elektro.info.pl



Poradnik

PROJEKTOWANIE ROZDZIELNIC NISKIEGO NAPIĘCIA – aparatura modułowa, obudowy i wykonanie

Praktyczny poradnik dla elektroinstalatora i projektanta

Redakcja

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

elektro.info.pl

Reklama: Karolina Rosa, krosa@medium.media.pl
Hanna Witkowska, hwitkowska@medium.media.pl

Redakcja: Anna Kuziemska, akuziemska@elektro.info.pl

MEDIUM GRUPA

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

Spis treści

- Podstawowe wymagania dla rozdzielnic nn oraz dobór aparatury modułowej 4
- Podstawowe wymagania przy projektowaniu rozdzielnic nn i obudów „hermetycznych” 8
- Projektowanie funkcjonalnych rozdzielnic – automatyka budynkowa na szynie DIN w praktyce 12
- Rozwiązania rozdzielnic nn w osłonach metalowych i obudowy z tworzyw sztucznych 14
- Jak prawidłowo dobrać ograniczniki przepięć 18
- Projektowanie rozdzielnic nn – aparatura modułowa, obudowy i wykonanie 22
- Ochrona przeciwporażeniowa i działanie wyłączników różnicowoprądowych w instalacjach prądu stałego 24
- Zasady projektowania ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach niskiego napięcia z fotowoltaicznymi źródłami energii 28
- Co każdy elektroinstalator powinien wiedzieć na temat rozdzielnic nn montowanych w instalacjach elektrycznych 32
- Bezpieczniki jako podstawowa ochrona w instalacjach elektrycznych nn 38
- Ciągły monitoring jakości energii elektrycznej ze stacjonarnym analizatorem Sonel PQM-750 42
- Metody badania funkcji zabezpieczeń nadprądowych przekaźników elektroenergetycznych 46
- Ciągłość zasilania w rozdzielnicy – jak uniknąć kosztownych błędów? 52
- Możliwość zastosowania złączek szynowych (listwowych) 56
- Wybrane rozwiązania stosowane w złączkach szynowych 58
- Systemy złączek listwowych do połączeń niewymagających serwisowania 60
- Sposoby łączenia kabli i przewodów w instalacjach rozdzielczych 64
- Znak Direct – znaczniki kablowe i inne oznakowania projektowane online 68
- Selektywna praca wyłączników instalacyjnych podczas zwarć 70
- Szczelność obudowy elektrycznych urządzeń rozdzielczych nn 74
- Uproszczony projekt rozdzielnicy głównej kompleksu użyteczności publicznej ze źródłem zasilania awaryjnego, stacją ładowania pojazdów elektrycznych oraz rozdzielnicą napięcia gwarantowanego i rozdzielnicą klimatyzacji. 84
- Katalog firm 100

Partnerzy publikacji

elektro info

finder RELAYING INNOVATION

NOWIMEX®

GEWISS

PRE EDWARD BIEL

INCOBEX® ROZDZIELNICE I OBUDOWY

pollin

SIBA FUSE TECHNOLOGY

WAGO

Sonel®

MERSEN Expertise, our source of energy

ZnakDirect@

dr inż. Karol Kuczyński

Podstawowe wymagania dla rozdzielnic nn oraz dobór aparatury modułowej

Rozdzielnica elektryczna to zespół zgrupowanych urządzeń elektroenergetycznych wraz z szynami zbiorczymi, połączeniami elektrycznymi, elementami izolacyjnymi i osłonami. Służy ona do rozdziału energii elektrycznej i łączenia oraz zabezpieczania linii lub obwodów. W zależności od ich przeznaczenia, parametrów znamionowych oraz właściwości technicznych wynikających z budowy, rozdzielnice są urządzeniami bardzo zróżnicowanymi.

Rodzaje rozdzielnic nn

Ze względu na miejsce zainstalowania rozdzielnice nn dzielimy na wnętrzowe i napowietrzne. W zależności od przeznaczenia i zastosowania można wyróżnić między innymi rozdzielnice: energetyczno-dystrybucyjne, przemysłowe, słupowe, budowlane i mieszkaniowe [1, 2].

Rozdzielnice budowlane służą do bezpośredniego lub pośredniego zasilania urządzeń, narzędzi i oświetlenia placu budowy oraz do kontrolnego pomiaru energii elektrycznej. Jest to najczęściej ruchoma (przesuwna) rozdzielnica tablicowa umieszczona w metalowej szafie lub w obudowie termoutwardzalnej z tworzywa sztucznego. Rozdzielnice tego typu wykonywane są zazwyczaj w dowolnym wyposażeniu i gabarytach, w zależności od oczekiwań zamawiającego. W konstrukcjach rozdzielnic tablicowych w celu zwiększenia bezpieczeństwa przeciwporażeniowego i niezawodności stosuje się obudowy rozdzielnic z materiału nieprzewodzącego, systemy osłon zacisków oraz zastępuje się bezpieczniki topikowe wyłącznikami nadmiarowoprądowymi. Rozdzielnice mogą mieć wysoki poziom ochrony IP obudowy (nawet IP65), uzyskany przez zastosowanie specjalnych uszczelnień obudów i maskownic, tj. osłon izolacyjnych zacisków aparatów elektrycznych. Zwiększa się przez to bezpieczeństwo przeciwporażeniowe [3].

Rozdzielnice wnętrzowe stosowane w obiektach przemysłowych to główne szafy rozdziału energii na poszczególne obwody. Rozdzielnice te wyposażane są w aparaturę zabezpieczającą. Mogą być wykonane w wersji przyściennej lub wolnostojącej. Z możliwością wykonania konkretnego wymiaru obudowy, dostosowanej do pomieszczenia, w którym będzie znajdować się rozdzielnica. Obudowy przeznaczone dla tych szaf wykonywane są najczęściej z blachy stalowej lub aluminiowej na cokole. Rozdzielnice przemysłowe wykonane w postaci szaf projektuje się na prądy obciążenia od kilkuset do kilku tysięcy amperów. W rozdzielnicach tych aparatura elektryczna montowana jest w pojedynczej szafie lub zestawach szaf, ustawionych obok siebie i połączonych wspólnym torem szynowym [3].

STRESZCZENIE

W artykule omówione zostały podstawowe wymagania stawiane rozdzielnicom nn w zależności od miejsca ich zainstalowania.

Słowa kluczowe: rozdzielnica nn, aparatura modułowa, normalizacja.



Fot. 1. Skutki pożaru złącza kablowego i rozdzielnic pomiarowo-dystrybucyjnych fot. K. Kuczyński

Pod względem rozwiązań konstrukcji zewnętrznych wyróżnia się rozdzielnice otwarte, częściowo osłonięte oraz osłonięte. Natomiast ze względu na sposób zainstalowania rozdzielnice można podzielić na naścienne, przyścienne i wolno stojące. Rozdzielnice mogą być wykonane jako stacjonarne i przenośne. W zależności od sposobu wykonania części wsporczych i mocujących oraz osłon części będących pod napięciem rozdzielnice niskiego napięcia dzieli się na tablicowe, skrzynkowe, szafowe stosowane w budynkach mieszkalnych wielokondygnacyjnych i pulpity sterownicze [1, 2]. Ze względu na funkcję, jaką rozdzielnice spełniają w sieci rozdzielczej, można wyróżnić rozdzielnice: główne, oddziałowe (stosowane w budownictwie przemysłowym), piętrowe, mieszkaniowe oraz specjalizowane stosowane do zasilania: komputerów, oświetlenia, zasilaczy UPS itp.

Aparatura modułowa

Przy konfiguracji rozdzielnic nn ze względu na wytrzymałość zwarciową należy porównywać znamionowe parametry zwarciowe aparatury z prądami zwarciowymi sieci zasilającej. Rozdzielnice nn muszą być dostosowane do warunków zwarciowych, jakie mogą wystąpić. Szyny główne powinny wytrzymywać obciążenia termiczne i dynamiczne wywoływane przez prądy zwarciowe. Mogą być one ograniczane w czasie poprzez wyłącznik po stronie zasilania. Właściwy dobór wyposażenia rozdzielnicy, parametrów znamionowych aparatów, przekrojów szyn, kabli oraz przewodów zapewnia prawidłową pracę rozdzielnicy w warunkach normalnych, natomiast w warunkach wystąpienia określonych zakłóceń pozwala minimalizować ich skutki [1, 4]. W celu prawidłowego doboru urządzeń, szyn zasilających oraz kabli i przewodów należy określić wartości prądów roboczych oraz zwarciowych, w miejscu sieci lub instalacji, w której ma być zainstalowana rozdzielnica. Przy szacowaniu prądów znamionowych należy uwzględnić spodziewane prądy robocze. Dobór parametrów znamionowych wyłącznika mocy, który ma być zainstalowany w rozdzielnicy, powinien być poprzedzony obliczeniami wartości tych parametrów dla danej instalacji, w której ma zostać zainstalowana rozdzielnica [1, 4].

W rozdzielnicy nn wyłączniki różnicowoprądowe mogą być stosowane w ochronie przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu, w ochronie przeciwporażeniowej uzupełniającej ochronę podstawową i w ochronie przeciwpożarowej. Dobór wartości znamionowego prądu różnicowego wyłącznika różnicowoprądowego wymaga uwzględnienia spodziewanych wartości prądów upływowych w obwodach chronionych przez wyłącznik oraz funkcje ochronne, jakie ma spełniać [5]. Z uwagi na prądy upływowe urządzeń i przewodów istotny jest podział instalacji na wydzielone układy lub grupy odbiorników, tak ażeby ograniczyć możliwość zbędnych wyłączeń.

Ze względu na wartość znamionowego prądu różnicowego wyłączniki mogą spełniać następujące funkcje ochronne [5]:

a) ochrona przed porażeniem elektrycznym przy uszkodzeniu – $I_{\Delta n} \leq 3$ A (nie ogranicza się prądu znamionowego $I_{\Delta n}$ z wyjątkiem specjalnych instalacji lub lokalizacji określonych w arkuszach 700 normy PN-HD 60364),

b) ochrona uzupełniająca ochronę podstawowa i/lub ochronę przy uszkodzeniu – $I_{\Delta n} \leq 30$ mA;

c) ochrona instalacji przed pożarami spowodowanymi prądami doziemnymi – $I_{\Delta n} \leq 300$ mA.

Dodatkowo w każdej rozdzielnicy obiektu budowlanego należy uwzględnić elementy wielostopniowego systemu ograniczania przepięć w instalacji elektrycznej [5]:

1) schemat rozmieszczenia w instalacji elektrycznej w obiekcie budowlanym wielostopniowego systemu do ograniczania przepięć (SPD różnych typów), w zależności od przyjętych kategorii instalacji i stref zagrożenia piorunowego;

2) wartości szczytowe prądów udarowych poszczególnych SPD uzależnione są od przyjętego poziomu ochrony urządzenia piorunochronnego obiektu;

3) liczbę urządzeń SPD i sposób ich połączeń należy dostosować do układu sieci oraz wymaganej kategorii przepięciowej;

4) rozmieszczenie poszczególnych układów SPD powinno zapewnić ograniczenie przepięć do poziomów poniżej wytrzymałości udarowej przyłączy zasilania instalacji elektrycznej obiektu;

5) wytrzymałość zwarciową poszczególnych SPD należy dostosować do spodziewanej wartości prądu zwarcia, jaki może wystąpić w miejscu zainstalowania danego SPD;

6) koordynację rozkładu energii na poszczególne SPD różnych typów; instalacji i stref zagrożenia piorunowego;

7) zachowanie najmniejszych dopuszczalnych odległości pomiędzy zastosowanymi w instalacji elektrycznej obiektu budowlanego układami SPD różnych typów.

Normalizacja

Norma PN-EN 61439-1 definiuje rozdzielnice/sterownice niskonapięciowe jako zestawy rozdzielcze zbudowane z jednego lub większej liczby łączników niskonapięciowych, wraz ze współpracującym wyposażeniem sterowniczym, pomiarowym, sygnalizującym i zabezpieczającym. Uwzględnia również wszystkie wewnętrzne połączenia elektryczne i mechaniczne oraz części konstrukcji. W porównaniu z poprzednią serią norm PN-EN 60439, nowa norma podnosi wymagania konstrukcyjne, reguluje sposób wykonania i jasno określa kwestie dotyczące użytkowników mających dostęp do rozdzielnic [3].

Norma PN-EN 61439 podzielona została w sposób przyjazny dla użytkownika, a jej wymogi praktycznie wyjaśnione poprzez podanie odpowiednich wskazówek i zaleceń. Norma podstawowa to PN-EN 614391-1:2011 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne zastąpiona obecnie normą PN-EN IEC 61439-1:2021-10E.* W normie tej podano ogólne definicje i określono warunki eksploatacji, wymagania dotyczące konstrukcji, cechy techniczne oraz wymagania dotyczące weryfikacji w odniesieniu do rozdzielnic i sterownic niskiego napięcia [3]. Natomiast konkretne rozwiązania produktowe znajdują się w normach:

- PN-EN 61439-2:2011 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 2: Rozdzielnice i sterownice do rozdziału energii elektryczne – zastąpiona przez PN-EN IEC 61439-2:2021-10E,*

REKLAMA



Kod IK	Energia udaru, w [J]
01	0,15
02	0,2
03	0,35
04	0,5
05	0,7
06	1
07	2
08	5
09	10
10	20

Tab. 1. Ochrona przed udarami mechanicznymi zgodnie z PN-EN 50102:2001

- PN-EN 61439-3:2012 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 3: Rozdzielnice tablicowe przeznaczone do obsługiwania przez osoby postronne (DBO)*,
- PN-EN 61439-4:2013-06 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 4: Wymagania dotyczące zestawów przeznaczonych do instalowania na placu budowy (ACS)*,
- PN-EN 61439-5:2015-02 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 5: Zestawy do dystrybucji mocy w sieciach publicznych*,
- PN-EN 61439-6:2013-03 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 6: Systemy przewodów szynowych.*

Kod IP obudowy

Obudowa urządzenia elektrycznego chroni obsługę przed dotknięciem zarówno części będących pod napięciem, jak i części ruchomych znajdujących się we wnętrzu maszyny lub urządzenia. Chroni również urządzenie przed przedostaniem się do jego wnętrza ciał obcych i wody. Zgodnie z normą PN-EN 60529:2003P *Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP)* oraz PN-EN 60034-5:2004/A1:2009P zastąpiona przez PN-EN IEC 60034-5:2021-01E *Maszyny elektryczne wirujące. Część 5: Stopnie ochrony zapewniane przez rozwiązania konstrukcyjne maszyn elektrycznych wirujących (kod IP). Klasyfikacja* rozróżnia stopnie ochrony obudowy od w zakresie przedostawania się ciał stałych (0÷6) oraz wody (0÷8). Pełne oznaczenie składa się z symbolu IP oraz dwóch cyfr, gdzie pierwsza oznacza stopień ochrony od przedostawania się ciał stałych a druga wody. Pełne oznaczenie będzie stanowiło kombinację dwóch cyfr w zakresie IP00÷IP68.

Inne stopnie ochrony i klasy

Poszczególne rozwiązania rozdzielnic różnią się pomiędzy sobą parametrami technicznymi, szczegółami konstrukcyjnymi oraz zastosowanych w nich rodzajami i typami aparatów. Dodatkowo obudowy umieszczane w pobliżu ciągów komunikacyjnych powinny mieć odpowiednią odporność przed uderzeniami lub działaniem wandali. Norma PN-EN 50102:2001 określa stopnie ochrony przed zewnętrznymi uderzeniami mechanicznymi dla obudów urządzeń elektrycznych **(tab. 1.)**.

W pomieszczeniach znacznie zagrożonych udarem, który może uszkodzić aparaty, takich jak korytarze, producenci zalecają zastosowanie rozdzielnic oznaczonych kodem IK08. Natomiast w miejscach gdzie jest bardzo duże ryzyko uszkodzenia rozdzielnicy, czego przykładem mogą być zakłady przemysłowe, zaleca się stosowanie rozdzielnic oznaczonych kodem IK10.

Należy także podkreślić, że wybór środka ochrony przeciwporażeniowej dla urządzeń niskonapięciowych może zależeć od cech konstrukcyjnych urządzenia elektrycznego. Cechy te określa się jako klasy ochronności urządzeń elektrycznych. Klasy ochronności podaje się dla urządzeń elektrycznych i elektronicznych prądu przemiennego o napięciu międzyprzewodowym nieprzekraczającym 440 V i napięciu między fazą a ziemią nie wyższym niż 250 V. Oznaczenie klasą ochronności wskazuje, że zastosowany środek ochrony zapewni wymaganą ochronę przeciwporażeniową. Urządzenia elektryczne, ze względu na zastosowany środek ochrony przeciwporażeniowej, dzieli się na cztery klasy ochronności [4]: 0, I, II i III, których opis znajduje się w **tabeli 2.**

Podsumowanie

W rozdzielnicach o prądach znamionowych powyżej kilkuset amperów projektanci coraz częściej nie tylko dobierają przekroje szyn i połączeń do płynących prądów, ale również zwracają uwagę na maksymalne zmniejszenie rezystancji zestykowych przez przewymiarowanie przekrojów i dobór aparatów dostosowanych do łączenia większych prądów. Rezystancja zestykowa nie ma stałej wartości w czasie ze względu na utlenianie się powierzchni styków, a przyrost jej jest tym większy im wyższa jest temperatura pracy zestyków. Wraz ze wzrostem temperatury zestyku i grubości warstwy nalotowej wzrasta natężenie pola elektrycznego co prowadzi do jej przebicia. Przy dostatecznie dużej grubości warstwy nalotowej przebicie może nie nastąpić i temperatura zestyku może wzrosnąć i przekroczyć dopuszczalne granice powodując upalenie się połączenia. Przykład skutków pożaru złącza kablowego i rozdzielnic pomiarowo-dystrybucyjnych przedstawia **fotografia 1**.

literatura do artykułu na elektro.info.pl

Klasa ochronności	Cechy charakterystyczne	Wymagania szczegółowe ochrony przeciwporażeniowej	Zastosowanie	Symbol graficzny
0	Izolacja podstawowa, brak zacisku ochronnego	Środowisko bez uziemionych mas, zastosowanie izolowania stanowiska, zasilanie przez transformator separacyjny tylko jednego urządzenia	Urządzenia elektryczne w metalowej obudowie bez zacisku ochronnego	–
I	Izolacja podstawowa, zacisk ochronny	Przyłączenie części przewodzących dostępnych do przewodu ochronnego, zapewniające: samoczynne wyłączenie zasilania, obniżenie napięcia dotykowego do napięcia bezpiecznego. W niekorzystnych warunkach środowiskowych zastosowanie: ochronnych połączeń wyrównawczych dodatkowych lub ochrony uzupełniającej (wyłącznik różnicowoprądowy o $I_{\Delta n} \leq 30$ mA	Urządzenia elektryczne w metalowej obudowie wyposażone w zacisk ochronny	
II	Izolacja podstawowa lub izolacja wzmocniona, brak zacisku ochronnego	Stosowanie we wszystkich warunkach o ile szczegółowe postanowienia dotyczące określonych miejsc i pomieszczeń nie stanowią inaczej	Oznakowane symbolem klasy II urządzenia, elektronarzędzia, sprzęt gospodarstwa domowego	
III	Bardzo niskie napięcie znamionowe, zasilanie z obwodu SELV lub PELV, brak zacisku ochronnego (może być w PELV)	Stosowanie we wszystkich warunkach	Urządzenia elektryczne zasilane bardzo niskim napięciem z obwodów SELV lub PELV	

Tab. 2. Klasy ochronności urządzeń elektrycznych [4]



dr inż. Karol Kuczyński

Podstawowe wymagania przy projektowaniu rozdzielnic nn i obudów „hermetycznych”

Właściwy dobór wyposażenia rozdzielnicy, parametrów znamionowych aparatów i połączeń wewnętrznych zapewnia prawidłową pracę rozdzielnicy w warunkach normalnych, natomiast w warunkach wystąpienia zakłóceń pozwala minimalizować skutki działania prądów zwarciowych.

W celu prawidłowego doboru urządzeń, szyn zasilających oraz kabli i przewodów należy określić wartości prądów roboczych oraz zwarciowych w miejscu sieci lub instalacji, w której ma być zainstalowana rozdzielnica. Przy szacowaniu prądów znamionowych należy uwzględnić spodziewane prądy robocze.

Wymagania dla rozdzielnic

Obecnie rodzina norm PN-EN 61439 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe* składa się z siedmiu części. PN-EN 61439-1:2011 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne* zawiera postanowienia ogólne dotyczące urządzeń wszystkich odmian. Jednak na podstawie tego arkusza nie można zbudować żadnego urządzenia. PN-EN 61439-2:2011P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 2: Rozdzielnice i sterownice do rozdziału energii elektrycznej* stanowi normę produktową dla rozdzielnic i sterownic do rozdziału energii elektrycznej (PSC). Należy ją czytać razem z arkuszem 1. Szacuje się, że rozdzielnice i sterownice produkowane według arkuszy 2 i 1 stanowią zdecydowaną większość wszystkich urządzeń. PN-EN 61439-3:2012 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 3: Rozdzielnice tablicowe przeznaczone do obsługiwania przez osoby postronne (DBO)* jest normą produktową dla rozdzielnic tablicowych przeznaczonych do obsługiwania przez osoby postronne DBO. PN-EN 61439-4:2013-06 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 4: Wymagania dotyczące zestawów przeznaczonych do instalowania na placu budowy (ACS)* zawiera wymagania dotyczące zestawów rozdzielnic przeznaczonych do instalowania na placu budowy. PN-EN 61439-5:2015-02 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 5: Zestawy do dystrybucji mocy w sieciach publicznych* jest normą produktową dla urządzeń do dystrybucji mocy w sieciach publicznych. Każdą część (-2, -3, -4, -5) należy czytać łącznie z częścią 1. Dodatkowo PN-EN 61439-6:2013-03 P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 6: Systemy przewodów szynowych* dotyczy systemów przewodów szynowych. Siódma część normy dotyczy specjalnych wykonań rozdzielnic, w tym stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Jest dostępna w języku angielskim, jako norma PN-EN IEC 61439-7:2020-10 E *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 7: Rozdzielnice do specjalnych zastosowań, takich jak: mariny, kempingi, place targowe oraz stacje ładowania pojazdów elektrycznych*. Miejmy nadzieję, że w krótkim czasie zostanie ona przetłumaczona na język polski, co ułatwi powszechne korzystanie z jej treści.

