internetowy Profitechnik.

Laureatem nagrody za rozwiązanie krzyżówki z numeru 1–2/2026, kątownika stolarskiego Profi 500 mm z regulowaną podziałką Scala, jest Jarosław Pabian z Pruszkowa. Gratulujemy!

Imię: nazwisko:
zawód/wykonawany:
ulica: nr: lok:
telefon: e-mail:
kod: miejscowość:
hasło krzyżówki z numeru 4/2026:
Administrator Państwa danych osobowych jest Grupa MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. z o.o., KRS: 0000537655, z siedzibą w 04-112 Warszawa, ul. Karłowicza 18, tel. +48 22 810 21 24, wydawca elektro.info.

Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupę MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp. z o.o. w celu wyboru zwycięzcy krzyżówki; zaznaczyć w kratce znak X ☐ Przysługuję Panu/Pani prawo do wyglądu do swoich danych, aktualizowania, poprawiania oraz całkowitego usunięcia ich, a także wniesienia sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny. Dane są chronione zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

1. Wyrażam zgodę na otrzymywanie drogą elektroniczną na wskazany przeze mnie adres e-mail informacji o wyniku rozwiązania krzyżówki w rozumieniu ustawy z dnia 18 lipca 2002 roku o świadczeniu usług drogą elektroniczną; zaznaczyć w kratce znak X ☐

2. Wyrażam zgodę na otrzymywanie drogą elektroniczną na wskazany przeze mnie nr telefonu informacji o wyniku rozwiązania krzyżówki w rozumieniu ustawy z dnia 18 lipca 2002 roku o świadczeniu usług drogą elektroniczną; zaznaczyć w kratce znak X ☐

Data: Podpis:
Kupon należy nakleić na kartę pocztową i przesyłać na adres: 04-112 Warszawa, ul. Karłowicza 18 lub przesyłać faksem na numer: 22 468 84 76
Wyrażam zgodę na zapisanie mnie do newslettera „elektro.info”; Podpis:



rys. Robert Mirowski



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 prądotwórcze od 9 kVA do 12 MVA mocy,
- łączniki statyczne,
- oprogramowanie i akcesoria

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

Oddział 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

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 prądotwórczych,
- zdalne nadzorowanie systemów zasilania rezerwowego,
- profesjonalny serwis,
- opieka posprzedażowa, umowy serwisowe, hot-line 24/7/365

Odwiedź nas:



NKT

Czy wiesz czym są deklaracje środowiskowe EPD?



**Już
mamy!**

**PRZECZYTAJ
WIĘCEJ**