Natomiast część 0 (EN 61439-0) nie została do tej pory wprowadzona do zbioru polskich norm. Można powiedzieć, że wszystkie części normy PN-EN 61439 zostały zredagowane w duchu praktycznego realizmu: stawiają wymagania, ale liczą się z możliwościami ich spełnienia [2]. Przede wszystkim oficjalnie definiuje oryginalnego producenta (ang. *original manufacturer*), przypisując mu odpowiedzialność za jakość i deklarowane wyniki badań typu odnoszące się do jego dostaw.



Fot. Przykład, jak nie powinna być eksploatowana rozdzielnica budowlana fot. JT

STRESZCZENIE

Artykuł omawia podstawowe wymagania dla rozdzielnic nn. Zwraca uwagę na podstawowe zależności dla układów zestykowych.

Słowa kluczowe: rozdzielnica nn, obudowa hermetyczna.

Za projekt i realizację konkretnego kompletnego urządzenia odpowiada producent wyrobu finalnego, który najczęściej jest jego wytwórcą. Jeśli wytwórca dokona w pozyskanej obudowie lub konstrukcji zmian lub rozszerzeń na tyle istotnych i wpływających na działanie urządzenia, to ponosi odpowiedzialność za te zmiany i ich konsekwencje. Jednak ingerencja wytwórcy nie znosi całkowicie odpowiedzialności „original manufacturera”, który nadal odpowiada za pozostałe walory swoich dostaw, nienaruszone zmianami wytwórcy [2].

Drugą procedurą, która znalazła się w normie 61439, jest weryfikator projektu „design verification”, który nie jest pakietem fizycznych badań laboratoryjnych, jak to ma miejsce w przypadku badań typu. Pod rządami normy PN-EN 61439 pojęcie badań typu nadal funkcjonuje w swej klasycznej formule i odnosi się przede wszystkim do zadań i odpowiedzialności „original manufacturerów”. Natomiast procedura „design verification” jest weryfikacją wykonanej dokumentacji techniczno-technologicznej urządzenia pod kątem poprawności doboru komponentów (w tym konstrukcji) i technologii, które mają zapewnić spełnienie przez urządzenie wszystkich wymagań normy. „Design verification” to swoiste badania literackie, studia nad dokumentacją, by punkt po punkcie upewnić się o prawidłowym projektowaniu lub zgłaszać zastrzeżenia. Procedurę trzeba przeprowadzać dla każdego urządzenia (każdej serii identycznych urządzeń) i obowiązek ten spoczywa zawsze na wytwórcy finalnym [2]. Wokół procedury „design verification” narosło wiele nieporozumień, spowodowanych m.in. bardzo niefortunnym przetłumaczeniem nazwy tej procedury w polskojęzycznej edycji normy PN-EN 61439 jako „weryfikacja konstrukcji”. Skoro to ma być weryfikacja konstrukcji, to obowiązek jej wykonania można przerzucić na dostawcę konstrukcji, czyli „original manufacturera” – kombinują niektórzy. A doradcy niektórych „original manufacturerów” naginają rzeczywistość i nieuczciwie zachęcają: kupcie naszą konstrukcję, a my za was zrobimy „design verification” [2].

Niestety jest to nieprawdą. Choćby dlatego, że w specyfikacji sprawdzeń poszczególnych części normy PN-EN 61439 (-2, -3, -4, -5) występują trzy punkty dotyczące wyposażenia i wewnętrznych połączeń konkretnego urządzenia (punkty 10.6, 10.7, 10.8), a takiej wiedzy „original manufacturer” po prostu nie ma. Procedurę „design verification” musi wykonywać wytwórca, jednak wyniki badań typu pochodzące od „original manufacturera” mogą w tej pracy bardzo dopomóc. Procedura „design verification” powinna poprawnie nazywać się weryfikacją projektu lub weryfikacją projektową. Rozdział 10 normy zawiera specyfikację dwunastu sprawdzeń oraz trzy honorowane metody, poprzez które można sprawdzenia wykonywać. Przy czym nie wszystkie metody mogą być stosowane do każdego sprawdzenia [2].

Obudowy „hermetyczne”*)

Obudowy rozdzielnic spełniające wymagania normy PN-EN 60529-2003P+AC:2020-01P określane mianem szczelnych rozdzielnic elektrycznych coraz częściej towarzyszą nam nie tylko na budowie i w zakładach przemysłowych, gdzie w trudnych warunkach środowiskowych mają zapewnić bezpieczeństwo użytkownikom oraz osobom postronnym. Przykładami takich zastosowań mogą być złącza zasilające budynki, obudowy zawierające układy sterujące pracą pomp, obudowy stacji ładownia i inne. Od tego typu obudów wymaga się, aby były one odporne na otaczające warunki środowiskowe, w tym słońce oraz wnikanie do środka wilgoci. Parametrem wyznaczającym odporność danej obudowy na te czynniki jest stopień ochrony IP określony zgodnie z normą PN-EN 60529:2003 P + AC:2020-01 P. Urządzenia elektryczne instalowane na zewnątrz budynków powinny mieć stopień ochrony zapewniany przez obudowę co najmniej IP65. Natomiast zgodnie z PN-EN 50102:2001 P stopień odporności danej obudowy elektrycznej na uszkodzenia mechaniczne określa stopień IK– przed wandalizmem co najmniej IK09. Obudowy tego typu wykonywane są najczęściej z tworzywa zbrojonego włóknem szklanym odpornego na działanie UV lub metalowe w I klasie ochronności. Dostępne są również obudowy metalowe wykonane w II klasie ochronności, które pokryte są specjalną certyfikowaną warstwą elektroizolacyjną.

Należy pamiętać, że norma PN-EN 61439-1 definiuje rozdzielnice/sterownice niskonapięciowe jako zestawy rozdzielcze zbudowane z jednego lub większej liczby łączników niskonapięciowych, wraz ze współpracującym wyposażeniem sterowniczym, pomiarowym, sygnalizującym i zabezpieczającym. Uwzględnia również wszystkie wewnętrzne połączenia elektryczne i mechaniczne oraz części konstrukcyjne. W porównaniu z poprzednią serią norm PN-EN 60439, nowa norma podnosi wymagania konstrukcyjne, reguluje sposób wykonania i jasno określa kwestie dotyczące użytkowników mających dostęp do rozdzielnic [3].

Norma PN-EN 61439 podzielona została w sposób przyjazny dla użytkownika, a jej wymogi praktycznie wyjaśnione poprzez podanie odpowiednich wskazówek i zaleceń. Norma podstawowa to PN-EN 614391-1:2011 P wraz z bezpłatnymi poprawkami Ap1:2019-03P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne*. W normie tej podano warunki eksploatacji, wymagania konstrukcyjne, cechy techniczne oraz badania dotyczące zestawów rozdzielnic i sterownic niskonapięciowych stacjonarnych lub przenośnych, w obudowach i bez obudów, przeznaczonych do pracy przy napięciu znamionowym nieprzekraczającym 1000 V prądu przemiennego lub 1500 V prądu stałego, w systemach wytwarzania, przesyłu, rozdziału i przekształcania energii elektrycznej oraz w systemach sterowania urządzeniami zasilanymi energią elektryczną, w warunkach specjalnych (na statkach, w pojazdach szynowych, w urządzeniach dźwigowych, w atmosferach zagrożonych wybuchem) oraz do zastosowań powszechnego użytku (do obsługi przez osoby niewykwalifikowane), a także jako wyposażenie elektryczne maszyn [3].

Połączenia w rozdzielnicach

Wzrost wartości prądów i napięć znamionowych oraz prądów zwarciowych w rozdzielnicach i układach zasilających urządzenia elektryczne stawia coraz większe wymagania torom prądowym i układom zestykowym. Każdy aparat pracujący w systemie elektroenergetycznym ma tor prądowy oraz układ zestykowy. Przepływ prądu ciągłego powoduje nagrzewanie się toru prądowego i zestyków do temperatury, która nie powinna przekraczać wartości dopuszczalnej. Należy przy tym zauważyć, że dopuszczalna temperatura powinna być co najmniej równa dopuszczalnej temperaturze samego toru prądowego, a o obciążalności długotrwałej najczęściej decyduje układ zestykowy. W warunkach zwarciowych tory prądowe oraz zestyki podlegają dodatkowemu nagrzewaniu oraz narażeniom elektrodynamicznym [4, 5].

Jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących zestyki jest struktura powierzchni styczności. Ze względu na kształt powierzchni stykowych zestyki dzielimy na punktowe, liniowe i powierzchniowe. Jednak w rzeczywistości styczność dwóch ciał nigdy nie następuje w jednym punkcie, wzdłuż linii lub jednolitej powierzchni geometrycznej. Dlatego też zestyk punktowy jest to zestyk, w któ-

*) Określenie powszechnie funkcjonujące w języku potocznym – oznacza obudowę o wysokiej szczelności zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 60529P+AC:2020-01P.

rym styczność elektryczna odbywa się na powierzchni o bardzo małym promieniu. Zestyk liniowy jest to zestyk, w którym styczność rzeczywista odbywa się na kilku małych powierzchniach ułożonych w przybliżeniu wzdłuż pewnej linii prostej. Natomiast zestyk powierzchniowy jest to zestyk, w którym styczność pozorna następuje na powierzchni wynikającej z geometrycznych wymiarów styków, a styczność rzeczywista na wielu małych powierzchniach dowolnie usytuowanych w obrębie pozornej powierzchni styczności [5].

Rezystancja zestykowa jest zmienna w czasie ze względu na utlenianie się powierzchni styków. Proces ten jest dodatkowo przyspieszony podwyższoną z reguły temperaturą. Rzeczywista powierzchnia styczności jest sumą powierzchni zestyków punktowych. Wielkość rzeczywistej powierzchni styczności zależy od twardości materiału, rodzaju i dokładności obróbki powierzchni styczności styków. Suma powierzchni styczności stref, w których grupują się mikronierówności związane z falistością powierzchni styczności styków, tworzy tzw. konturową powierzchnię styczności [5].

W zależności od wartości siły docisku zestyków, mikropowierzchnie ulegają odkształceniu sprężystemu lub plastycznemu. W zestykach na prądy znamionowe powyżej kilkuset amperów z uwagi na wymaganie małej rezystancji na ogół stosowane są znaczne siły docisku powodujące odkształcenia plastyczne mikropowierzchni. Przy danej sile docisku styków F o liczbie mikropowierzchni styczności decyduje tzw. twardość stykowa αHB materiału styków zgodnie z zależnością opartą na założeniu odkształcenia plastycznego w miejscu styczności [3, 4]:

$$\alpha \cdot HB = F \Big/ \left(n \cdot \pi \cdot r_p\right)$$

gdzie:
n – liczba powierzchni styczności, w [-],
r_p – promień zastępczy kołowej powierzchni styczności, w [m],
HB – twardość materiału styków wg Brinella lub Vickersa (np. dla styku Cu-Cu: HB = (3 – 7)10^8 N/m^2),
α – współczynnik twardości stykowej materiału, zależny od mikrostruktury powierzchni styczności (przyjmuje się α = 0,5 – 0,7), w [-],
F – siła docisku styków, w [N].

Rezystancja zestykowa

Rezystancja zestykowa jest podstawowym parametrem charakteryzującym zestyk i decydującym o jego obciążalności prądowej ciągłej i zwarciowej dla całego toru prądowego. Rezystancję zestykową R_z można wyrazić wzorem [4, 5]:

$$R_z = R_L + R_p$$

gdzie:
R_L – rezystancja połączonych styków płaskich o długości zakładki L, w [Ω],
R_p – rezystancja przejścia będąca sumą rezystancji przewężenia przekroju związaną z mikrostrukturą powierzchni styku oraz rezystancji warstw nalotowych o grubości kilkudziesięciu nanometrów, zwykle z tlenków metali o właściwościach izolacyjnych.

Rezystancję zestykową można też wyznaczyć się z empirycznego wzoru [4, 5]:

$$R_z = c \cdot \rho \Big/ (0{,}1 \cdot F)^m$$

gdzie:
ρ – rezystywność materiału styków, w [Ωm],
c – stała zależna od własności materiału styków, stanu ich powierzchni itp.,
m – stała zależna od rodzaju styku (powierzchniowy m = 1, liniowy m = 0,7, punktowy m = 0,5).

W wyniku nierównomiernego rozpływu prądu w obszarze połączonych szyn rezystancja R_L zależy od stosunku długości zakładki L do grubości styku t. Uwzględnia to współczynnik zagęszczenia strug prądowych e, którego wartość określa się z zależności [4, 5]:

$$e = R_L / R_B = R_L \left(w/\rho\right)\left(1/\left(L/t\right)\right)$$

gdzie:
R_L – rezystancja połączonych styków płaskich o długości zakładki L, w [Ω],
R_B – rezystancja pojedynczego odcinka szyny przy długości zakładki L, w [Ω],
w – szerokość szyny, w [m],
L – długość zakładki, w [m],
t – grubość styku, w [m].

Obliczeń rezystancji warstw w praktyce się nie wykonuje ze względu na znaczne trudności metrologiczne związane z wyznaczeniem ich grubości; wpływ zaś ich na rezystancję zestykową jest bardzo duży. Utlenianie się styków może powodować wielokrotne powiększanie się rezystancji zestykowej. Jest to spowodowane bardzo dużą rezystywnością tlenków metali przewodowych [5].

W przypadku połączeń śrubowych szyn wartość rezystancji przejścia R_p zależy od liczby śrub łączących szyny oraz od technologii wykonania otworów. Szczególne znaczenie ma deformacja powierzchni styczności przy otworach. Rezystancję przejścia możemy policzyć z zależności [4, 5]:

$$R_p = \left(\rho \cdot \pi \cdot S_m \cdot HB\right) \Big/ \left(0{,}2 \cdot b \cdot F\right)$$

gdzie:
S_m – średnia odległość nierówności profilu powierzchni styczności, w [m],
b – liczba śrub mocujących szyny, w [-].

Podsumowanie

Każde połączenie dwóch przewodników charakteryzuje się rezystancją zestykową. W rozdzielnicach o prądach znamionowych powyżej kilkuset amperów projektanci coraz częściej nie tylko dobierają przekroje szyn i połączeń do płynących prądów, ale również zwracają uwagę na maksymalne zmniejszenie rezystancji zestykowych przez przewymiarowanie przekrojów i dobór aparatów dostosowanych do łączenia większych prądów. Należy pamiętać, że rezystancja zestykowa nie ma stałej wartości w czasie ze względu na utlenianie się powierzchni styków, a przyrost jej jest tym większy, im wyższa jest temperatura pracy zestyków. Wraz ze wzrostem temperatury zestyku i grubości warstwy nalotowej wzrasta natężenie pola elektrycznego w warstwie nalotowej, co prowadzi do jej przebicia [5]. Przy dostatecznie dużej grubości warstwy nalotowej przebicie może nie nastąpić i temperatura zestyku może wzrosnąć i przekroczyć dopuszczalne granice powodując upalenie się połączenia.

Literatura

1. J. Wiatr, M. Orzechowski, Poradnik projektanta elektryka, Grupa MEDIUM, Warszawa 2021.
2. A. Solski, Polska rozdzielnica na europejskim rynku, „elektro.info", nr 1–2/2020.
3. K. Kuczyński, Rozdzielnice nn stosowane w budynkach oraz na terenie budowy, „elektro.info", nr 1–2/2018.
4. S. Kulas, Tory prądowe i układy zestykowe, OWPW, Warszawa 2008,
5. K. Kuczyński, Rozdzielnice nn i ich wyposażenie – wprowadzenie do układów zestykowych, „elektro.info", nr 1–2/2013.
6. J. Wiatr, Zasilanie budynków w energię elektryczną w warunkach normalnych a zasilanie w warunkach pożaru, „elektro.info", nr 7–8/2019.

ABSTRACT

Basic Requirements in the Design of LV Switchgears and Hermetic Enclosures
The article discusses the basic requirements for low voltage switchgear. Draws attention to the basic dependencies for contact systems.

Keywords: LV switchgear, hermetic enclosures.



Finder Polska

Projektowanie funkcjonalnych rozdzielnic – automatyka budynkowa na szynie DIN w praktyce

Projektowanie współczesnych instalacji elektrycznych nie polega już wyłącznie na zapewnieniu zasilania odbiorników. Od projektanta oczekuje się dziś stworzenia instalacji energooszczędnej, łatwej w prefabrykacji, intuicyjnej w eksploatacji i gotowej na przyszłą rozbudowę. Rosnące ceny energii, rozwój budownictwa inteligentnego oraz coraz większe wymagania użytkowników sprawiają, że odpowiedni dobór aparatury sterującej staje się jednym z kluczowych elementów procesu projektowego.

W praktyce oznacza to odejście od projektowania opartego wyłącznie na klasycznych łącznikach i prostych obwodach oświetleniowych. Coraz częściej funkcje sterowania przenoszone są do rozdzielnicy, gdzie wykorzystuje się modułową aparaturę montowaną na szynie DIN. Takie podejście zwiększa elastyczność instalacji, upraszcza prefabrykację oraz umożliwia łatwe wprowadzanie zmian w przyszłości bez konieczności ingerencji w okablowanie budynku.

Dobrze zaprojektowana rozdzielnica staje się centrum zarządzania oświetleniem, ogrzewaniem, wentylacją czy urządzeniami pomocniczymi. Odpowiednio dobrane urządzenia pozwalają realizować zaawansowane funkcje automatyki bez konieczności stosowania rozbudowanych systemów BMS, co w wielu inwestycjach stanowi optymalny kompromis pomiędzy funkcjonalnością a kosztami. Zegary sterujące, wyłączniki zmierzchowe, przekaźniki impulsowe czy elektroniczne automaty schodowe umożliwiają realizację większości funkcji oczekiwanych przez użytkowników współczesnych budynków.

Projektowanie zaczyna się od funkcji, nie od urządzenia

Doświadczeni projektanci wiedzą, że punktem wyjścia nie jest wybór konkretnego przekaźnika czy automatu, lecz określenie funkcji, jakie ma realizować instalacja. Dopiero na tej podstawie dobiera się odpowiednie urządzenia.

Takie podejście pozwala stworzyć rozdzielnicę bardziej uporządkowaną, łatwiejszą w prefabrykacji i późniejszym serwisowaniu. Modułowa aparatura montowana na szynie DIN umożliwia logiczne grupowanie funkcji oraz standaryzację projektów, co ma szczególne znaczenie przy realizacji większych inwestycji mieszkaniowych, biurowych czy użyteczności publicznej.

Jednocześnie projektant zyskuje możliwość pozostawienia rezerwy funkcjonalnej. W przyszłości użytkownik może rozbudować instalację o kolejne obwody sterowane czasowo, automatykę oświetleniową lub nowe scenariusze pracy bez konieczności przebudowy całego systemu.

Przekaźniki impulsowe – prostsze okablowanie i większa elastyczność

Jednym z najlepszych przykładów urządzeń upraszczających projektowanie są przekaźniki impulsowe Serii 20. Ich zastosowanie pozwala zastąpić rozbudowane układy schodowe i krzyżowe prostymi przyciskami chwilowymi.

Dla projektanta oznacza to przede wszystkim znacznie prostsze prowadzenie przewodów sterujących oraz ograniczenie liczby połączeń pomiędzy łącznikami. W praktyce przekłada się to na krótszy czas wykonania instalacji, mniejsze ryzyko błędów montażowych oraz łatwiejszą diagnostykę podczas uruchamiania.

Korzyści widoczne są również na etapie eksploatacji. Awaria pojedynczego przycisku nie powoduje utraty możliwości sterowania całym obwodem, a ewentualna rozbudowa instalacji sprowadza się do dołączenia kolejnego przycisku sterującego bez konieczności przebudowy istniejącego układu. Rozwiązanie to szczególnie dobrze sprawdza się w budynkach wielorodzinnych, biurach, hotelach oraz obiektach użyteczności publicznej, gdzie jednym obwodem oświetleniowym steruje wiele punktów.

Elektroniczne przekaźniki instalacyjne – więcej funkcji przy mniejszej liczbie urządzeń

Rosnące wymagania użytkowników powodują, że klasyczne sterowanie typu „włącz–wyłącz" coraz częściej okazuje się niewystarczające. W takich zastosowaniach dobrze sprawdzają się elektroniczne przekaźniki instalacyjne Serii 13.

Ich zaletą jest możliwość realizacji wielu funkcji sterowania przy zachowaniu zwartej konstrukcji modułowej. Dzięki temu projektant może ograniczyć liczbę elementów w rozdzielnicy, jednocześnie zwiększając funkcjonalność całego układu.

Przykładem może być grupowe wyłączanie oświetlenia w budynkach biurowych, szkołach czy obiektach komercyjnych. Zamiast projektować wiele niezależnych układów, można przewidzieć centralne sterowanie wybranymi obwodami, co upraszcza eksploatację i zmniejsza zużycie energii. Elektroniczna konstrukcja zapewnia również cichszą pracę oraz wysoką trwałość, co ma znaczenie w budynkach mieszkalnych i hotelowych.

Automatyka czasowa jako standard nowoczesnych instalacji

Jednym z najskuteczniejszych sposobów ograniczania kosztów eksploatacyjnych jest sterowanie pracą urządzeń zgodnie z harmonogramem.

Zegary sterujące Serii 12 pozwalają projektować instalacje, które automatycznie dostosowują pracę oświetlenia, wentylacji, pomp, ogrzewania czy ładowarek pojazdów elektrycznych do rzeczywistych potrzeb użytkowników. Dostępne wersje obejmują programowanie dobowe, tygodniowe, roczne oraz astronomiczne, dzięki czemu można precyzyjnie dopasować sposób działania instalacji do charakteru obiektu.



Z punktu widzenia projektanta istotna jest możliwość realizacji wielu scenariuszy pracy bez stosowania rozbudowanych sterowników PLC lub systemów BMS. W wielu budynkach biurowych, handlowych czy mieszkalnych odpowiednio dobrany zegar sterujący zapewnia pełną funkcjonalność przy zdecydowanie prostszej konfiguracji.

Na uwagę zasługują również rozwiązania ułatwiające prefabrykację i serwis. Programowanie urządzeń za pomocą technologii NFC oraz aplikacji Finder Toolbox pozwala przygotować konfigurację jeszcze przed montażem rozdzielnicy, skopiować ustawienia pomiędzy kolejnymi urządzeniami oraz szybko odtworzyć konfigurację podczas ewentualnej wymiany aparatu. Przy większych inwestycjach oznacza to wymierne skrócenie czasu uruchomienia oraz ograniczenie ryzyka błędów konfiguracyjnych.

Oświetlenie części wspólnych – bezpieczeństwo i ekonomia

Projektowanie oświetlenia klatek schodowych, korytarzy czy garaży podziemnych wymaga pogodzenia dwóch pozornie sprzecznych wymagań: zapewnienia bezpieczeństwa użytkowników oraz ograniczenia kosztów energii.

Elektroniczne automaty schodowe Serii 14 umożliwiają realizację obu tych celów. Funkcja ostrzegania przed wyłączeniem światła zwiększa bezpieczeństwo użytkowników, natomiast tryb konserwacyjny znacząco ułatwia pracę ekip serwisowych i firm sprzątających. Dodatkowym atutem jest kompatybilność z podświetlanymi przyciskami oraz możliwość współpracy z czujnikami ruchu, co zwiększa elastyczność projektowania.

Sterowanie zgodne z rytmem światła dziennego

W instalacjach zewnętrznych coraz większe znaczenie mają wyłączniki zmierzchowe Serii 10. Ich zadaniem jest automatyczne załączanie oświetlenia po zmroku i wyłączanie go po osiągnięciu odpowiedniego poziomu światła naturalnego.

Dzięki temu projektant może ograniczyć niepotrzebną pracę opraw oświetleniowych, jednocześnie zapewniając odpowiedni poziom bezpieczeństwa na parkingach, drogach wewnętrznych, alejkach czy wokół budynków. Takie rozwiązanie eliminuje konieczność ręcznej obsługi instalacji i pozwala maksymalnie wykorzystać światło dzienne, co przekłada się na niższe koszty eksploatacyjne.

Komfort użytkownika również ma znaczenie

Nowoczesne instalacje coraz częściej umożliwiają nie tylko automatyczne załączanie światła, ale również regulację jego natężenia. Ściemniacze elektroniczne Serii 15 pozwalają dopasować poziom oświetlenia do aktualnych potrzeb użytkowników, zwiększając komfort i ograniczając zużycie energii.

Z perspektywy projektanta oznacza to możliwość tworzenia bardziej funkcjonalnych przestrzeni – od budynków mieszkalnych po biura, sale konferencyjne czy obiekty hotelowe. Regulacja natężenia światła wpływa również na wydłużenie żywotności źródeł LED, co obniża koszty utrzymania instalacji w całym cyklu życia budynku.

Rozdzielnica projektowana z myślą o przyszłości

Współczesny projekt powinien uwzględniać nie tylko wymagania inwestora w dniu oddania obiektu do użytkowania, ale również możliwość jego późniejszej rozbudowy. Właśnie dlatego modułowa aparatura montowana na szynie DIN pozostaje jednym z najbardziej uniwersalnych rozwiązań dla instalacji budynkowych.

Urządzenia serii 10, 11, 12, 13, 14, 15 i 20 umożliwiają stopniowe rozszerzanie funkcjonalności rozdzielnicy wraz ze zmieniającymi się potrzebami użytkowników. Standaryzacja aparatów, łatwość wymiany, szeroka dostępność oraz możliwość integracji z kolejnymi elementami automatyki sprawiają, że instalacja zachowuje swoją funkcjonalność przez wiele lat.

Dla projektanta oznacza to większą swobodę projektowania, dla prefabrykatora krótszy czas montażu, dla instalatora łatwiejsze uruchomienie, a dla użytkownika końcowego – wyższy komfort, niższe koszty eksploatacji oraz większą niezawodność. To właśnie takie podejście sprawia, że nowoczesna rozdzielnica staje się nie tylko miejscem dystrybucji energii, lecz również centrum zarządzania funkcjami całego budynku.

finder
RELAYING INNOVATION

FINDER Polska Sp. z o.o.
ul. Logistyczna 27
62-080 Sady
tel. 61 865 94 07, 61 865 94 26
www.findernet.com

dr inż. Karol Kuczyński

Rozwiązania rozdzielnic nn w osłonach metalowych i obudowy z tworzyw sztucznych

Rozdzielnice to elementy sieci elektroenergetycznych lub instralacji elektrycznych. Służą do rozdziału energii elektrycznej, z której zasilane są inne rozdzielnie obwodów zasilających pozostałe rozdzielnice występujące w budynku.

Rodzaje rozdzielnic nn

Ze względu na miejsce zainstalowania rozdzielnice nn dzielimy na wnętrzowe i napowietrzne. W zależności od przeznaczenia i zastosowania można wyróżnić między innymi rozdzielnice: energetyczno-dystrybucyjne, przemysłowe, słupowe, budowlane i mieszkaniowe [1, 2].

Rozdzielnice budowlane służą do bezpośredniego lub pośredniego zasilania urządzeń, narzędzi i oświetlenia terenu budowy, często są w nich instalowane układy pomiarowe zużytej energii elektrycznej. W nowoczesnych konstrukcjach rozdzielnic tablicowych w celu zwiększenia bezpieczeństwa eksploatacji i niezawodności stosuje się obudowy szafek z materiału nieprzewodzącego, systemy osłon zacisków oraz zastępuje się bezpieczniki topikowe wyłącznikami nadmiarowoprądowymi.

Rozdzielnice wnętrzowe stosowane w obiektach przemysłowych to główne szafy rozdziału energii na poszczególne obwody. Rozdzielnice te wyposażane są w aparaturę zabezpieczającą. Mogą być wykonane w wersji przyściennej lub wolno stojącej, z możliwością wykonania konkretnego wymiaru obudowy, dostosowanej do pomieszczenia, w którym będzie znajdować się rozdzielnica. Obudowy przeznaczone dla tych szaf wykonywane są najczęściej z blachy stalowej lub aluminiowej na cokole. Rozdzielnice przemysłowe wykonane w postaci szaf projektuje się na prądy obciążenia od kilkuset do kilku tysięcy amperów. W rozdzielnicach tych aparatura elektryczna montowana jest w pojedynczej szafie lub zestawach szaf, ustawionych obok siebie i połączonych wspólnym torem szynowym.



Fot. 1. Niepodłączony wyłącznik różnicowoprądowy fot. K. Kuczyński

Pod względem rozwiązań konstrukcji zewnętrznych wyróżnia się rozdzielnice otwarte, częściowo osłonięte oraz osłonięte. Natomiast ze względu na sposób zainstalowania rozdzielnice można podzielić na naścienne, przyścienne i wolno stojące. Rozdzielnice mogą być wykonane jako stacjonarne i przenośne. W zależności od sposobu wykonania części wsporczych i mocujących oraz osłon części będących pod napięciem rozdzielnice niskiego napięcia dzieli się na tablicowe, skrzynkowe, szafowe stosowane w budynkach mieszkalnych wielokondygnacyjnych i pulpity sterownicze [1, 2]. Ze względu na funkcję, jaką rozdzielnice spełniają w sieci rozdzielczej, można wyróżnić rozdzielnice: główne, oddziałowe (stosowane w budownictwie przemysłowym), piętrowe, mieszkaniowe oraz specjalizowane stosowane do zasilania: komputerów, oświetlenia, zasilaczy UPS itp.

STRESZCZENIE

W artykule omówione zostały rozwiązania rozdzielnic nn z obudowami metalowymi oraz z tworzyw sztucznych. Zwrócono uwagę na wymagania stawiane rozdzielnicom nn w zależności od miejsca ich zainstalowania. Pokazane zostały częste błędy popełniane przez instalatora, w trakcie doposażenia i podłączania aparatów modułowych.

Zgodnie z normą PN-EN 61439-1 konstrukcja zestawów aparatury rozdzielczej niskiego napięcia może być przedzielona przegrodami lub osłonami na poszczególne przedziały lub chronione przestrzenie. Tworzenie oddzielnych przedziałów lub chronionych przestrzeni mających określone przeznaczenie funkcjonalne ma na celu [2]:

- ochronę przed dotykiem części czynnych w sąsiednim bloku funkcjonalnym (wymagany stopień ochrony IP2X lub IPXX B),
- ograniczenie możliwości powstawania łuku elektrycznego,
- ochronę przed przedostaniem się ciał obcych z jednego bloku funkcjonalnego do sąsiedniego (wymagany stopień ochrony IP2X).

Normalizacja

Norma PN-EN 61439-1 definiuje rozdzielnice/sterownice niskonapięciowe jako zestawy rozdzielcze zbudowane z jednego lub większej liczby łączników niskonapięciowych, wraz ze współpracującym wyposażeniem sterowniczym, pomiarowym, sygnalizującym i zabezpieczającym. Uwzględnia się również wszystkie wewnętrzne połączenia elektryczne i mechaniczne oraz części konstrukcji. W porównaniu z poprzednią serią norm PN-EN 60439, nowa norma podnosi wymagania konstrukcyjne, reguluje sposób wykonania i jasno określa kwestie dotyczące użytkowników mających dostęp do rozdzielnic [3].

Norma PN-EN 61439 podzielona została w sposób przyjazny dla użytkownika, a jej wymogi praktycznie wyjaśnione poprzez podanie odpowiednich wskazówek i zaleceń. Norma podstawowa to PN-EN 614391-1:2011 P – *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne.* W normie tej podano warunki eksploatacji, wymagania konstrukcyjne, cechy techniczne oraz badania dotyczące zestawów rozdzielnic i sterownic niskonapięciowych stacjonarnych lub przenośnych, w obudowach i bez obudów, przeznaczonych do pracy przy napięciu znamionowym nieprzekraczającym 1000 V prądu przemiennego lub 1500 V prądu stałego, w systemach wytwarzania, przesyłu, rozdziału i przekształcania energii elektrycznej oraz w systemach sterowania urządzeniami zasilanymi energią elektryczną, w warunkach specjalnych (na statkach, w pojazdach szynowych, w urządzeniach dźwigowych, w atmosferach zagrożonych wybuchem) oraz do zastosowań powszechnego użytku (do obsługi przez osoby niewykwalifikowane), a także jako wyposażenie elektryczne maszyn [6].

Natomiast konkretne rozwiązania produktowe znajdują się w normach:

- PN-EN 61439-2:2011 P *Rozdzielnice i sterownice do rozdziału energii elektrycznej,*
- PN-EN 61439-3:2012P *Rozdzielnice tablicowe przeznaczone do obsługi przez osoby postronne (DBO),*
- PN-EN 61439-4:2013-06 P *Wymagania dotyczące zestawów przeznaczonych do instalowania na placu budowy (ACS),*
- PN- EN 61439-5:2015-02 P *Zestawy do dystrybucji mocy w sieciach publicznych,*
- PN-EN 61439-6:2013-03 P *Systemy przewodów szynowych.*

Producent pierwotny

Aktualna seria norm w jasny sposób reguluje podział zadań i odpowiedzialności wszystkich stron zaangażowanych w proces powstania rozdzielnicy nn. W pierwszej kolejności definiuje rolę producenta pierwotnego (nazywanego czasami producentem oryginalnym). Celem tego doprecyzowania jest jednoznaczne określenie, kto jest odpowiedzialny za właściwą konfigurację rozdzielnicy. Zazwyczaj jest to producent komponentów składowych zestawu, skoordynowanych ze sobą i sprawdzonych. To właśnie producent pierwotny musi przedstawić sposób weryfikacji konstrukcji, która została przeprowadzona zgodnie z dopuszczonymi przez normę metodami, czyli przez badanie, porównanie lub ocenę. W przypadkach, w których metoda weryfikacji dopuszcza obliczenia (ocena weryfikująca), producent pierwotny musi posiadać i przekazać odpowiednie dane – straty energii wszystkich wbudowanych elementów oraz moce możliwe do rozproszenia w obudowie – bezpośrednio do producenta zestawu (rozdzielnicy). Są to podstawowe dane potrzebne do przeprowadzenia weryfikacji przez producenta zestawu [3, 4].

Szczególne znaczenie ma weryfikacja przyrostu temperatury. W przypadku zestawów na prąd znamionowy powyżej 1600 A producent pierwotny powinien wykazać, że temperatury graniczne nie zostaną przekroczone, wykazując, że zostało to sprawdzone na drodze badań laboratoryjnych. Dla zestawów na prąd znamionowy do 1600 A dopuszczone są inne metody weryfikacji przyrostu temperatury.

Producent zestawu

Nowa seria norm definiuje także producenta zestawu (wykonawcę i dostawcę gotowej rozdzielnicy do odbiorcy). W zakresie odpowiedzialności producenta zestawu leży uwzględnienie wymogów obiektu i wykonanie zestawu jako spełniającego te wymagania. W tej roli zwykle występuje producent rozdzielnic, ale może też być nim producent pierwotny. Obszar odpowiedzialności producenta zestawu obejmuje między innymi [3, 4]:

- ocenę środowiska pracy zgodnie z danymi potwierdzonymi przez użytkownika lub wytycznych przekazanych na etapie przetargu,
- potwierdzenie wykonania zestawu zgodnie z wytycznymi do weryfikacji konstrukcji przekazanymi przez producenta pierwotnego,
- wykonanie obliczeń w odniesieniu do dopuszczalnych przyrostów temperatury.

Na podstawie tych informacji następuje kompletacja dokumentacji i wystawienie deklaracji zgodności danego zestawu.

Producent zestawu musi zweryfikować każdy wyprodukowany zestaw, bez względu na liczbę wykonanych sztuk, w celu zapewnienia ich pełnej funkcjonalności. Wyniki przeprowadzonych weryfikacji muszą być udokumentowane. Kompletna dokumentacja obejmuje (wraz z wynikami badań laboratoryjnych) weryfikację konstrukcji oraz weryfikację wyrobu. W tym kontekście należy zaznaczyć, że zgodnie z normą PN-EN 61439-1: „Jeżeli producent zestawu wprowadza swoje własne układy, które nie były uwzględnione podczas weryfikacji wykonanej przez wytwórcę oryginalnego, to producent zestawu jest uznany za wytwórcę pierwotnego w odniesieniu do tego układu".

Warunek ten powinien być również przestrzegany w przypadku wymiany urządzeń zabezpieczających różnych producentów.

Zabezpieczenie przed zwarciem

W ostatnich latach znacznie wzrosły wymagania dotyczące rozdzielnic nn w zakresie odprowadzania ciepła, większej gęstości mocy, obsługi dużych prądów zwarciowych oraz odporności izolacji. Prądy znamionowe rzędu 7400 A i duża wytrzymałość zwarciowa z prądami znamionowymi krótkotrwałymi do 140 kA nie są już rzadkością. Kompaktowa konstrukcja i integracja komponentów elektronicznych oraz sieci energetycznej nasyconej harmonicznymi wymagają precyzyjnej konfiguracji i kontroli rozdzielnic.

Według oficjalnych danych statystycznych Państwowej Inspekcji Pracy każdego roku na skutek zwarć łukowych ginie kilkanaście osób,



Fot. 2. Przykład, jak nie instalować rozdzielnicy i aparatury modułowej fot. K. Kuczyński

a kilkadziesiąt doznaje ciężkich obrażeń ciała. Poza obrażeniami ludzi dochodzi również do zniszczenia mienia. Rozdzielnice, w których doszło do zwarcia łukowego, najczęściej wymagają wymiany na nowe.

Przyczyny zwarć łukowych można podzielić na trzy kategorie [3, 4]:

- błędy montażowe, które wynikają z prac remontowych lub ruchowych wykonywanych przez osoby wykwalifikowane. Mogą pojawić się w trakcie np. wymiany wkładek lub zacisków. Łuk elektryczny może być zainicjowany również przez pozostawienie narzędzi wewnątrz rozdzielnicy,
- błędy instalacyjne mogą wynikać z przepięć, złego stanu izolacji, złej jakości połączeń mechanicznych i elektrycznych, niewystarczających odstępów izolacyjnych wynikających z niewłaściwego doboru urządzeń i samej rozdzielnicy (zbyt dużo elementów wyposażenia wewnątrz rozdzielnicy),
- pozostałe czynniki, w tym gryzonie zbliżające się na zbyt małą odległość do części czynnych, które są pod napięciem; nagromadzenie się pyłu, kurzu oraz brudu na powierzchniach izolacyjnych, korozja, skraplanie się wody na powierzchniach izolacyjnych.

Opracowywane są systemy aktywnej ochrony przed zwarciami łukowymi składające się ze starannie dobranych komponentów, które są instalowane w newralgicznych punktach rozdzielnicy. Specjalnie zaprojektowane przekładniki prądowe są w stanie bardzo szybko wykryć gwałtowny wzrost natężenia prądu wywołany zapaleniem się łuku elektrycznego. Kolejnym elementem są detektory pojawienia się błysku w postaci czujników punktowych lub światłowodowych wykrywających powstanie łuku elektrycznego. Są one stosowane jako dodatkowe potwierdzenie pojawienia się łuku elektrycznego wykrytego przez przekładniki prądowe, w celu wyeliminowania błędnych zadziałań. W przypadku zaistnienia zwarcia łukowego wywołana zostanie reakcja łańcuchowa: w pierwszym etapie po pojawieniu się łuku przez 2 do 3 ms zwarcie łukowe zostaje wygaszone przez zwarcie galwaniczne (układ tyrystorowy), a następnie po 30 do 50 ms wyłącznik odcina dopływ prądu uniemożliwiając dalsze palenie się łuku, a system wyłącza się automatycznie. Powstająca energia zostaje zmniejszona do minimum już na samym początku pojawienia się zwarcia łukowego. Łuk gaśnie tak szybko, że nie zdąży wyrządzić szkód w rozdzielnicy. Miejsce pojawienia się zwarcia jest tylko lekko zabrudzone [3].

Podsumowanie

Artykuł jest tylko wprowadzeniem do zagadnienia dotyczącego rozdzielnic nn i zwraca uwagę na kilka istotnych aspektów. Akty prawne często stwierdzają, że instalacje powinny być wykonane zgodnie z wiedzą techniczną. Ustawy i rozporządzenia powołują normy przedmiotowe, które właśnie stanowią wiedzę techniczną. Rzeczywistość jednak pokazuje często powtarzające się błędy i uchybienia, które powinny być eliminowane przy odbiorze przez uprawnioną osobę.

Bardzo niebezpieczne dla użytkownika instalacji elektrycznej jest fikcyjne zamontowanie w rozdzielnicy wyłącznika różnicowoprądowego – brak uzupełniającej ochrony przeciwporażeniowej **(fot. 1.** i **2.)**. Można się również spotkać z zamontowaniem wyłącznika RCD bez podłączenia, gdyż instalacja za rozdzielnicą zawierała ponowne połączenie przewodów PE i N. Najgorsza jednak jest sytuacja, gdy „pomysłowy" instalator podłączy przewody neutralny i fazowe bez podłączenia odbiorników – w tej sytuacji wyłącznik różnicowoprądowy niby działa, nie zapewniając jednak żadnej ochrony.

Inną często powtarzającą się sytuacją jest brak zachowania odpowiednich kolorów przewodów przez wykonawcę. Obecnie jest już dostępna w języku polskim norma PN-HD 60364-5-51:2011, która jednoznacznie wskazuje kolory przewodów zarezerwowane dla przewodów fazowych, neutralnego oraz ochronnego. W przypadku kabli jednożyłowych w powłoce oraz przewodów w izolacji powinny być stosowane niżej podane kolory izolacji:

- kombinacja kolorów zielonego i żółtego do oznaczania przewodu ochronnego,
- kolor niebieski do oznaczania przewodu neutralnego,
- kolory brązowy, czarny i szary do oznaczania przewodów fazowych.

Spotkać można również przewody o zbyt małych przekrojach użyte do łączenia obwodów. W tym miejscu należy podkreślić, że tabele doboru przekrojów przewodów do ciągłego obciążenia prądowego są szeroko dostępne. Następstwem oszczędności i zastosowania zbyt małego przekroju może być zbytnie nagrzewanie się przewodu, powodujące degradację izolacji lub nawet jego upalenie.

Literatura

1. J. Wiatr, M. Orzechowski, Poradnik projektanta elektryka, wyd. 5, Dom Wydawniczy MEDIUM, Warszawa 2012.
2. K. Kuczyński, Wymagania dla rozdzielnic nn przemysłowych i budowlanych, „elektro.info" nr 1–2/2014.
3. Materiały firmy Hager.
4. Materiały firmy Legrand.
5. www.bezel.com.pl
6. www.pkn.pl

ABSTRACT

The solutions of low-volatege switchgear with metal and plastic casings

The article discusses solutions of low-volatege switchgear with metal and plastic casings. Attention has been paid to the requirements for low-volatage switchgear, depending on the place of installation. Frequent mistakes made most often by the installer, while retrofitting and connecting modular apparatus, have been shown.



dr inż. Jarosław Wiater – Politechnika Białostocka

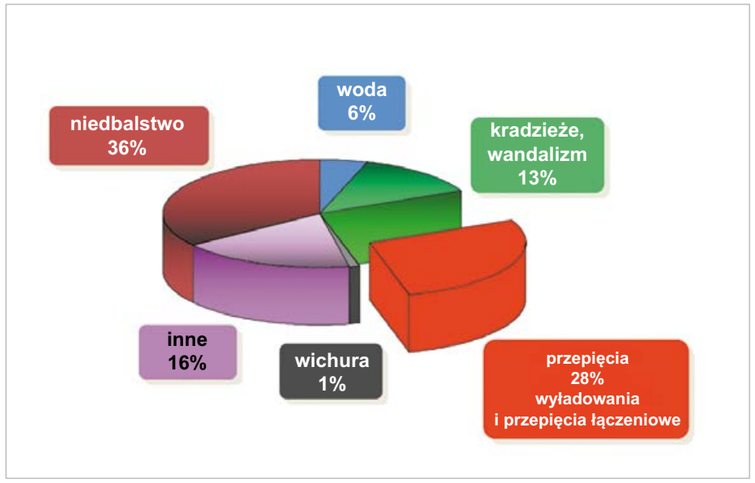
Jak prawidłowo dobrać ograniczniki przepięć

Postęp technologiczny oraz postępujące uzależnienie społeczeństwa, przemysłu od nowoczesnej technologii wymusza korzystanie z nowoczesnych systemów komputerowych. W chwili obecnej w każdym gospodarstwie domowym, małej firmie czy też dużym zakładzie przemysłowym powszechnie wykorzystuje się technikę mikroprocesorową. Znajdziemy ją w telewizorze, komputerze, zegarku, lodówce, dekoderze telewizji cyfrowej, drukarce, maszynie produkcyjnej i w wielu innych miejscach.

Cechą wspólną obecnych rozwiązań technologicznych są układy cyfrowe zasilane z roku na rok coraz niższymi napięciami. Kilka lat temu sprzęt powszechnego użytku pracował przy poziomie napięć rzędu kilkunastu woltów. Dziś trudno jest znaleźć układ wykorzystujący procesory pracujące z napięciem powyżej 5 V. Powszechne stają się napięcia rzędu 3,3 V, a nawet i mniej. Poziom przepięć dochodzących do użytkowanych urządzeń jest na tym samym poziomie, lecz ich napięcia znamionowe już nie. Relatywnie rzecz ujmując poziom zagrożenia urządzeń elektrycznych i elektronicznych z roku na rok wzrasta. Wraz z tą tendencją powinna rosnąć wytrzymałość urządzeń na przepięcia. Tak niestety nie jest. Wielkie koncerny, jak i mniejsi producenci sprzętu powszechnie stosują „planowane postarzanie". Producenci wolą, aby konsument kupował nowe produkty, a nie je naprawiał. Proceder planowanego zużycia sprzętu elektronicznego w głównej mierze opiera się na wykorzystaniu zdefiniowanej i z góry określonej wytrzymałości udarowej urządzeń. Dany produkt jest w stanie wytrzymać „naście razy" udar napięciowy. Po przekroczeniu magicznej bariery dochodzi do nieodwracalnego zniszczenia elektroniki. Mając to na uwadze istnieje konieczność zapewnienia właściwej ochrony przepięciowej realizowanej między innymi poprzez właściwy dobór ograniczników przepięć, co ma kluczowe znaczenie dla czasu życia wielu urządzeń.

STRESZCZENIE

Większość ograniczników przepięć sprzedawanych na terenie Polski jest niewłaściwie oznaczona. W artykule opisano właściwy sposób oznaczania ograniczników przepięć zgodnie z normą PN-EN 61643-11. Błędy w oznaczeniach powodują w wielu przypadkach nieporozumienia podczas doboru, co przekłada się na zwiększenie niebezpieczeństwa uszkodzeń chronionych urządzeń i instalacji.



Rys. 1. Przyczyny strat w urządzeniach elektronicznych wymagających wypłaty odszkodowania [4]

Urządzenia do ograniczania przepięć mają za zadanie zmniejszyć do bezpiecznych poziomów napięcia w instalacji elektrycznej oraz na wejściu zasilanych urządzeń:

- podczas operacji łączeniowych w normalnym i awaryjnym stanie pracy,
- podczas bezpośrednich wyładowań piorunowych w przewody sieci elektroenergetycznej, urządzenie piorunochronne,
- podczas wyładowań piorunowych w bliskim sąsiedztwie.

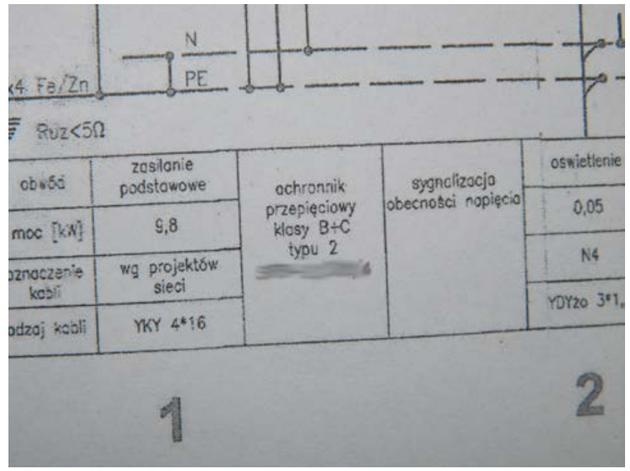
Budowa ograniczników przepięć

Ograniczniki przepięć (SPD – ang. *surge protection device*) są elementami o nieliniowej charakterystyce rezystancji zależnej od napięcia. Generalnie rzecz ujmując dla małych napięć wykazują one bardzo dużą rezystancję. W momencie gdy napięcie przekroczy pewną wartość, jego rezystancja bardzo szybko maleje.

Norma PN-EN 61643-11:2006 i PN-EN 61643-11:2013 [1, 2], dotycząca niskonapięciowych urządzeń do ograniczania przepięć, wyróżnia trzy typy ograniczników przepięć:

- SPD typu ucinającego napięcie, np. iskierniki („charakteryzujące się dużą impedancją przy braku napięcia, która zmniejsza się gwałtownie w odpowiedzi na wystąpienie udaru napięciowego" [1]),
- SPD typu ograniczającego napięcie, np. warystory („charakteryzujące się dużą impedancją, przy braku napięcia, która zmniejsza się w sposób ciągły w miarę wzrostu napięcia i prądu udarowego" [1]),
- SPD typu kombinowanego, które powinny zawierać zarówno elementy ucinające napięcie, jak i elementy ograniczające napięcie – czyli np. iskiernik i warystor [1].

Oczywistą sprawą jest fakt, iż każdy z wymienionych powyżej typów ograniczników przepięć charakteryzuje się inną wytrzymałością impulsową, udarową, napięciowym poziomem ochrony. Największą wytrzymałość na prąd wyładowania piorunowego ma ogranicznik iskiernikowy. Ograniczniki warystorowe będące elementami półprzewodnikowymi mają tę wytrzymałość znacznie mniejszą od iskiernikowych. Ograniczniki warystorowe w stosunku do iskiernikowych charakteryzują się niższym napięciowym poziomem ochrony. Wzajemne ich zamienianie jest poważnym błędem z punktu widzenia koordynacji energetycznej, jak i wytrzymałości udarowej. Fizyczne umiejscowienie ogranicznika przepięć bezpośrednio wiąże się z koniecznością właściwego doboru napięciowego poziomu ochrony z uwzględnieniem wytrzymałości udarowej urządzeń chronionych i założonej kategorii przepięć stosownej do miejsca. Częściowym rozwiązaniem powyższych problemów jest zastosowanie ograniczników kombinowanych składających się z iskiernika i warystora. Niemniej jednak zawsze należy mieć na uwadze wytrzymałość udarową i napięciowy poziom ochrony ogranicznika.



Rys. 2. Błędne oznaczenie rodzaju ogranicznika przepięć fot. J. Wiater

Prawidłowe oznaczenia ograniczników przepięć

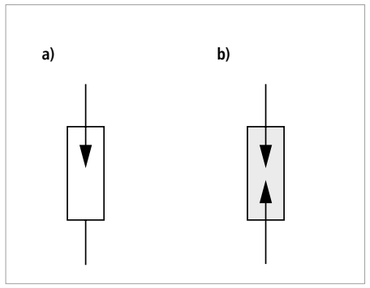
W powszechnym użyciu w Polsce są następujące oznaczenia: ogranicznik typu T1, T1+T2, T3. Z punktu widzenia normy PN-EN 61643-11 [1,2] niedefiniowane są takie typy ograniczników. Wyraźnie czytamy w normie, iż wyróżnia się ograniczniki typu ucinającego napięcie, ograniczającego napięcie i kombinowane. Oznaczenia T1, T2, T3 odnoszą się do klasy probierczej – cytat z normy *„5.3 Class I, II and III test"* [1]. Podczas tej dyskusji należy odnotować, iż w polskim systemie prawnym najnowsza norma PN-EN 61643-11:2013 [2], która nie została przetłumaczona na język polski, nie może być przywołana w rozporządzeniu, jak i innym akcie prawnym. Z punktu widzenia oznaczeń i typów ograniczników przepięć stara norma PN-EN 61643-11:2006 [1], jak i nowa PN-EN 61643-11:2013 [2] w taki sam sposób określa omawiane wymagania.

Dyskusyjną sprawą jest też używanie oznaczeń T1+T2. W punkcie 6.1.1 (f) normy [1] i punkcie 7.1.1 (a4) normy [2] mowa jest o wymaganych oznaczeniach ograniczników. W obu normach do określenia rodzaju ogranicznika użyto liczby pojedynczej, stąd też należy wyciągnąć wniosek, iż dopuszcza się umieszczenie oznaczenia tylko jednego rodzaju klasy probierczej. Oczywiście w punkcie 7.1.1 (a8) normy czytamy [2], iż ogranicznik może być sklasyfikowany do więcej niż jednej klasy probierczej. W takim wypadku wymaga się prowadzenia badań dla dwóch deklarowanych klas i wówczas podaje się tylko jeden najwyższy deklarowany przez producenta poziom ochrony (wybrany z szeregu opisanego w normie [1, 2]). Powyższe stwierdzenie z normy jest zgodne z logiką – jeśli ogranicznik przechodzi najbardziej wymagające badania zdefiniowane dla klasy T1, to umieszczanie informacji o badaniach mniej wymagających klasy T2 jest zbyteczne. Sama procedura badawcza dla ograniczników klasy T1 z automatu wymusza badania kondycjonujące tożsame z badaniami klasy T2 zarówno w wersji normy z 2006, jak i z 2013 roku. Powszechnie przyjętą praktyką jest podawanie na ograniczniku przepięć deklarowanej wytrzymałości udarowej ogranicznika dla wszystkich klas probierczych. Niemniej jednak taka praktyka nie ma odzwierciedlenia w normach [1, 2].

Zupełnym nieporozumieniem i jednocześnie błędem jest używanie ograniczników tzw. „B+C". Zgodnie z normą PN-EN 61643-11 [1, 2] takie urządzenie zupełnie nie istnieje. Dobór takiego ogranicznika („B+C") jest tożsamy z powołaniem się na normę niemiecką E DIN VDE 0675-6 [3] nieobowiązującą od 2004 roku. W kwestiach spornych, np. przed sądem, same oznaczenie dyskwalifikuje ogranicznik przepięć. Dyskutować można o tym, czy spełnia deklarowane parametry, czy nie. Niemniej jednak z punktu widzenia prawnika taki ogranicznik nie spełnia wymagań opisanych w punkcie 7.1.1 normy i dyskusji dalszej nie ma. Problemy z ogranicznikami nabierają coraz większego znaczenia w przypadku, kiedy ubezpieczyciel odmówi wypłaty odszkodowania. Każdy powód jest dobry, aby zwiększyć zysk, w szczególności kiedy 28% strat w urządzeniach elektronicznych powodowanych jest przez przepięcia **(rys. 1.)**.

Stosując w projektach oznaczenia „B+C" narażamy się również na zarzut: *„projekt został wykonany metodą kopiuj-wklej"*. W Polskiej rzeczywistości nagminnie spotyka się tego rodzaju działania wynikające z braku dostatecznej wiedzy, braku wyobraźni, jak i zwykłego lenistwa. Oznaczenia klas ograniczników B, C, D zostały wycofane 1 października 2004 roku. Naganne ze strony dystrybutorów ograniczników przepięć jest oferowanie produktów błędnie oznaczonych, które kultywują błędne przekonanie, że wszystko jest dobrze. Wspiera się w ten sposób naganne postępowanie projektantów i wykonawców, którzy winni wykonywać swoją pracę zgodnie ze sztuką, a nie kopiować projekty bez zastanowienia, lekko je tylko modyfikując.

Należy również odnotować, iż producenci ograniczników typu „B+C", T1+T2 tnąc koszty zamiast układów dwustopniowych stosują układ jednostopniowy, składający się tylko z elementu ograniczającego napięcie (warystora). Parametry zaś przez nich deklarowane odpowiadają układom kombinowanym, które powinny być zbudowane na podstawie iskiernika i warystora. Należy w tym momencie postawić pytanie: czy postęp technologiczny poszedł tak daleko, że układ dwustopniowy można zastąpić



Rys. 3. Ogólny symbol graficzny ogranicznika przepięć **(a)** i ogranicznika przepięć typu ucinającego (iskiernikowego) **(b)** fot. J. Wiater

jednostopniowym? Nie. Więc dlaczego tak się robi? Odpowiedź jest prosta: zysk finansowy. Iskiernik jest drogi z punktu widzenia produkcji. Nie można go wykonać ze zwykłej stali. Najczęściej stosuje się do jego budowy stop wolframu z miedzią. Więc po co je stosować, jak i tak zwykły wykonawca nie potrafi ich od siebie odróżnić?

Prawidłowe oznaczenia powinny być następujące: ogranicznik przepięć klasy T1, T2 lub T3.

Błędy projektowe

Podczas projektowania i wykonywania cały czas trzeba mieć na uwadze, że instalacja elektryczna powinna zapewniać bezproblemowe działanie urządzeń przez długi czas. Niestety tak nie jest z wielu przyczyn.

Największym problemem są poruszone wcześniej projekty wykonane metodą kopiuj-wklej. Na **rysunku 2.** przedstawiono zdjęcie pokazujące problem. Inwestycja, z której pochodzi zdjęcie, została zrealizowana niedawno i jest użytkowana. Sam zwrot „ochronnik przepięciowy" w świetle normy PN-EN 61643-11 nie istnieje. Klasa B+C również. Projektant słyszał, że coś się zmieniło, więc na wszelki wypadek dodał „typu 2". Poniżej wpisał, tak aby nie było wątpliwości, konkretny typ. Zastanawiające jest, jak to się stało, że w całym procesie inwestycyjnym nikt nie zauważył tego błędu.

Kolejnym problemem, który bardzo często się spotyka w Polsce, jest zamienianie ograniczników przepięć przez wykonawców na tańsze odpowiedniki. Z punktu widzenia ochrony przepięciowej wymaga się, aby ogranicznik przepięć na wejściu do budynku (na granicy strefy LPZ0 i LPZ1) zdolny był do odprowadzenia prądu doziemnego wyładowania piorunowego. W tym celu powinny być stosowane ograniczniki przepięć typu iskiernikowego oznaczone klasą T1 i dobrane na prąd o kształcie 10/350 µs. Powszechnie zamiast nich stosuje się ograniczniki typu T1+T2 zbudowane w oparciu o warystor. Same oznaczenie T1+T2 sugeruje wykonawcy typ kombinowany (tj. ogranicznik składający się z iskiernika i warystora) – ale fizycznie go tam nie ma (wystarczy sprawdzić kartę katalogową). Problem wynika bezpośrednio z błędnego rozumienia zapisu typ i klasa ogranicznika. Niby wszystko jest dobrze bo przecież parametry znamionowe się zgadzają, ale tak nie jest. Wykonawca kupuje odpowiednik i jest zadowolony z oszczędności. Pojawia się kolejne „ale". Warystor umieszczony w obudowie o szerokości jednego modułu nie jest w stanie odprowadzić takiego prądu piorunowego jak iskiernik o tej samej wielkości. Powyższy problem potęguje fakt, iż część ograniczników typu kombinowanego w Polsce nie spełnia deklarowanych przez producentów/dystrybutorów parametrów. Użytkownik końcowy jest w tym momencie bezbronny i narażony na dalekosiężne skutki, np. uszkodzenia coraz bardziej wrażliwego na przepięcia sprzętu elektronicznego, brak możliwości uzyskania odszkodowania od ubezpieczyciela itp. Bardzo często wykonawcy twierdzą, że taki „dobry" ogranicznik więcej kosztuje – ale nikt nie każe wszędzie w obiekcie ich instalować, co zresztą byłoby błędem. Inwestorzy w większości przypadków nie są informowani o fakcie zamiany lub stosowania najtańszych, niespełniających norm urządzeń do ograniczania przepięć. Pocieszające jest, iż Urząd Ochrony Konkurencji i Konsumentów (UOKiK) w rejestrze produktów niebezpiecznych zaczął umieszczać wadliwe ograniczniki przepięć. Problem zamiany wynika również z podobieństwa graficznego symboli elektrycznych. Symbol ogranicznika przepięć i iskiernika są prawie identyczne **(rys. 3.)**. Łatwo je pomylić i zamienić w szczególności, gdy w hurtowniach elektrycznych pracują osoby bez odpowiedniego wykształcenia.

ABSTRACT

Class T1, T2, T3 surge protection devices – problems with proper marking

Most of surge protection devices used in Poland are not properly marked. Paper presents correct marking method for surge protection devices according with PN-EN 61643-11 standard. Errors in marking in many cases cause confusion in the selection, which translates into an increase danger of damage to the protected devices and installations.



Rys. 4. Częściowo spalona rozdzielnica w wyniku błędnego doboru ogranicznika przepięć: **a)** widok całości, **b)** widok po zdjęciu pokrywy fot. J. Wiater



Rys. 5. Częściowo spalony obiekt w wyniku błędnego doboru ogranicznika przepięć fot. J. Wiater

Straty powodowane błędnym doborem ograniczników przepięć

Błędny dobór ograniczników przepięć niejednokrotnie powoduje znaczne straty finansowe wynikające ze zniszczenia aparatury rozdzielczej, chronionych urządzeń, jak i kosztów przestojów. W niektórych przypadkach zwarcie następujące po uszkodzeniu ogranicznika powoduje pożar całej instalacji, a nawet budynku **(rys. 4.** i **5.)**.

Podsumowanie

Statystycznie rzecz ujmując, straty powodowane przez przepięcia z roku na rok rosną. Związane jest to z obniżaniem napięć znamionowych urządzeń, powszechnym stosowaniem układów cyfrowych, jak i z coraz większą jednostkową wartością sprzętu. Bardzo często pojawiają się twierdzenia „jestem ubezpieczony" od ewentualnych strat powodowanych przez przepięcia. Należy pamiętać, że z punktu widzenia ubezpieczycieli każda wypłata odszkodowania to strata. Wydaje się tylko kwestią czasu, kiedy zaczną się pojawiać problemy w tym segmencie rynku ubezpieczeniowego. W przypadku ograniczników przepięć należy tylko liczyć na to, iż ubezpieczyciel nie będzie „wnikał" i zapłaci za straty. W każdym innym przypadku błędne oznaczenie ogranicznika w świecie prawników jednoznacznie mówi – element niezgodny z normą. Warto się zastanowić nad tym problemem i zawczasu podjąć odpowiednie kroki.

Literatura

1. PN-EN 61643-11:2006 *Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i próby.*
2. PN-EN 61643-11:2013 *Niskonapięciowe urządzenia ograniczające przepięcia. Część 11: Urządzenia ograniczające przepięcia w sieciach elektroenergetycznych niskiego napięcia. Wymagania i metody badań.*
3. E DIN VDE 0675-6 1989-11 Überspannungsabieiter zur Verwendung in Wechselstromnetzen mit Nennspannungen zwischen 100 V und 1.000 V. Berlin, VDE Verlag GmbH
4. Dane pozyskane od firm ubezpieczeniowych – klauzula poufności.

REKLAMA

Dlaczego warto prenumerować elektro.info?

- 10 numerów w roku (numery łączone: 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.
Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupa MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K. w celu zamówienia prenumeraty. Przysługuje Pani/Panu prawo do wglądu do swoich danych, aktualizowania, poprawiania oraz całkowitego usunięcia ich, a także wniesienia sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny. Dane są chronione zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

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

Marcin Padjas – Gewiss Polska Sp. z o.o.

Projektowanie rozdzielnic nn – aparatura modułowa, obudowy i wykonanie

Dobra rozdzielnica niskiego napięcia nie zaczyna się od katalogu produktów, lecz od rozpoznania potrzeb instalacji. Trzeba określić sposób zasilania, charakter odbiorników, przewidywany prąd obciążenia i zwarcia, wymaganą ciągłość pracy, warunki środowiskowe oraz możliwość przyszłej rozbudowy. Dopiero wtedy można dobrać aparaturę, obudowę i układ wewnętrzny zestawu.

Bilans obciążenia i zwarcia

Prądu rozdzielnicy nie należy wyznaczać przez proste zsumowanie wartości wszystkich wyłączników odpływowych. Należy uwzględnić rzeczywiste moce odbiorników, współczynnik jednoczesności, prądy rozruchowe oraz rozłożenie obciążeń pomiędzy fazami. Warto też pozostawić rezerwę na nowe obwody, zaciski i przewody. Sama wolna szyna DIN nie wystarczy, jeśli po rozbudowie zostaną przekroczone dopuszczalne warunki cieplne.

Równie ważny jest przewidywany prąd zwarciowy. Zdolność wyłączania pojedynczego aparatu nie jest tym samym co wytrzymałość zwarciowa kompletnej rozdzielnicy. O bezpieczeństwie decyduje cały tor prądowy: aparat główny, szyny, połączenia i zabezpieczenia odpływowe. Projekt oraz weryfikację zestawu należy prowadzić zgodnie z właściwymi wymaganiami serii PN-EN IEC 61439.



Fot. 2. Wyłącznik różnicowoprądowy z zabezpieczeniem nadprądowym

Aparatura modułowa – najpierw funkcja

Dobór wyłącznika nadprądowego obejmuje nie tylko prąd znamionowy, ale również charakterystykę działania, liczbę biegunów i zdolność zwarciową. Dobrym przykładem skalowalnego portfolio jest seria GEWISS 90 MCB. Obejmuje ona kompaktowe aparaty MTC od 2 do 32 A, tradycyjne wyłączniki MT od 1 do 63 A oraz aparaty wysokowydajne MTHP od 20 do 125 A. W zależności od wykonania dostępne są charakterystyki B, C i D oraz zdolności zwarciowe do 25 kA. Kompaktowe wersje dwubiegunowe pozwalają dodatkowo ograniczyć zajmowaną przestrzeń w obudowie.

Podobnie jest z ochroną różnicowoprądową. Nie powinno się stosować jednego typu RCD do wszystkich odbiorników. Rodzaj aparatu należy dopasować do charakteru urządzeń, zwłaszcza gdy występują falowniki, zasilacze elektroniczne lub ładowarki. Dla większej ciągłości pracy warto dzielić instalację na kilka grup albo stosować RCBO dla poszczególnych obwodów. W ofercie 90 RCD znajdują się aparaty reagujące na różne rodzaje prądów różnicowych – od typu AC i A po typy F oraz B. Wybór musi wynikać z dokumentacji odbiornika i analizy instalacji

Ogranicznik przepięć powinien znaleźć się możliwie blisko aparatu głównego oraz szyn PE i N. Krótkie połączenia, właściwe dobezpieczenie i dostęp do wymiennych wkładek są równie ważne jak dobór typu SPD. Coraz częściej w rozdzielnicach przewiduje się również pomiar energii, analizę parametrów sieci i komunikację z systemem zarządzania budynkiem.

Obudowa dobrana do warunków

Stopień IP nie jest ogólną miarą jakości obudowy. Określa ochronę przed dostępem ciał stałych i wody, natomiast kod IK opisuje odporność na uderzenia mechaniczne. Przed wyborem trzeba przeanalizować miejsce montażu, obecność pyłu i wilgoci, temperaturę, ryzyko uszkodzeń oraz sposób wprowadzania przewodów.



Fot. 1. Wyłącznik nadprądowy

Zbyt niski stopień ochrony narazi aparaturę na wpływ środowiska, a zbyt wysoki IP, przyjęty „na zapas", może zwiększyć koszt i utrudnić odprowadzanie ciepła. Trzeba też pozostawić przestrzeń na promienie gięcia przewodów, otwieranie drzwi i bezpieczny serwis.

System obudów powinien odpowiadać poziomowi dystrybucji energii. Rozdzielnice CVX są przeznaczone do zestawów do 160 A: podtynkowa CVX 160 I mieści do 144 modułów, a natynkowa CVX 160 E z wyjmowaną ramą do 192 modułów. Dla większych instalacji rodzina QDX obejmuje rozdzielnice od 630 do 4000 A, w tym wykonania IP55 i różne formy separacji wewnętrznej. Modułowa konstrukcja, zdejmowane panele oraz szybki montaż szyn ułatwiają okablowanie i konserwację.



Fot. 3. Rozdzielnica CVX 160 E

Wykonanie i kontrola

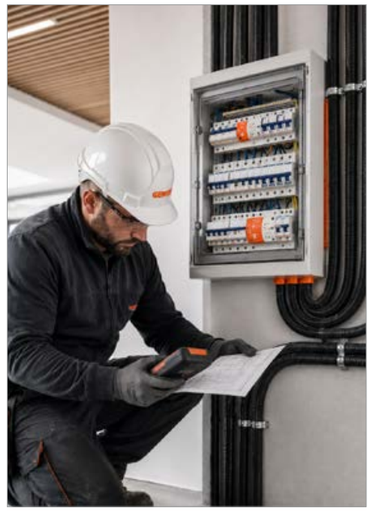
Poprawny schemat musi dać się wygodnie zrealizować w obudowie. Aparaty należy rozmieścić zgodnie z kierunkiem przepływu energii, oddzielić obwody mocy od sterowania i komunikacji oraz zapewnić dostęp do zacisków. Urządzeń generujących dużo ciepła nie powinno się skupiać w jednym miejscu ani montować pod elementami wrażliwymi na temperaturę.

Podczas wykonania trzeba przestrzegać momentów dokręcania, dopuszczalnych przekrojów przewodów, promieni gięcia oraz zasad uziemiania części metalowych. Dodatkowe otwory i akcesoria spoza systemu mogą obniżyć deklarowany stopień ochrony.

Na zakończenie rozdzielnica powinna przejść kontrolę obejmującą oględziny, sprawdzenie połączeń ochronnych, okablowania, oznaczeń i działania aparatów. Niezbędne są także aktualny schemat, opis obwodów, nastawy zabezpieczeń i protokół badań. Dobra rozdzielnica jest nie tylko bezpieczna w dniu uruchomienia, ale również czytelna i łatwa w serwisowaniu po wielu latach.



Fot. 5. Rozdzielnica QDX



Fot. 4. Rozdzielnica, aparatura modułowa i peszle – kompleksowa oferta od marki GEWISS

Rozwiązania GEWISS

Szerokie portfolio aparatów modułowych i systemów obudów marki GEWISS pozwala tworzyć zestawy dopasowane zarówno do niewielkich instalacji, jak i rozbudowanych systemów dystrybucji energii, zapewniając bezpieczeństwo, oszczędność przestrzeni oraz wygodę montażu i serwisowania. Spójność elementów pochodzących od jednego producenta ułatwia projektowanie i wykonanie rozdzielnicy, a jednocześnie zwiększa przewidywalność jej działania podczas wieloletniej eksploatacji. Europejska produkcja, doświadczenie marki oraz coraz szersza dostępność produktów GEWISS w Polsce sprawiają, że rozwiązania te stanowią praktyczną alternatywę dla inwestycji, w których równie istotne jak koszt są jakość, niezawodność i możliwość dalszego rozwoju instalacji.

GEWISS

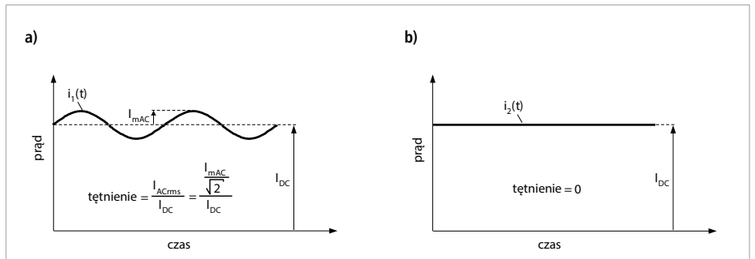
GEWISS Polska Sp. z o.o.
00-867 Warszawa, ul. Chłodna 51
tel. 22 299 44 42
gewiss-pl@gewiss.com
www.gewiss.com

prof. dr hab. inż. Stanisław Czapp – Politechnika Gdańska

Ochrona przeciwporażeniowa i działanie wyłączników różnicowoprądowych w instalacjach prądu stałego

Obwody prądu stałego w instalacji niskiego napięcia do niedawna stanowiły niemal wyłącznie końcowe jej odcinki pomiędzy prostownikiem a odbiornikiem. W ostatnich latach zauważa się jednak wykorzystanie na szerszą skalę odnawialnych źródeł energii, w szczególności fotowoltaicznych, a to przyczynia się do większego zainteresowania instalacjami prądu stałego, również w kontekście rozdziału energii. Instalacje DC w budynkach ułatwiają integrację odnawialnych źródeł i magazynów energii oraz mogą służyć do bezpośredniego zasilania oświetlenia LED, urządzeń wentylacji i klimatyzacji, a także stacji ładowania pojazdów elektrycznych [1, 2, 3]. Dzięki temu unika się wielokrotnej transformacji energii DC/AC, AC/DC, co może ograniczyć jej straty.

W literaturze związanej z ochroną przeciwporażeniową obwodom prądu stałego poświęcono dotychczas stosunkowo mało uwagi. Wydaje się więc zasadne ten temat poruszyć, tym bardziej że prądy jednokierunkowe mogą mieć rozmaite kształty, a kształt prądu wpływa na skutki rażenia. Poza tym kwestią wielce kłopotliwą jest dobór zabezpieczeń różnicowoprądowych do obwodów, w których występują przekształtniki AC/DC. W tym kontekście należy w szczególności wymienić obwody przeznaczone do ładowania pojazdów elektrycznych. Podkreślenia wymaga też fakt, że w normalizacji międzynarodowej relatywnie niedawno pojawiły się zabezpieczenia różnicowoprądowe przeznaczone do niskonapięciowych instalacji prądu stałego [4, 5]. W dalszej części opracowania omówiono najistotniejsze zagadnienia związane z ochroną przeciwporażeniową w obwodach prądu stałego i problematykę stosowania zabezpieczeń/wyłączników różnicowoprądowych w takich obwodach [6].



Rys. 1. Przebieg prądu jednokierunkowego i(t) o tętnieniu: **a)** około 10%, **b)** równym 0, gdzie: I_{DC} – składowa stała, I_{ACrms} – wartość skuteczna składowej sinusoidalnej, I_{mAC} – wartość szczytowa składowej sinusoidalnej
rys. S. Czapp

Skutki rażenia prądem stałym

Analizując skutki rażenia prądem stałym, należy określić, czy przez człowieka płynie prąd jednokierunkowy o pomijalnym tętnieniu, czy tętnienie prądu jest znaczne – i jaki jest czas jego przepływu. Dokument [7] opisujący wpływ prądu rażeniowego na ludzi i zwierzęta gospodarskie zaznacza, że rozważania dotyczą prądu jednokierunkowego o tętnieniu nie większym niż 10%. Na **rysunku 1.** przedstawiono przebiegi prądu spełniające to kryterium.

W przypadku prądu rażeniowego stałego, podobnie jak w przypadku prądu przemiennego, dokument [7] wyróżnia charakterystyczne obszary związane z oddziaływaniem prądu na człowieka. Na **rysunku 2.** przedstawiono linie graniczne wydzielające te obszary, natomiast w **tabeli 1.** zawarto ich opis.

Podczas rażenia prądem stałym duże znaczenie ma szybkość przyrostu wartości prądu (powolne zwiększanie/zmniejszanie wartości prądu czy nagła jego zmiana). Przy powolnym zwiększaniu prądu stałego od zera może być on niewyczuwalny, podczas gdy nagła zmiana wartości wywoła ukłucie. Jest to związane z pobudliwością mięśni szkieletowych. Z tych względów mrowienie lub kłucie występuje zwykle przy prądzie przemiennym, nawet przy powolnym zwiększaniu wartości skutecznej. W przypadku prądu stałego znaczenie ma też kierunek przepływu prądu. Jeżeli kierunek ten jest od stóp do rąk (prąd wstępujący), to jest groźniej niż przy prądzie płynącym od rąk do stóp (prąd zstępujący).

Warto podkreślić, że przy prądzie stałym o pomijalnym tętnieniu nie mówi się o granicy samouwolnienia, ponieważ taki prąd nie wywołuje skurczu mięśni zginających palce (skurcz ten występuje przy prądzie przemiennym) [9, 10].

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono skutki przepływu przez ciało człowieka prądu stałego o pomijalnym tętnieniu oraz podano zasady oceny zagrożenia porażeniowego przy prądach jednokierunkowych tętniących o wybranych kształtach. Zaprezentowano przykładowe układy sieci niskiego napięcia (TN, TT, IT) w przypadku stałoprądowych źródeł energii, a także przytoczono środki ochrony przeciwporażeniowej. Poruszono problematykę stosowania wyłączników różnicowoprądowych w obwodach prądu stałego i zamieszczono wyniki badań tych zabezpieczeń przy prądach różnicowych zawierających składową stałą.
Słowa kluczowe: instalacje niskiego napięcia, systemy prądu stałego, ochrona przeciwporażeniowa, wyłączniki różnicowoprądowe.

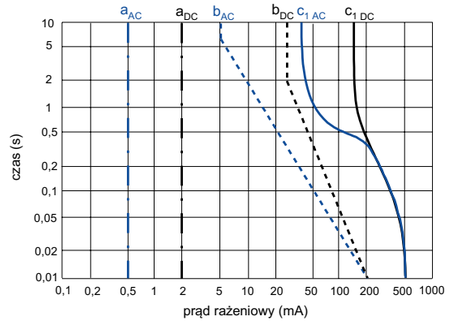
Z porównania linii granicznych a_{AC}, b_{AC}, c_{1AC} z odpowiednimi liniami a_{DC}, b_{DC}, c_{1DC} wynika, że przy dłuższych czasach rażenia linie dotyczące prądu stałego (indeks dolny DC) są usytuowane na prawo od linii dla prądu przemiennego. Jeżeli rozpatrywać linie c_{1AC} oraz c_{1DC} (**rys. 2.**), które w uproszczeniu można utożsamiać z progiem migotania komór serca, to widać, że przy prądzie AC dla długich czasów linia ta przebiega w okolicy wartości 30 mA, a przy prądzie DC – aż około 150 mA. Prąd stały jest więc mniej groźny od prądu przemiennego. Ten wniosek dotyczący progu migotania komór serca nie odnosi się jednak do stosunkowo krótkich czasów rażenia. Dla czasów rażenia 0,2 s i krótszych przyjmuje się, że próg ten w przybliżeniu jest jednakowy dla rażenia prądem DC i AC (w przypadku prądu AC operuje się wartością skuteczną).

Wartość prądu rażeniowego zależy m.in. od impedancji ciała człowieka, którą można przedstawić w postaci modelu z **rysunku 3.** W miejscach styczności ciała z elektrodą (w miejscach, w których prąd wpływa i wypływa) wyróżnia się składową rezystancyjną i składową pojemnościową, natomiast wnętrze ciała to praktycznie rezystancja (elementy narysowane linią przerywaną pomija się).

Zarówno rezystancja R_{cz} przy prądzie stałym, jak i impedancja Z_{cz} przy prądzie przemiennym zależą od wartości napięcia dotykowego (**rys. 4.**). Przy napięciach dotykowych do około 150 V rezystancja R_{cz} (linia DC z **rys. 4.**) przyjmuje wartości większe niż impedancja Z_{cz} (linia AC z **rys. 4.**) w wyniku blokującego działania pojemności skóry. Powyżej tego napięcia dochodzi do przebicia naskórka i dla danej wartości napięcia dotykowego zachodzi równość $R_{cz} = Z_{cz}$.

Po nagłym przyłożeniu napięcia stałego zauważa się początkowy pik prądu rażeniowego (**rys. 5.**), ponieważ pojemność związana ze skórą nie jest naładowana. Podobny pik pojawia się też po przyłożeniu napięcia przemiennego [7, 10, 11]. Tuż po przyłożeniu napięcia DC 200 V (**rys. 5.**) prąd osiąga wartość szczytową 301 mA i po około 1–2 ms ustala się na poziomie 119 mA [7]. Na podstawie tej wartości szczytowej można wyliczyć rezystancję początkową ciała (200 V/0,301 A = 664 Ω), którą stanowi rezystancja wnętrza ciała, natomiast w stanie ustalonym rezystancja całkowita ciała to 1681 Ω.

Jeżeli przyjrzeć się przebiegowi prądu z **rysunku 5.**, to widać, że następuje znaczna zmiana jego wartości tuż po załączeniu napięcia oraz po odłączeniu napięcia. Cały cykl trwa 20 ms

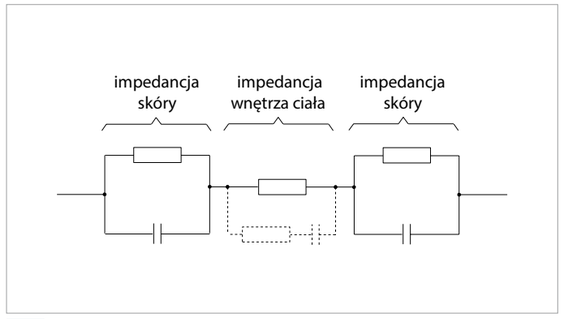


Rys. 2. Linie graniczne oddziaływania prądu rażeniowego stałego (DC) i przemiennego (AC) na człowieka – wyjaśnienia w **tabeli 1.** Opracowanie własne na podstawie [7, 8]

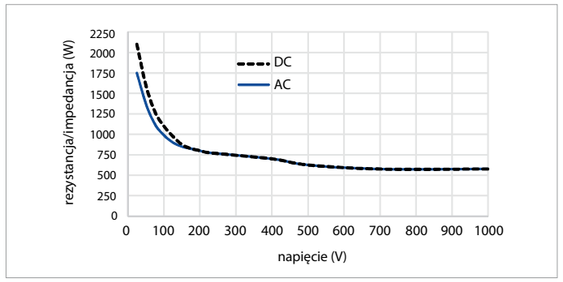
Obszar z rysunku 2.		Skutki fizjologiczne
Na lewo od linii:	a_{AC}	Zwykle brak reakcji
	a_{DC}	Zwykle brak reakcji. Możliwe lekkie ukłucie przy załączaniu/wyłączaniu prądu
Pomiędzy liniami:	$a_{AC} – b_{AC}$	Zwykle brak szkodliwych skutków fizjologicznych. Przepływ prądu wyczuwalny (mrowienie/kłucie)
	$a_{DC} – b_{DC}$	Zwykle brak szkodliwych skutków fizjologicznych. Przepływ prądu wyczuwalny przy szybkiej jego zmianie (np. załączanie/wyłączanie)
	$b_{AC} – c_{1AC}$	Zwykle brak uszkodzeń organicznych (somatycznych). Prawdopodobieństwo pojawienia się skurczu mięśni i trudności przy oddychaniu. Odwracalne zakłócenia pracy serca. Możliwe przejściowe zatrzymanie akcji serca
	$b_{DC} – c_{1DC}$	Zwykle brak uszkodzeń organicznych (somatycznych). Możliwe skurcze mięśni (przy szybkiej zmianie wartości prądu). Odwracalne zaburzenia w powstawaniu i przewodzeniu impulsów w sercu, nasilające się wraz ze wzrastającą wartością prądu i czasem jego przepływu.
Na prawo od linii:	c_{1AC}	Wzrastające niebezpieczeństwo skutków patofizjologicznych, takich jak: zatrzymanie pracy serca, zatrzymanie oddychania, migotanie komór serca, poważne oparzenia
	c_{1DC}	

Uwagi:
Indeks dolny „DC" – skutki dla prądu stałego wstępującego (kierunek przepływu od stóp do rąk) o pomijalnym tętnieniu; prąd zstępujący (kierunek przepływu od rąk do stóp) jest mniej groźny
Indeks dolny „AC" – skutki dla prądu sinusoidalnego o częstotliwości z zakresu 15–100 Hz

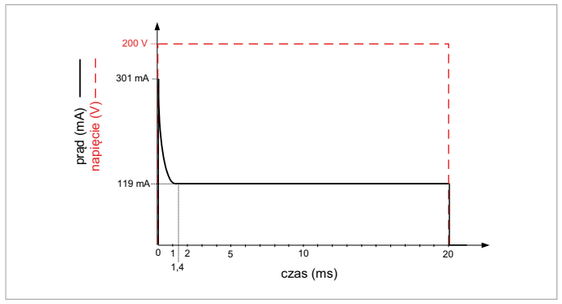
Tab. 1. Opis oddziaływania prądu rażeniowego na człowieka; rażenie na drodze: lewa ręka – stopy. Opracowanie własne na podstawie [7]



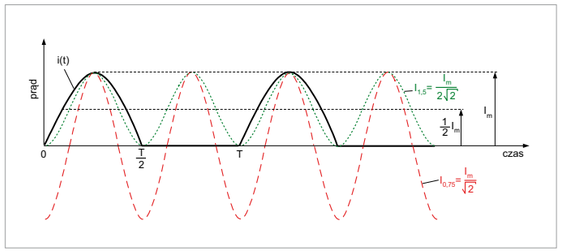
Rys. 3. Model impedancji (rezystancji) ciała człowieka. Opracowanie własne na podstawie [6, 7]



Rys. 4. Zależność od przyłożonego napięcia rezystancji R_{cz} (linia DC) i impedancji Z_{cz} (linia AC) ciała człowieka na drodze ręka – ręka. Warunki suche, duża powierzchnia styczności elektrod z ciałem, kwantyl 5% (tylko 5% populacji ma rezystancję/impedancję mniejszą). Opracowanie własne na podstawie [7]



Rys. 5. Przepływ prądu rażeniowego (linia czarna/ciągła) po przyłożeniu napięcia DC o wartości 200 V (linia czerwona/przerywana). Droga rażenia: ręka – ręka, warunki suche, duża powierzchnia styczności elektrod z ciałem człowieka. Opracowanie własne na podstawie [7]



Rys. 6. Wyznaczanie prądu zastępczego wywołującego migotanie komór serca w przypadku, gdy nastąpiło rażenie prądem jednokierunkowym półfalowym i(t), gdzie: **T** – okres prądu sinusoidalnego (przed wyprostowaniem), I_m – wartość szczytowa prądu sinusoidalnego/prądu półfalowego, $I_{1,5}$ – prąd zastępczy w przypadku rażenia dłuższego niż 1,5 cyklu pracy serca, $I_{0,75}$ – prąd zastępczy w przypadku rażenia krótszego niż 0,75 cyklu pracy serca. Opracowanie własne na podstawie [12]

i jest to tyle samo, co okres prądu przemiennego przy 50 Hz. Duża zmienność prądu w tak krótkim czasie (**rys. 5.**) uzasadnia wyżej wysunięty wniosek, że z punktu widzenia zagrożenia migotaniem komór serca nie ma znaczenia, czy rażenie nastąpiło prądem przemiennym o częstotliwości 50 Hz, czy prądem jednokierunkowym o krótkim czasie przepływu.

Do zagrożenia migotaniem komór serca inaczej się też podchodzi przy prądach jednokierunkowych o dużym tętnieniu, jak np. w przypadku prądu półfalowego (**rys. 6.**). Zgodnie z dokumentem [12], z punktu widzenia zagrożenia migotaniem komór serca należy wyznaczyć sinusoidalny prąd zastępczy, który wywoła identyczne skutki, co prąd rzeczywiście płynący.

Sposób wyznaczania tego zastępczego prądu zależy od czasu trwania rażenia w stosunku do czasu cyklu pracy serca. Przy tętnie 90/min czas cyklu pracy serca to 0,75 s. Jeżeli rażenie trwa dłużej niż 1,5 cyklu pracy serca, to wartość sinusoidalnego prądu zastępczego wynosi:

$$I_{1,5} = I_m / \left(2 \cdot \sqrt{2}\right) \quad (1)$$

gdzie:
I_m – wartość szczytowa prądu półfalowego,
natomiast dla rażenia trwającego krócej niż 0,75 cyklu pracy serca prąd zastępczy liczy się następująco:

$$I_{0,75} = I_m / \sqrt{2} \quad (2)$$

W przypadku innych prądów jednokierunkowych o znacznej zmienności w stosunkowo krótkim czasie (np. prądów o sterowaniu fazowym lub związanych z rozładowaniem kondensatów), do oceny ich wpływu na człowieka również należy stosować wskazówki zawarte w [12].

Jeżeli chodzi o skutki cieplne, to dla prądu rażeniowego stałego są one podobne jak dla prądu przemiennego o równoważnej wartości skutecznej.

Układy sieci i środki ochrony przeciwporażeniowej

Podział układów sieci niskiego napięcia na TN, TT oraz IT obowiązuje również w przypadku systemów prądu stałego. Na **rysunku 7.** przedstawiono, na podstawie zasad zawartych w normie [13], przykładowe schematy układów sieci.

Ze względu na narażenia na korozję elektrochemiczną uziomów (również innych elementów/konstrukcji metalowych) zaleca się wybór układu sieci, w którym prąd roboczy i ziemnozwarciowy płynie wyłącznie przewodami. Z tego punktu widzenia korzystny jest układ TN-S (**rys. 7a**) oraz układ IT z uziemieniem zbiorowym (**rys. 7d**). W takim układzie IT wszystkie części przewodzące dostępne i części przewodzące obce są przyłączone do wspólnego przewodu ochronnego. W razie podwójnego zwarcia z ziemią prąd ziemnozwarciowy płynie w pętli metalicznej utworzonej przez przewody.

W odniesieniu do środków ochrony przeciwporażeniowej teoretycznie można stosować wszystkie dopuszczalne też w systemach prądu przemiennego. Teoretycznie, ponieważ niektóre z nich mogą być trudne w realizacji i raczej się ich nie wykorzystuje (np. separacja elektryczna). Środki ochrony przeciwporażeniowej, zgodnie z normą [14], wyszczególniono poniżej.

Ochrona podstawowa (ochrona przed dotykiem bezpośrednim)
- izolacja podstawowa,
- przegrody lub obudowy,
- przeszkody,
- umieszczenie poza zasięgiem ręki.

Ochrona przy uszkodzeniu (ochrona dodatkowa, ochrona przy dotyku pośrednim)
- samoczynne wyłączanie zasilania,
- izolacja podwójna lub wzmocniona,
- separacja elektryczna,
- izolowanie stanowiska,
- bardzo niskie napięcie SELV lub PELV,
- nieuziemione połączenia wyrównawcze miejscowe (w praktyce jest to środek wspomagający separację elektryczną więcej niż jednego odbiornika).

Ochrona uzupełniająca
- zabezpieczenia różnicowoprądowe wysokoczułe,
- połączenia wyrównawcze (miejscowe).

W obwodach DC istotną różnicą w porównaniu do obwodów AC jest znacznie wyższy poziom napięcia, który można stosować w przypadku układów SELV lub PELV. W zależności od warunków środowiskowych są to następujące wartości napięć DC: 30, 60 i 120 V. Dla obwodów AC są to wartości odpowiednio: 12, 25 i 50 V. Tym samym w obwodach DC można stosować wyższe wartości napięć dotykowych dopuszczalnych długotrwale, co widać też w warunku dotyczącym rezystancji połączeń wyrównawczych zawartym w normie PN-HD 60364-4-41 [14]. Zgodnie z wymaganiami tej normy, rezystancja przewodów połączenia wyrównawczego R_{pw} pomiędzy częściami jednocześnie dostępnymi nie powinna przekraczać wartości:
- w obwodach AC:

$$R_{pw} \le \frac{50\ V}{I_a} \quad (3)$$

- w obwodach DC:

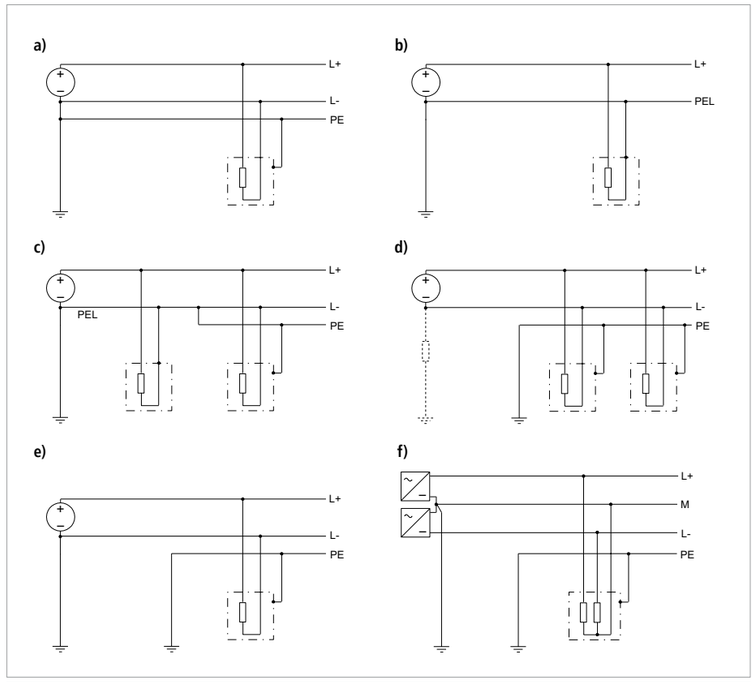
$$R_{pw} \le \frac{120\ V}{I_a} \quad (4)$$

gdzie I_a jest prądem wyłączającym zabezpieczenia (dla zabezpieczeń nadprądowych w czasie do 5 s).

ABSTRACT

Protection against electric shock and operation of residual current devices in low-voltage DC systems
The effects of smooth direct current (DC) flow through the human body are discussed, and principles for assessing the risk of electric shock from unidirectional pulsating currents of selected shapes are described. Examples of low-voltage network systems (TN, TT, IT) for DC power sources are presented, and protective measures against electric shock are listed. The issue of using residual current devices in DC circuits is discussed, along with test results of these devices for residual currents containing a DC component.
Keywords: low-voltage installations, DC systems, protection against electric shock, residual current devices.

Artykuł w formie referatu był prezentowany na XXV Konferencji Naukowo-Technicznej „Bezpieczeństwo Elektryczne" – ELSAF 2025, Karpacz, 23–26.09.2025. Dane bibliograficzne w [6].



Rys. 7. Układy sieci niskiego napięcia o źródle prądu stałego: **a)** TN-S, **b)** TN-C, **c)** TN-C-S, **d)** IT, **e)** TT, **f)** TT z przewodem środkowym, gdzie: **L-**, **L+** – przewody liniowe, **PE** – przewód ochronny, **PEL** – przewód ochronno-liniowy, **M** – przewód środkowy rys. S. Czapp

Literatura

1. F. Zhang, Ch. Meng, Y. Yang, Ch. Sun, Ch. Ji, Y. Chen, W. Wei, H. Qiu, G. Yang, Advantages and challenges of DC microgrid for commercial building – A case study from Xiamen university DC microgrid. IEEE First International Conference on DC Microgrids (ICDCM), Atlanta, USA, 2015.
2. R. Weiss, L. Ott, U. Boeke, Energy efficient low-voltage DC-grids for commercial buildings. IEEE First International Conference on DC Microgrids (ICDCM), Atlanta, USA, 2015.
3. Ł. Mazur, S. Cieślik, S. Czapp, Trends in Locally Balanced Energy Systems without the Use of Fossil Fuels: A Review, Energies, 2023, vol. 16, iss. 12 (4551).
4. IEC 60755-1:2022-10 *General safety requirements for residual current operated protected devices. Part 1: Residual current operated protective devices for DC systems.*
5. IEC TS 63053:2017-06 *General requirements for residual current operated protective devices for DC systems.*
6. S. Czapp, Zasady ochrony przeciwporażeniowej i działanie wyłączników różnicowoprądowych w niskonapięciowych instalacjach prądu stałego, XXV Konferencja Naukowo-Techniczna „Bezpieczeństwo Elektryczne ELSAF 2025" i XV Szkoła Ochrony Przeciwporażeniowej, Karpacz, 23-26.09.2025, s. 231-246.
7. IEC TS 60479-1:2016-07 *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects.*
8. IEC TR 60479-5:2007 *Effects of current on human beings and livestock. Part 5: Touch voltage threshold values for physiological effects.*
9. E. Matula, M. Sych, Zapobieganie porażeniom elektrycznym w przemyśle, WNT, Warszawa 1980.
10. E. Musiał, Ochrona przeciwporażeniowa w obwodach prądu stałego, www.edwardmusial.info [dostęp: 24.04.2025].
11. G. Biegelmeier, Wirkungen des elektrischen Stroms auf Menschen und Nutziere, VDE-Verlag, Berlin und Offenbach, 1986.
12. IEC 60479-2:2019 *Effects of current on human beings and livestock. Part 2: Special aspects.*
13. PN-HD 60364-1:2010 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 1: Wymagania podstawowe, ustalanie ogólnych charakterystyk, definicje.*
14. PN-HD 60364-4-41:2017-09 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*
15. S. Czapp, Ochrona przeciwporażeniowa w sieciach i instalacjach niskiego napięcia, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2023.
16. PN-EN 61008-1:2013-05 (wersja angielska) *Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB). Część 1: Postanowienia ogólne.*
17. PN-EN 62423:2013-06 (wersja polska) *Wyłączniki różnicowoprądowe typu F i typu B z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym i bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego.*
18. PN-HD 60364-5-53:2022-10 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza.*
19. PN-HD 60364-7-722:2019-01 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-722: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Zasilanie pojazdów elektrycznych.*
20. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego (Dz.U. z 2019, poz. 1316).
21. IEC 62196 *Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets. Conductive charging of electric vehicles* (norma wieloarkuszowa).
22. IEC 62955:2018-03 *Residual direct current detecting device (RDC-DD) to be used for mode 3 charging of electric vehicles.*
23. S. Czapp, Requirements for residual current devices intended for electric vehicle charging system, Automatyka Elektryka Zakłócenia, 2023, vol. 14, nr 4 (54), s. 10–20.

dr hab. inż. Stanisław Czapp, prof. PG – Politechnika Gdańska

Zasady projektowania ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach niskiego napięcia z fotowoltaicznymi źródłami energii

Podstawowe zasady ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach niskiego napięcia są podane w normach PN-EN 61140:2016-07 [1] oraz PN-HD 60364-4-41:2017-09 [2]. Zgodnie z normą [1] części czynne niebezpieczne nie powinny być dostępne, a części przewodzące dostępne nie powinny być niebezpieczne:

- w warunkach normalnych (w braku uszkodzenia),
- w przypadku pojedynczego uszkodzenia.

Ochrona w warunkach normalnych jest zapewniona przez zastosowanie środków ochrony podstawowej (ochrony przed dotykiem bezpośrednim), a w przypadku pojedynczego uszkodzenia należy stosować ochronę przy uszkodzeniu (ochronę przy dotyku pośrednim, ochronę dodatkową).

Według normy PN-HD 60364-4-41:2017-09 [2] wyróżnia się następujące środki ochrony przeciwporażeniowej podstawowej:

- izolację podstawową,
- osłony/przegrody lub obudowy,
- przeszkody,
- umieszczenie poza zasięgiem ręki.

W odniesieniu do ochrony przy uszkodzeniu (ochrony przy dotyku pośrednim, ochrony dodatkowej) wyróżnia się środki takie jak:

- samoczynne wyłączanie zasilania,
- izolacja ochronna (izolacja podwójna, izolacja wzmocniona lub ochronna osłona izolacyjna),
- separacja elektryczna,
- izolowanie stanowiska,
- bardzo niskie napięcie ze źródła bezpiecznego (SELV, PELV).

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono podstawowe zasady ochrony przeciwporażeniowej, które należy uwzględnić przy projektowaniu instalacji niskiego napięcia zawierających fotowoltaiczne źródła energii. Wymieniono środki ochrony przeciwporażeniowej, które są dopuszczalne w takich instalacjach. Zwrócono uwagę na problemy stosowania w nich wyłączników różnicowoprądowych.

Słowa kluczowe: instalacje niskiego napięcia, systemy fotowoltaiczne, ochrona przeciwporażeniowa.

Norma [2] przewiduje jeszcze jedną grupę środków – ochronę przeciwporażeniową uzupełniającą. Są to środki techniczne chroniące przed porażeniem, kiedy ochrona podstawowa zawodzi lub zostaje ominięta (np. dotyk bezpośredni przewodu liniowego), a ochrona przy uszkodzeniu nie zapobiega rażeniu. W ramach tej grupy stosuje się:

- wyłączniki różnicowoprądowe wysokoczułe ($I_{\Delta n} \leq 30$ mA),
- połączenia wyrównawcze.

Należy przy tym zaznaczyć, że norma [2] wyróżnia także nieuziemione połączenia wyrównawcze miejscowe, które mają zastosowanie np. w przypadku separacji elektrycznej więcej niż jednego odbiornika. Obudowy odbiorników separowanych łączy się za pośrednictwem tych połączeń wyrównawczych, dzięki czemu następuje wyrównanie potencjału między jednocześnie dostępnymi obudowami, a w razie zwarcia dwumiejscowego połączenia te umożliwiają przepływ prądu w pętli metalicznej i wyłączenie zasilania.

Instalacje fotowoltaiczne są zaliczane do instalacji specjalnych w rozumieniu normy wieloarkuszowej PN-HD 60364 i projektując je, w szczególności dobierając środki ochrony przeciwporażeniowej, należy uwzględnić postanowienia normy PN-HD 60364-7-712:2016-05 [3]. Zgodnie z tą normą, w instalacjach fotowoltaicznych nie wszystkie środki ochrony wymienione powyżej są dopuszczalne. Jeżeli źródła energii wchodzą w skład instalacji prosumenckiej, to wskazane jest stosować się również do postanowień normy PN-HD 60364-8-2:2019-01 [4].

W artykule przedstawiono podstawowe zasady ochrony przeciwporażeniowej, które należy brać pod uwagę projektując instalacje niskiego napięcia zawierające fotowoltaiczne źródła energii.

Środki ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach fotowoltaicznych

Specyfika instalacji fotowoltaicznych polega m.in. na tym, że zawierają one zarówno obwody napięcia stałego (DC), jak i obwody napięcia przemiennego (AC). Norma PN-HD 60364-7-712:2016-05 [3] określa środki ochrony przeciwporażeniowej odrębnie dla strony DC oraz strony AC. W **tabeli 1.** wymieniono środki, które są dopuszczalne w instalacjach fotowoltaicznych. Porównanie danych z **tabeli 1.** z listą środków ochrony przedstawioną w początkowych fragmentach niniejszego artykułu (wg PN-HD 60364-4-41:2017-09 [2]) prowadzi do wniosku, że w zakresie ochrony podstawowej (ochrony przed dotykiem bezpośrednim) nie dopuszcza się stosowania przeszkód ani umieszczenia poza zasięgiem ręki, zarówno po stronie DC, jak i AC. W zakresie ochrony przy uszkodzeniu (ochrony przy dotyku pośrednim, ochrony dodatkowej) po stronie DC nie należy stosować samoczynnego wyłączania zasilania ani izolowania stanowiska, ani separacji elektrycznej. Z tego wynika, że po stronie DC aktualnie nie dopuszcza się urządzeń o klasie ochronności I (takie urządzenia dopuszczała poprzednia wersja arkusza 712, tzn. PN-HD 60364-7-712:2007 [5]). Po stronie AC nie dopuszcza się izolowania stanowiska ani separacji elektrycznej więcej niż jednego odbiornika.

Jeżeli po stronie DC stosuje się obwody SELV lub PELV, to zgodnie z normą PN-HD 60364-7-712:2016-05 [3] napięcie $U_{OC\,MAX}$, tzn. największe możliwe napięcie na zaciskach modułu PV/łańcucha PV/kolektora PV (przy otwartym obwodzie) nie powinno przekraczać 120 V. Warto przy tym dodać, że najnowsza wersja normy IEC odnosząca się do instalacji fotowoltaicznych, IEC 60364-7-712:2017-04 [6], redukuje to napięcie do poziomu 60 V.

W zakresie ochrony przeciwporażeniowej uzupełniającej obowiązują wymagania ogólne zawarte w normie PN-HD 60364-4-41:2017-09 [2].

Z punktu widzenia zagrożenia porażeniowego należy podkreślić, że urządzenia po stronie DC należy traktować jako będące pod napięciem, nawet gdy:

- przekształtnik energoelektroniczny DC/AC jest odłączony od strony DC,
- strona AC instalacji jest odłączona od sieci zasilającej.

Po stronie AC najczęściej stosuje się samoczynne wyłączanie zasilania i w tym zakresie należy kierować się postanowieniami ogólnymi zawartymi w normie PN-HD 60364-4-41:2017-09 [2]. Zatem w przypadku uszkodzenia izolacji doziemnej ma nastąpić wyłączenie zasilania w określonym czasie lub napięcia dotykowe nie powinny przekraczać wartości dopuszczalnej. Wymagania odnoszące się do tego czasu podano w **tabeli 2**.

Czasy podane w **tabeli 2.** odnoszą się do obwodów odbiorczych:

- gniazd wtyczkowych o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 63 A,
- z odbiornikami zainstalowanym na stałe o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A.

Dla innych obwodów odbiorczych oraz dla obwodów rozdzielczych można przyjmować czasy wyłączania nie większe niż:

- 5 s – w układzie TN,
- 1 s – w układzie TT.

Zgodnie z normami PN-HD 60364-4-41:2017-09 [2] i PN-HD 60364-5-53:2016-02 [7], w układach TN i TT jako urządzenia wyłączające zasilanie w razie pojedynczego uszkodzenia można stosować zabezpieczenia nadprądowe (wyłączniki nadprądowe, bezpieczniki) lub zabezpieczenia różnicowoprądowe.

Na **rysunku 1.** przedstawiono przykładową uproszczoną instalację z fotowoltaicznymi źródłami energii. Przy doziemieniu pomiędzy przekształtnikiem a rozdzielnicą AC prąd do miejsca doziemienia płynie z dwóch stron – od przekształtnika (i_{AC_p}) i od sieci publicznej (i_{AC_s}). Urządzenie wyłączające (w analizowanym przypadku wyłącznik nadprądowy W2) powinno zapewniać wyłączenie zasilania przy doziemieniu na końcu obwodu, czyli na zaciskach AC przekształtnika (przepływ prądu i_{AC_s}). W przypadku wyłączników instalacyjnych zadziałanie członu elektromagnetycznego i wyłączenie zasilania następuje poniżej 0,1 s. Jeżeli przekształtnik wcześniej nie został odłączony przez wewnętrzne zabezpieczenia, to po wykryciu braku napięcia w sieci (po zadziałaniu wyłącznika nadprądowego W2) zabezpieczenie przekształtnika od pracy wyspowej z pewnością go odłączy. Obwód ten można traktować jako rozdzielczy, a więc samoczynne wyłączanie zasilania w układzie TN powinno nastąpić w czasie do 5 s (a nie 0,4 s). W praktyce cała sekwencja zdarzeń powinna zająć wyraźnie mniej niż to dopuszczalne 5 s.

Rodzaj ochrony	Środki ochrony przeciwporażeniowej	
	Strona DC	Strona AC
Ochrona podstawowa	– izolacja podstawowa,	– izolacja podstawowa
	– osłony/przegrody lub obudowy	– osłony/przegrody lub obudowy
Ochrona przy uszkodzeniu	–	– samoczynne wyłączanie zasilania
	– izolacja podwójna lub wzmocniona (urządzenia klasy ochronności II)	– izolacja podwójna lub wzmocniona (urządzenia klasy ochronności II)
	– bardzo niskie napięcie SELV lub PELV	– bardzo niskie napięcie SELV lub PELV
	–	– separacja elektryczna jednego odbiornika

Tab. 1. Środki ochrony przeciwporażeniowej dopuszczalne w instalacjach fotowoltaicznych, zgodnie z PN-HD 60364-7-712:2016-05 [3]

Układ sieci	$50\,V < U_o \leq 120\,V$		$120\,V < U_o \leq 230\,V$		$230\,V < U_o \leq 400\,V$		$U_o > 400\,V$	
	AC	DC	AC	DC	AC	DC	AC	DC
TN	0,8	[1]	0,4	1	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3	[1]	0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

[1] Wyłączenie może być wymagane z innych powodów niż zagrożenie porażeniem,
U_o – napięcie nominalne sieci względem ziemi

Tab. 2. Największe dopuszczalne czasy wyłączania zasilania (w sekundach) w instalacjach niskiego napięcia [2]

Stosowanie wyłączników różnicowoprądowych

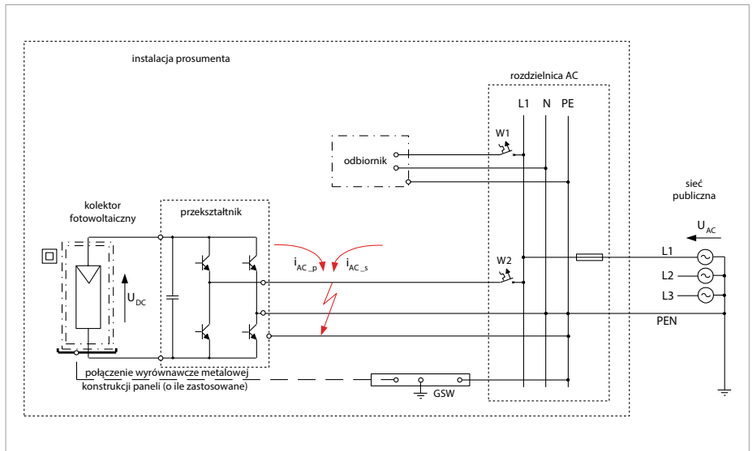
W instalacjach fotowoltaicznych wyłączniki różnicowoprądowe nie są wymagane. Jeżeli wyłącznik taki jednak zastosowano, to zgodnie z normą [3]:

- powinien być on typu B w przypadku braku separacji podstawowej pomiędzy stronami DC i AC (brak transformatora oddzielającego stronę DC od AC),
- nie wymaga się typu B (zatem w rachubę wchodzi też wyłącznik różnicowoprądowy typu A lub typu F), gdy zastosowano separację podstawową między stronami DC i AC lub gdy producent przekształtnika podaje, że nie jest wymagany wyłącznik różnicowoprądowy typu B.

Wyżej wymienione typy wyłączników są wymagane z powodu możliwości pojawienia się w prądzie ziemnozwarciowym składowej stałej. Podział wyłączników różnicowoprądowych ze względu na zdolność do wykrywania określonego kształtu prądu różnicowego jest następujący [8, 9]:

- typ AC – wykrywa prąd różnicowy przemienny sinusoidalny (na ogół 50/60 Hz),
- typ A – wykrywa prąd taki jak wyłączniki typu AC, a ponadto prąd pulsujący stały (prąd pulsujący stały – prąd o przebiegu pulsującym, który w każdym okresie odpowiadającym częstotliwości sieciowej przyjmuje wartość 0 albo wartość nie większą niż 6 mA prądu stałego w jednym pojedynczym przedziale czasu, odpowiadającym kątowi co najmniej 150° [8]),
- typ F – wykrywa prądy takie jak wyłączniki typu A, a ponadto prąd pulsujący stały ze składową wygładzoną 10 mA oraz prąd przemienny zawierający harmoniczne (zasilanie jednofazowe),
- typ B – wykrywa prąd różnicowy: przemienny sinusoidalny o częstotliwości do 1 kHz, prąd pulsujący stały, prąd stały o pomijalnym tętnieniu oraz prąd zawierający harmoniczne.

Należy przy tym zaznaczyć, że wyłącznik różnicowoprądowy, jeśli zastosowany, ma raczej pełnić funkcję urządzenia wyłączającego po stronie AC w ramach środka ochrony przy uszkodzeniu „samoczynne wyłączanie zasilania", a nie jest zastosowany jako ochrona uzupełniająca. W żadnej wersji normy PN-HD 60364-7-712 nie stawia się wymagań odnośnie do znamionowego prądu różnicowego zadziałania wyłącznika różnicowoprądowego w instalacji fotowoltaicznej pomiędzy przekształtnikiem a szynami rozdzielnicy AC z **rysunku 1.**, np. w budynku



Rys. 1. Uproszczona instalacja ze źródłami fotowoltaicznymi, bez separacji podstawowej pomiędzy stronami DC i AC, gdzie: GSW – główna szyna wyrównawcza, W1, W2 – wyłączniki nadprądowe. Uszkodzenie izolacji pod stronie AC. Przepływ prądu doziemnego z obu stron miejsca doziemienia, gdzie: i_{AC_p} – składowa prądu doziemnego od strony przekształtnika, i_{AC_s} – składowa prądu doziemnego od strony sieci publicznej
rys. S. Czapp

mieszkalnym. Ze względu na naturalne prądy upływowe występujące w instalacji fotowoltaicznej wyłącznik różnicowoprądowy nie powinien mieć zbyt małego znamionowego prądu różnicowego zadziałania (np. 30 mA). Dlatego producenci niektórych przekształtników podają, że prąd ten nie powinien być mniejszy niż 100 mA czy nawet 300 mA. Decydując się na zastosowanie wyłącznika różnicowoprądowego w instalacji z przekształtnikami beztransformatorowymi (brak separacji galwanicznej), konieczne jest więc uwzględnienie wytycznych ich producentów, zarówno co do wartości znamionowego prądu różnicowego zadziałania, jak i typu wyzwalania wyłącznika różnicowoprądowego (typ A czy typ B).

Obowiązek stosowania wyłączników różnicowoprądowych może wynikać z wymagań odrębnych norm, np. jeżeli instalacja fotowoltaiczna jest umieszczona w obiekcie podlegającym szczególnym wymaganiom w odniesieniu do ochrony przeciwporażeniowej i/lub przeciwpożarowej. Przykładem takich obiektów są gospodarstwa rolnicze i ogrodnicze (poza częścią mieszkalną), dla których należy uwzględnić też wymagania normy PN-HD 60364-7-705:2007 [10]. Zgodnie z tą normą w gospodarstwach rolniczych i ogrodniczych do ochrony przez samoczynne wyłączanie zasilania należy zastosować wyłączniki różnicowoprądowe o następującym znamionowym prądzie różnicowym zadziałania:

- $I_{\Delta n} \leq 30$ mA – w obwodach odbiorczych zasilających gniazda wtyczkowe o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 32 A,
- $I_{\Delta n} \leq 100$ mA – w obwodach odbiorczych zasilających gniazda wtyczkowe o prądzie znamionowym przekraczającym 32 A,
- $I_{\Delta n} \leq 300$ mA – w pozostałych obwodach.

Zatem jeżeli instalacja fotowoltaiczna (źródła energii i przekształtnik) jest zintegrowana np. z budynkiem stodoły lub budynkiem mieszczącym zwierzęta gospodarskie, a ochrona przy uszkodzeniu polega na samoczynnym wyłączaniu zasilania (samoczynne wyłączanie zasilania po stronie AC, po stronie DC urządzenia klasy ochronności II), to obwód po stronie AC należy wyposażyć w wyłącznik różnicowoprądowy o $I_{\Delta n} \leq 300$ mA. Takiego wyłącznika różnicowoprądowego wymaga się również ze względu na ochronę przed pożarem.

Wnioski

Instalacje fotowoltaiczne należą do instalacji specjalnych w rozumieniu normy PN-HD 60364. Z tego powodu dopuszcza się stosowanie tylko wybranych środków ochrony przeciwporażeniowej. Mimo że są to instalacje specjalne, nie ma konieczności stosowania w nich wyłączników różnicowoprądowych. Wyłączniki takie, w szczególności wysokoczułe, mogłyby spowodować zbędne wyłączenia instalacji fotowoltaicznych ze względu na naturalne prądy upływowe o dużej wartości.

Literatura

1. PN-EN 61140:2016-07 (wersja polska) *Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.*
2. PN-HD 60364-4-41:2017-09 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*
3. PN-HD 60364-7-712:2016-05 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.*
4. PN-HD 60364-8-2:2019-01 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 8-2: Niskonapięciowe instalacje elektryczne prosumenta.*
5. PN-HD 60364-7-712:2007 (wersja polska) *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Fotowoltaiczne (PV) układy zasilania.*
6. IEC 60364-7-712:2017-04 *Low-voltage electrical installations. Part 7-712: Requirements for special installations or locations. Solar photovoltaic (PV) power supply systems.*
7. PN-HD 60364-5-53:2016-02 (wersja polska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza.*
8. PN-EN 61008-1:2013-05 (wersja angielska) *Wyłączniki różnicowoprądowe bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego (RCCB). Część 1: Postanowienia ogólne.*
9. PN-EN 62423:2013-06 (wersja polska) *Wyłączniki różnicowoprądowe typu F i typu B z wbudowanym zabezpieczeniem nadprądowym i bez wbudowanego zabezpieczenia nadprądowego do użytku domowego i podobnego.*
10. PN-HD 60364-7-705:2007 (wersja angielska) *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-705: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Gospodarstwa rolnicze i ogrodnicze.*

ABSTRACT

Principles of designing of protection against electric shock in low-voltage installations with PV sources of energy

Basic rules of protection against electric shock in low-voltage installations containing PV sources of energy are presented. The measures of protection against electric shock, acceptable in such installations, are listed. Special attention is paid to the problems of application of residual current devices in PV installations.

Keywords: low-voltage electrical installations, PV systems, protection against electric shock.



Programuj oświetlenie bez kompromisów

Szeroka gama urządzeń do zarządzania oświetleniem w budynkach mieszkalnych



Seria 12
Elektroniczne zegary sterujące



Seria 13
Ciche przekaźniki elektroniczne



Seria 14
Wielofunkcyjne automaty do klatek schodowych



Seria 15
Ściemniacze elektroniczne

finder®
RELAYING INNOVATION

FINDER Polska Sp. z o.o. ul. Logistyczna 27 62-080 Sady finder.pl@findernet.com findernet.com

mgr inż. Andrzej Solski – ASZMIA Kraków

Co każdy elektroinstalator powinien wiedzieć na temat rozdzielnic nn montowanych w instalacjach elektrycznych

Praktyczne wskazówki

Ustawa Prawo budowlane [1] wymaga, aby budynki były wyposażane w różne urządzenia budowlane, zapewniające możliwość użytkowania tychże budynków zgodnie z ich przeznaczeniem. Urządzenia budowlane, podobnie jak cały budynek, podlegają przepisom techniczno-budowlanym, publikowanym przez administrację rządową na mocy delegacji ustawy [1]. Za najważniejszy zbiór przepisów prawnych jest uznawane Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2].

Jednym z urządzeń budowlanych jest instalacja elektryczna budynku. W projektach architektoniczno-budowlanych, również w projektach technicznych, odnajdujemy fragmenty (rozdziały) dotyczące tej instalacji, wykonane przez projektantów posiadających uprawnienia budowlane w zakresie sieci, instalacji i urządzeń elektrycznych i elektroenergetycznych. Po zatwierdzeniu przez organ administracji rządowej, projekt architektoniczno-budowlany staje się dokumentem urzędowym, wiążącym wszystkich aktorów rynku inwestycyjnego, łącznie z projektantami. Natomiast od projektu technicznego wymagana jest zgodność z zatwierdzonym projektem architektoniczno-budowlanym oraz ustawiczna aktualność względem decyzji podejmowanych przez projektanta w ramach nadzoru autorskiego.

Brak kompetencji

Wykonawcy nie mają kompetencji do samowolnego ingerowania w ustalenia zawarte w projekcie architektoniczno-budowlanym i projekcie technicznym. W szczególności elektroinstalatorzy nie mają prawa do zmieniania zatwierdzonych schematów elektrycznych. Nie mogą „upraszczać" instalacji poprzez usuwanie niektórych aparatów: wyłączników różnicowoprądowych, ograniczników przepięć, rozłączników izolacyjnych, wskaźników napięcia lub innych komponentów dobranych przez projektanta. Nie mają uprawnień do obniżania parametrów wytrzymałościowych aparatów. Nie mają uprawnień do zmieniania charakterystyk wyzwalania wyłączników, zwłaszcza ze skutkiem utraty selektywności wyłączania.

STRESZCZENIE

W artykule zawarto wskazówki i sugestie kierowane do elektroinstalatorów w związku z rozdzielnicami niskiego napięcia montowanymi w instalacjach elektrycznych budynków.

Słowa kluczowe: rozdzielnice nn.

Rozdzielnice

Niezależnie od tego, czy projektant zadysponował lokowanie aparatów w rozdzielnicach, czy tego nie zrobił, wykonawca nie ma wyboru. Wszystkie aparaty łączeniowe i ochronne muszą znaleźć się w rozdzielnicach, razem z aparaturą pomocniczą, połączeniami elektrycznymi i osprzętem, we wspólnych obudowach o wymaganych stopniach ochrony IP oraz IK. Dawniej stosowano rozproszoną zabudowę aparatów (głównie gniazd bezpiecznikowych i łączników pakietowych) w różnych miejscach pomieszczeń, najczęściej w pobliżu odbiorników. Bezpieczniki topikowe występowały zazwyczaj parami, bo 1-fazowe odbiorniki pracowały na napięciach międzyprzewodowych. Ślady starej koncepcji odnaleźć można na stronach przedwojennych katalogów sprzętu instalacyjnego i książek z popularnej niegdyś serii „Biblioteka Montera i Technika Elektrycznego". Obecnie jedynym akceptowanym rozwiązaniem instalacyjnym jest grupowanie aparatów i tworzenie z nich rozdzielnic. Obudowy aparatów łączeniowych, ochronnych i pomocniczych są standaryzowane, co znacznie ułatwia komponowanie rozdzielnic w obudowach przeznaczonych do aparatury modułowej. Jest rzeczą dziwną i niezrozumiałą, dlaczego w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, w dziale IV – rozdział 8. pt. „Instalacja elektryczna" – nie ma (i nigdy wcześniej nie było) żadnej wzmianki o rozdzielnicach. Na skutek tego zaniedbania niektórzy elektroinstalatorzy, ale również osoby funkcyjne i organy administracji rządowej, nie uważały za stosowne odnosić swej działalności do unijnego prawodawstwa technicznego dotyczącego rozdzielnic. W rezultacie użytkownicy zasiedlali – i nadal zasiedlają – lokale wyposażone w niezgodne z przepisami, kiepskie i niebezpieczne rozdzielnice.

Produkcja rozdzielnic

Produkcja rozdzielnic nie jest objęta żadną koncesją. Rozdzielnice może produkować każdy przedsiębiorca, który dysponuje odpowiednią wiedzą techniczną i prawną. Ta wiedza powinna umożliwiać i zapewniać wytwarzanie rozdzielnic jakościowo dobrych, czyli akceptowanych przez użytkowników końcowych i przez Unię Europejską. Intuicyjnie wyczuwamy, że użytkownik zazwyczaj akceptuje rozdzielnicę ładną, funkcjonalną, z zamykającymi się drzwiczkami i dopasowaną do lokalnych warunków. W zasadzie powinien odmówić kupowania wyrobu niskiej jakości, ale nie zawsze potrafi go rozpoznać. A na etapie zasiedlania lokalu nabytego od dewelopera, kwestionowanie jakości zainstalowanej rozdzielnicy wydaje się zupełnie nierealne. Na szczęście ingeruje Unia Europejska, która kierując się imperatywem personalnego bezpieczeństwa wymaga – i są to wymagania prawnie wiążące – aby rozdzielnice nie stwarzały zagrożeń (elektrycznych, mechanicznych, chemicznych, temperaturowych, pożarowych, świetlnych, akustycznych), nie emitowały zakłóceń oraz były odporne na zakłócenia zewnętrzne, czyli pracowały niezawodnie.

Na inwestycyjnym rynku funkcjonują wyspecjalizowani producenci wielkich, skomplikowanych układowo i technologicznie rozdzielnic. Dysponują fachową kadrą technologów i kontrolerów oraz dobrze wyposażonymi halami montażowymi. Zapytajmy, czy niewielkie, niezbyt skomplikowane technologicznie rozdzielnice instalacyjne da się produkować bezpośrednio na budowie? Żaden akt prawny tego nie zabrania, choć z powodu prymitywnych warunków lokalowych, trudnych warunków atmosferycznych, słabego wyposażenia w specjalistyczne maszyny i elektronarzędzia montażowe oraz zazwyczaj ubogiego zapasu normaliów montażowych, wykonawstwo rozdzielnic wprost na obiekcie nie jest rozwiązaniem zalecanym. Rozdzielnic instalacyjnych nie musimy, wręcz nawet nie powinniśmy produkować na budowie. Lepsze warunki montażowe osiągniemy choćby na bezpośrednim zapleczu budowy, a optymalne – na głębokim zapleczu, czyli w siedzibie firmy, gdzie powinien funkcjonować choćby niewielki, ale dobrze wyposażony warsztat produkcyjny.

Przepisy prawne

Unijne, a w ślad za nim nasze krajowe prawodawstwo techniczne uważa rozdzielnice za samodzielne, niskonapięciowe urządzenia elektryczne – nazywane też sprzętem elektrycznym nn – których udostępnianie (sprzedaż, przekazanie) na Europejskim Obszarze Gospodarczym (EOG) jest obwarowane wymogiem spełnienia unijnych wymagań prawnych. Są one zapisane w unijnych aktach prawnych, implementowanych na obszar Polski poprzez ustawy lub ministerialne rozporządzenia. Zatem podejmowane czasem próby podważania ich legalności nie mają żadnego sensu. Wspomniane wymagania formalne są takie same dla rozdzielnic olbrzymich, dużych, średnich i małych, natomiast wynikające z nich specyfikacje konkretnych wymagań technicznych znacznie się od siebie różnią. Najłatwiejsze do spełnienia są wymagania techniczne odnoszące się właśnie do małych rozdzielnic instalacyjnych, ograniczonych wielkością prądu znamionowego i spodziewanego prądu zwarciowego.

Ingerencja prawa unijnego w sferę jakości wyrobów (w tym rozdzielnic nn) jest konsekwencją realizacji jednej z idei, przyświecających powojennej integracji europejskiej. To idea swobodnego przepływu towarów na jednolitym europejskim rynku. Aby swobodny przepływ towarów nie niósł ze sobą zagrożeń i nie wytwarzał atmosfery niechęci czy wrogości, należało na wyroby nałożyć jednolite wymagania jakościowe. Pojawiły się dyrektywy tzw. starego podejścia, dotyczące poszczególnych wyrobów kwalifikowanych do swobodnego przepływu. Potem pojawiły się dyrektywy tzw. nowego i globalnego podejścia, obejmujące poszczególne sektory gospodarcze oraz cały rynek. Wreszcie zaostrzono i przyspieszono harmonizację krajowych systemów prawnych – poprzez uchwalanie rozporządzeń UE.

Do prawnych obowiązków producenta należy odszukanie unijnych aktów prawnych, odnoszących się do wszystkich potencjalnych zagrożeń, jakie mogą wystąpić w związku z eksploatacją jego wyrobu. W przypadku standardowych rozdzielnic instalacyjnych nn jest to pakiet składający się z trzech dyrektyw UE:
a) z dyrektywy niskonapięciowej LVD [3];
b) z dyrektywy kompatybilnościowej EMC [4];

REKLAMA



c) z dyrektywy toksycznej RoHS2 [5], skorygowanej dyrektywą delegowaną RoHS3 [6].

Wyżej wymienione dyrektywy stawiają przed producentem następujące formalne wymagania:

1) producent ma obowiązek sporządzić dokumentację techniczną rozdzielnicy, uwzględniającą tzw. „wymagania zasadnicze" zapisane w dyrektywach, i przechowywać ją przez 10 lat;
2) rozdzielnica powinna być wyprodukowana zgodnie z ww. „wymaganiami zasadniczymi";
3) producent powinien przeprowadzić procedurę oceny zgodności co najmniej według najłagodniejszego Modułu „A", potwierdzającą osiągnięcie ww. „wymagań zasadniczych";
4) producent ma obowiązek umieszczenia na rozdzielnicy oznakowania CE;
5) producent ma obowiązek wystawienia deklaracji zgodności UE i przechowywania jej przez 10 lat;
6) producent powinien umieścić na rozdzielnicy informacje umożliwiające pełną identyfikację wyrobu i jego producenta;
7) producent powinien dołączyć do rozdzielnicy dokumenty towarzyszące, zawierające instrukcję obsługi oraz wszystkie informacje dotyczące bezpieczeństwa.

Uwaga: w przypadku rozdzielnic o specjalnym zastosowaniu lub specjalnej lokalizacji, producent powinien uwzględnić dodatkowe wymagania pochodzące z innego aktu, np. z dyrektywy maszynowej MD, dyrektywy wybuchowej ATEX, rozporządzenia budowlanego CPR lub innego.

„Wymagania zasadnicze", nazywane również w prawodawstwie unijnym „celami bezpieczeństwa" lub „celami związanymi z bezpieczeństwem", są formułowane życzeniowo (intencjonalnie), co uniemożliwia ich bezpośrednie zastosowanie w praktyce produkcyjnej.

W przypadku standardowych rozdzielnic instalacyjnych nn unijny prawodawca życzy sobie, aby zapewniały one wysoki poziom ochrony zdrowia i bezpieczeństwa ludzi, zwierząt i mienia, aby nie emitowały nadmiernych zaburzeń elektromagnetycznych i były odporne na dopuszczalny poziom zaburzeń obcych oraz aby nie zawierały w sobie nadmiernych ilości substancji toksycznych. Do prawnych obowiązków producenta należy odszukanie właściwych specyfikacji wymagań technicznych lub procedur postępowania, umożliwiających spełnienie „wymagań zasadniczych". Poszukiwania należy rozpoczynać od europejskich norm zharmonizowanych.

Normy zharmonizowane

Europejskie normy są opracowywane przez trzy – niezależne od unijnej administracji – europejskie organy normalizacyjne: CENELEC i CEN w Brukseli oraz ETSI w Sophii-Antipolis. Niektóre z europejskich norm, przygotowane specjalnie na unijne zlecenia, są harmonizowane przez Komisję UE z poszczególnymi dyrektywami. Po opublikowaniu w Dzienniku Urzędowym UE, norma zharmonizowana nabywa cechę domniemania zgodności i staje się specyficznym aktem unijnego prawa. Spełnienie wymagań technicznych wyspecyfikowanych w takiej normie pozwala domniemywać spełnienie „wymagań zasadniczych" zapisanych w dyrektywie, z którą norma jest zharmonizowana.

Normami zharmonizowanymi z dyrektywami LVD oraz EMC są normy serii 61439, publikowane przez PKN jako Polskie Normy PN-EN 61439 lub PN-EN IEC 61439. Norma 61439-3 [7] jest normą produktową rozdzielnic DBO przeznaczonych do obsługiwania przez osoby postronne. Norma 61439-2 [8] jest normą produktową rozdzielnic PSC do rozdziału energii, wymagających obsługi przez wykwalifikowany personel. Każda z norm produktowych odsyła czytelnika do normy 61439-1 [9], zawierającej postanowienia ogólne.

Procedury kontrolne

Oprócz specyfikacji wymagań technicznych, normy 61439 [7, 8, 9] zawierają opisy dwóch procedur kontrolnych. Są nimi: weryfikacja projektowa (ang. *design verification*), zastępująca dotychczasowe badania typu z ekstrapolacją wyników, oraz weryfikacja wyrobu (ang. *routine verification*), poszerzająca dotychczasowe badania wyrobu. Pozytywne wyniki obu weryfikacji wyczerpują wymagania prawne, dotyczące oceny zgodności według Modułu A. Każda wykryta niezgodność powinna wywoływać działania naprawcze, prowadzone aż do uzyskania pozytywnej konkluzji.

Weryfikacja projektowa jest walidacją dokumentacji wykonawczej na zgodność z wymaganiami powołanych norm. Weryfikator ma do dyspozycji trzy metody weryfikacji: badanie weryfikujące, porównanie weryfikujące i ocenę weryfikującą. Metody są sobie równoważne, ale ich dostępność dla różnych sprawdzeń jest ograniczona. Zawsze, gdy dostępna jest metoda badań weryfikujących, można i należy wykorzystywać wyniki badań typu, udostępnione przez producentów pierwotnych (dostawcę systemu rozdzielczego, obudowy, systemu szyn prądowych, technologii połączeń bezobsługowych, technologii izolowania, systemu przeciwłukowego itp.). Norma wymaga wykonania 12 sprawdzeń:

1) sprawdzenie wytrzymałości materiałów i części (odporności na korozję, stabilności cieplnej, odporności na promieniowanie UV, warunków podnoszenia, wytrzymałości na uderzenia IK, trwałości znakowania, działania mechanicznego);
2) sprawdzenie stopnia ochrony obudowy IP;
3) sprawdzenie wytrzymałości dielektrycznej w jej geometrycznym aspekcie (odstępów izolacyjnych powietrznych);
4) sprawdzenie wytrzymałości dielektrycznej w jej geometrycznym aspekcie (odstępów izolacyjnych powierzchniowych);
5) sprawdzenie rozwiązań ochrony przeciwporażeniowej w odniesieniu do klasy urządzenia oraz kontrola integralności obwodów ochronnych;
6) sprawdzenie zabudowy łączników oraz pozostałych aparatów;
7) sprawdzenie wewnętrznych obwodów i połączeń elektrycznych;
8) sprawdzenie zacisków do przewodów zewnętrznych;
9) sprawdzenie wytrzymałości dielektrycznej w jej funkcjonalnym aspekcie (odporności na przebicie);
10) sprawdzenie wydolności cieplnej obudowy (przyrostów temperatury);
11) sprawdzenie wytrzymałości zwarciowej rozdzielnicy oraz wytrzymałości zwarciowej obwodu ochronnego;
12) sprawdzenie kompatybilności elektromagnetycznej.

W raporcie z weryfikacji należy odnotować zastosowane metody weryfikacyjne i wykorzystane dokumenty odniesienia oraz umieścić wykonane obliczenia.

Weryfikacja wyrobu składa się z tradycyjnej kontroli jakości (badań wyrobu) oraz kontroli funkcjonalności, wykonywanych na każdym egzemplarzu wyprodukowanej rozdzielnicy. Zadaniem kontroli jakości jest wykrycie wad materiałowych oraz pomyłek produkcyjnych. Zakres kontroli funkcjonalności zależy od stopnia układowego skomplikowania rozdzielnicy i może podlegać uzgodnieniu pomiędzy producentem a użytkownikiem. Norma wymaga wykonania 9 sprawdzeń – są to:

1) inspekcja stopnia ochrony obudowy IP;
2) inspekcja odstępów izolacyjnych powietrznych i powierzchniowych:
3) inspekcja rozwiązań ochrony przeciwporażeniowej oraz integralności obwodów ochronnych;
4) inspekcja zabudowanej aparatury i osprzętu;
5) inspekcja wewnętrznych obwodów i połączeń elektrycznych;
6) inspekcja zacisków do przewodów zewnętrznych;
7) inspekcja działania mechanicznego;
8) badanie wytrzymałości dielektrycznej lub pomiar rezystancji izolacji;
9) inspekcja oznakowania i oprzewodowania pod względem układowym, badanie działania, funkcjonalne próby pomontażowe.

Normą zharmonizowaną z dyrektywą RoHS2 [5] jest norma 63000, opublikowana przez PKN jako PN-EN IEC 63000 [10]. Zawiera ona algorytm właściwego doboru obcych dokumentów, potwierdzających ograniczoną obecność (nieobecność) substancji niebezpiecznych w zastosowanych materiałach, komponentach i półwyrobach. Wynik weryfikacji na zgodność z dyrektywą RoHS należy odnotować, np. w raporcie z weryfikacji projektowej według norm 61439.

Niezgodności

„Wymagania zasadnicze" dyrektyw [3, 4, 5] oraz specyfikacje wymagań technicznych, zawarte w normach 61439 [7, 8, 9], dają podstawę prawną do kwestionowania wszystkich niedoróbek, fuszerek i oszustw, całego partactwa wyzierającego z wielu nowych rozdzielnic instalacyjnych. Oto przykłady najczęściej spotykanych niezgodności; każda z nich wyklucza możliwość prawnego udostępnienia obarczonego nią urządzenia. Nagminnie stosowane są zbyt małe obudowy, niezapewniające rezerwy miejsca pod przyszłą rozbudowę instalacji. Co więcej, w obudowach brakuje nawet miejsca na prawidłowe rozszycie i rozprowadzenie zewnętrznych przewodów. Można zauważyć, że bywają one wciskane w korpus obudowy za pomocą gumowego młotka. Brak miejsca powoduje też przyleganie przewodów (żył) w jednowarstwowej izolacji do metalowej konstrukcji, nierzadko do jej ostrych krawędzi. Nagminnie węzły rozdziału energii są wykonywane na nieodpowiednim osprzęcie, gdzie pod jeden zacisk 16 – 25 mm^2 wpychana jest skrętka kilku żył 1,5 – 2,5 mm^2, a cały węzeł „wisi" w powietrzu na żyłach kablowych, bo brakło dla niego miejsca na szynie montażowej. Zazwyczaj liczba zacisków PE dla przewodów zewnętrznych jest mniejsza od liczby podłączanych żył ochronnych, co zmusza do wciskania po 2 – 3 żyły PE pod jeden zacisk. Nagminnie są stosowane izolacyjne złączki PE o niewłaściwej, żółto-zielonej kolorystyce. Często na obudowie rozdzielnicy w klasie I pojawia się symbol klasy II. Zdarzają się przypadki wykonywania WLZ-ów kablem 5-żyłowym i ukrywania piątej, niepodłączonej żyły pod sprasowaną warstwą innych przewodów. Odnaleźć można elektryczne połączenia śrubowe bez zabezpieczenia przed samoluzowaniem, na dodatek niedokręcone optymalnymi momentami dokręcenia. Zdarzają się obudowy uszkodzone, skoszone, rozhermetyzowane, nieosiągające stopnia IP2X. Spotykamy przypadki wypaczonych przednich przegród ochronnych, z uszkodzonymi zamknięciami lub z zameczkami otwieranymi paznokciem lub nożem kuchennym, a na dodatek pozbawione zaślepek po nieobecnych aparatach modułowych. Zdarzają się uziemione konstrukcje w urządzeniach klasy II. Bardzo często aparatura obwodów odpływowych nie jest starannie, jednoznacznie opisana, a przewody odpływowe w ogóle nie są znakowane. Często przewody zewnętrzne są przeciągane przez ostre krawędzie stalowej blachy. Z zasady rozdzielnice nie posiadają oznakowania CE oraz tabliczki znamionowej, a do użytkownika finalnego nie dociera deklaracja zgodności, instrukcja obsługi, żaden schemat ani dokument informujący o parametrach interfejsowych i bezpieczeństwie. Nagminnie konstrukcje wnękowe nie są należycie mocowane do ściennej wnęki, a tylko w nią wciskane. Powszechnym zjawiskiem jest samootwieranie się uszkodzonych drzwiczek albo kolizje drzwiczek z napędami aparatury modułowej. Nigdy nie spotkałem rozdzielnicy DBO przeznaczonej do obsługiwania przez osoby postronne, której właściciel posiadałby instrukcję z wykazem i opisem dozwolonych czynności łączeniowych i serwisowych. No to skąd użytkownik ma wiedzieć, że należy wykonywać okresowe testy wyłączników różnicowoprądowych, a po burzy wizualnie sprawdzać sprawność ograniczników przepięć?

Podsumowanie

Wyprodukowanie i zainstalowanie rozdzielnicy niezgodnej z projektem architektoniczno-budowlanym (i projektem technicznym) i/lub niezgodnej z wymaganiami techniczno-prawnymi jest sprzeczne z zasadami etyki zawodowej, gdyż jest równoznaczne z obniżeniem poziomu bezpieczeństwa eksploatacyjnego całej instalacji elektrycznej. Jest zatem oszustwem wobec klienta docelowego (użytkownika), który – zazwyczaj nieświadomy zagrożeń – latami pozostaje w ich zasięgu. Producent niezgodnego urządzenia i jego instalator narażają się na postępowanie dyscyplinarne ze strony organizacji samorządu zawodowego lub stowarzyszenia zawodowego, do których należą.

Pierwsze i każde następne udostępnienie niezgodnej rozdzielnicy na unijnym rynku (Europejskim Obszarze Gospodarczym) stwarza kolizję z unijnym i krajowym prawodawstwem technicznym. W konflikt prawny wchodzą po kolei wszystkie podmioty gospodarcze, uwikłane w handel feralną rozdzielnicą: producent, przedstawiciel producenta, importer, dystrybutor, główny wykonawca, instalator, deweloper, pośrednik. Łamanie przepisów unijnych transponowanych do prawodawstwa krajowego jest zagrożone sankcjami ustalanymi przez państwa członkowskie. Zgodnie z zaleceniami unijnymi, sankcje – w tym sankcje karne za poważne naruszenia – powinny być proporcjonalne, ale skuteczne i odstraszające.

Wszystkich elektroinstalatorów samodzielnie produkujących rozdzielnice instalacyjne zachęcam do jak najszybszego zapoznania się z obowiązkami prawnymi, ciążącymi na nich jako finalnych producentach rozdzielnic. Dyrektywy w języku polskim są łatwo dostępne w internecie, a zawarte w nich wymagania prawne są czytelne i zrozumiałe w ich intencjonalnym aspekcie. Dostęp do specyfikacji wymagań technicznych zawartych w PN jest nieco utrudniony. Normy trzeba kupić, ale można też korzystać z dostępu oferowanego przez PKN on-line lub w czytelniach stacjonarnych. Członkowie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa mogą korzystać z dostępu do niektórych PN na stronie internetowej PIIB, a członkowie Stowarzyszenia Elektryków Polskich – na stronie internetowej SEP.

Pierwsze kontakty z zapisami norm 61439 [7, 8, 9] bywają deprymujące i zniechęcające. Początkujący czytelnicy bywają oszołomieni liczbą punktów, podpunktów i tiretów, mnogością cech, wymagań, sprawdzeń i powiązań pomiędzy nimi. Dlatego spieszę z zapewnieniem, że wyspecyfikowane wymagania techniczne nie są tak trudne do spełnienia, a procedury kontrolne tak pracochłonne i kosztowne, jakby się to wydawało przy pierwszym przeglądaniu norm. Rozdzielnicom o ograniczonym prądzie znamionowym, ograniczonym napięciu znamionowym i ograniczonej wytrzymałości zwarciowej – czyli właśnie rozdzielnicom instalacyjnym – są z reguły stawiane zredukowane wymagania techniczne.

Dużo sprawdzeń można przeprowadzić w oparciu o wyniki badań typu, udostępnione przez producentów pierwotnych. W niektórych przypadkach wystarczy powołać się na zapis producenta pierwotnego (zawarty np. w karcie katalogowej komponentu), potwier-

dzający spełnienie konkretnego wymagania lub zgodność z konkretną normą. W szczególności normy 61439 nie wymagają powtarzania badań stopnia ochrony IP. Wystarczy odnieść się do stopnia IP zadeklarowanego przez producenta pierwotnego konstrukcji i sprawdzić miejsca naruszenia ciągłości obudowy (np. miejsca otworowania) metodą oceny weryfikującej. W wielu przypadkach próby napięciowe można zastąpić pomiarem rezystancji izolacji, inspekcją odległości geometrycznych lub skorzystać ze zwolnienia od badań. Niekiedy weryfikację wydolności cieplnej obudowy można przeprowadzić metodą porównania weryfikującego, przy wykorzystaniu checklisty opublikowanej w normie; można też odnieść się do zaleceń publikowanych przez producentów obudów lub zastosować obliczenia ekstrapolacyjne. Przy odpowiednim doborze wyposażenia elektrycznego i zachowaniu reżimu montażowego, można skorzystać ze zwolnień z obowiązku potwierdzania badaniami kompatybilności elektromagnetycznej rozdzielnicy.

Jednakże przy poszukiwaniu odniesień, zwolnień i proceduralnych uproszczeń należy pamiętać, że w ramach weryfikacji projektowej producent finalny zawsze musi samodzielnie wykonać trzy kluczowe sprawdzenia: zabudowanych aparatów, obwodów i połączeń elektrycznych oraz zacisków do kabli zewnętrznych. Procedury przewidują inspekcję pierwszego egzemplarza (eksponatu badawczego), połączoną z oceną weryfikującą. W przypadku rozdzielnic DBO według normy [7], aparatura zabezpieczająca obwody wyjściowe musi być „przeznaczona do obsługiwania przez osoby postronne". Ponadto, w rozdzielnicach DBO należy zadbać o wyjątkowo przemyślane i staranne ułożenie przewodów niezabezpieczonych zwarciowo (dochodzących do pierwszego aparatu ochronnego od strony zasilania) – tak, aby nie były w stanie zrobić zwarcia międzyfazowego i/lub pomiędzy fazami a ziemią.

Przeglądając teksty najnowszej, jeszcze niezharmonizowanej edycji norm [8, 9], zauważamy tendencję do dalszego urealniania wymagań. Przy wielu sprawdzeniach projektowych, możliwych dotychczas wyłącznie metodą badania weryfikującego, pojawia się dostępność również porównania weryfikującego. Jednocześnie normy artykułują wymaganie, aby obie procedury weryfikacyjne były wykonywane przez lub pod nadzorem osób kompetentnych.

System prawnie wymaganych wewnętrznych kontroli jakości, oświadczeń o zgodności, pomiarów, badań i sprawdzeń oraz inspekcji, kontroli i protokolarnych odbiorów, powinien zapewnić akceptowalny poziom bezpieczeństwa i funkcjonalności obiektów budowlanych przekazywanych do eksploatacji. Niestety, w przypadku instalacji elektrycznych w budynkach, system nie do końca się sprawdza. Uzus pokazuje, że użytkownicy otrzymują rozdzielnice niezgodne, uciążliwe w eksploatacji, z wadami i usterkami stwarzającymi zagrożenia. Najwięcej obiekcji stwarzają rozdzielnice główne w budynkach jednorodzinnych. Może dlatego, że do zawiadomienia o zakończeniu ich budowy inwestor nie musi dołączać protokołów z badań i sprawdzeń przyłączy i instalacji. Niemniej „grzechem pierworodnym" tej niebezpiecznej sytuacji jest brak jakiejkolwiek wzmianki o rozdzielnicach w Rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [2]. Dziś mamy szansę, by to niedopatrzenie naprawić bez zbędnej zwłoki.

Trwa proces legislacyjny nowej edycji ministerialnego Rozporządzenia w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Projekt z dnia 9 czerwca 2025 r. nowego tekstu Rozporządzenia Ministra Rozwoju i Technologii… jest już po opiniowaniu i po konsultacjach publicznych. Ministerstwo studiuje obecnie stanowiska instytucji opiniujących oraz uwagi i propozycje zgłoszone w ramach konsultacji publicznych. Stowarzyszenie Elektryków Polskich zgłosiło pakiet 78 uwag i propozycji, w tym 4 dotyczące rozdzielnic. SEP zaproponował, by w dotychczasowych paragrafach: §183, §187 oraz §192 umieścić krótkie zapisy o rozdzielnicach, a w załączniku nr 1 dopisać normy 61439 [7, 8, 9]. Tekst projektu z dnia 9 czerwca 2025 r. oraz stanowiska instytucji biorących udział w opiniowaniu i konsultowaniu projektu są udostępnione na stronie internetowej Rządowego Centrum Legislacji [11]. Wyrażam głęboką nadzieję, że ministerialni eksperci nie zignorują uwag SEP (w szczególności propozycji lp. 2, 26, 27 oraz 50) i zapisy dotyczące rozdzielnic instalacyjnych pojawią się w tekście nowego rozporządzenia. Jestem przekonany, że skierują one uwagę wszystkich aktorów rynku budowlanego, w szczególności inspektorów służby państwowego nadzoru budowlanego, na lekceważoną dotychczas problematykę zgodności i jakości elektrycznych rozdzielnic instalacyjnych nn.

Literatura:

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane, z późniejszymi zmianami.
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami.
3. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2014/35/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia [LVD].
4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2014/30/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej [EMC].
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2011/65/UE z dnia 8 czerwca 2011 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym [RoHS2].
6. Dyrektywa delegowana Komisji (UE) nr 2015/863 z dnia 31 marca 2015 r. zmieniająca załącznik II do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2011/65/UE w odniesieniu do wykazu substancji objętych ograniczeniem [RoHS3].
7. Norma PN-EN 61439-3:2012 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 3: Rozdzielnice tablicowe przeznaczone do obsługiwania przez osoby postronne (DBO).*
8. Norma PN-EN 61439-2:2011 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 2: Rozdzielnice i sterownice do rozdziału energii elektrycznej.*
9. Norma PN-EN 61439-1:2011 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne.*
10. Norma PN-EN IEC 63000:2019-01 *Dokumentacja techniczna do oceny produktów elektrycznych i elektronicznych w odniesieniu do ograniczenia substancji niebezpiecznych*.
11. htpp://www.legislacja.rcl.gov.pl/projekt/12398903 [dostęp: 2.10.2025].

ABSTRACT

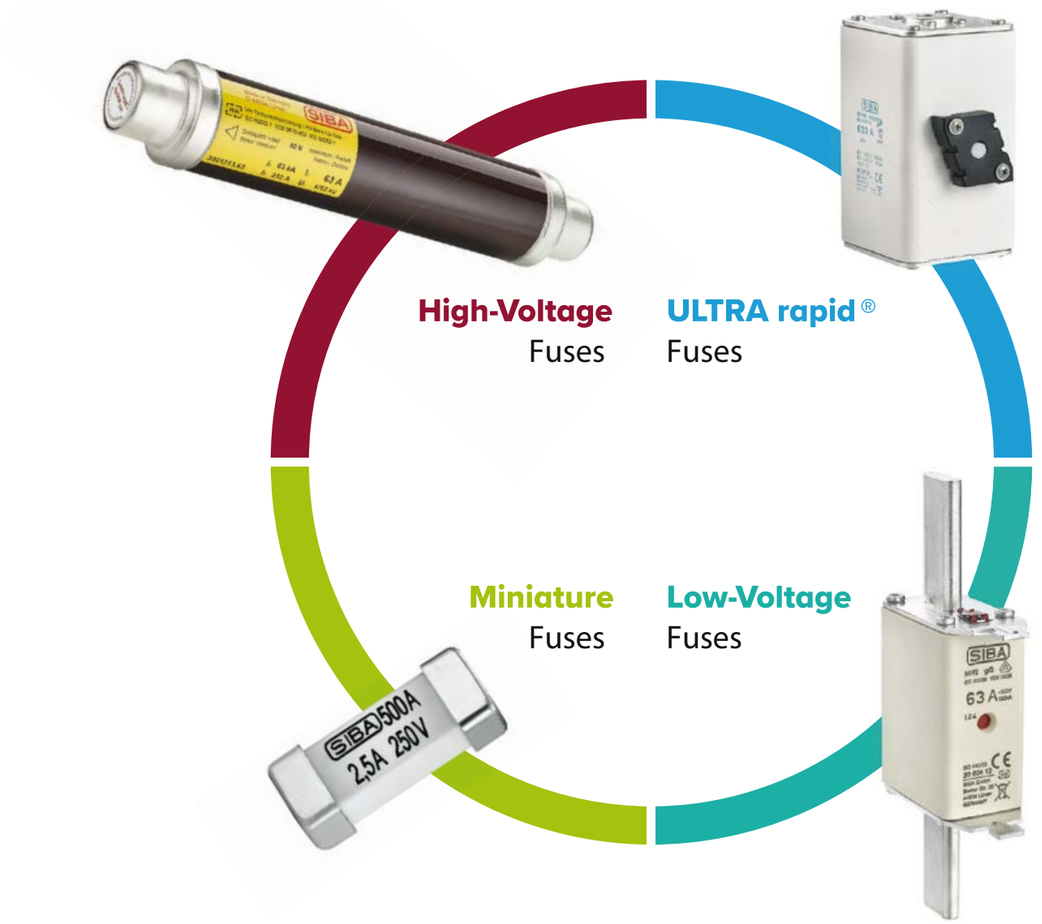
What every electrical installer should know about low-voltage switchboards installed in electrical installations. Practical tips

This article provides tips and suggestions for electrical installers regarding low-voltage switchboards installed in building electrical systems.

Keywords: low-voltage switchboards.

OUR PASSION.
YOUR PROTECTION.

SIBA
FUSE TECHNOLOGY



SIBA Polska Sp. z o.o. | ul. Warszawska 300 D, 05-082 Stare Babice
tel. 22 832 14 77 | e-mail: siba@siba-bezpieczniki.pl | www.siba-bezpieczniki.pl

mgr inż. Karol Kuczyński

Bezpieczniki jako podstawowa ochrona w instalacjach elektrycznych nn

Urządzenia zabezpieczające przed cieplnymi skutkami przepływu prądów zwarciowych powinny być tak dobrane, aby przerwanie prądu zwarciowego w obwodzie elektrycznym następowało wcześniej niż wystąpi niebezpieczeństwo uszkodzeń cieplnych i mechanicznych w przewodach oraz ich połączeniach. Zabezpieczenia zwarciowe przewodów instalacyjnych mogą być wykonane z zastosowaniem bezpieczników lub wyłączników samoczynnych z wyzwalaczami zwarciowymi.

Dla każdego zabezpieczenia zwarciowego jego znamionowa zdolność wyłączania nie powinna być mniejsza niż spodziewany maksymalny prąd zwarciowy w miejscu zainstalowania urządzenia. Dopuszcza się mniejszą dopuszczalną znamionową zdolność wyłączania, jeżeli po stronie zasilania jest zainstalowane inne urządzenie zabezpieczające, mające niezbędną zdolność wyłączania oraz pod warunkiem, że charakterystyki urządzeń będą skoordynowane tak, że energia przepływająca przez urządzenia nie przekracza energii, jaką mogą wytrzymać bez uszkodzenia zarówno urządzenie po stronie obciążenia, jak i przewody chronione przez to urządzenie zabezpieczające [1, 6].

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono podstawowe właściwości bezpieczników topikowych oraz wyłączników nadmiarowoprądowych. Zwrócono uwagę na selektywność działania zabezpieczeń instalacyjnych.

Słowa kluczowe: bezpiecznik topikowy, wyłącznik nadmiarowoprądowy, zwarcia.

Czas od momentu powstania każdego zwarcia w dowolnym punkcie obwodu do przerwania prądu zwarciowego powinien być na tyle krótki, aby temperatura żył przewodów nie przekroczyła wartości granicznej dopuszczalnej przy zwarciu dla danego typu przewodów. Czas ten nie powinien przekroczyć wartości granicznej dopuszczalnej wyznaczonej zależnością [6]:

$$t = \left(\frac{kS}{I}\right)^2$$

gdzie:
t – czas trwania zwarcia, w [s]*),
S – przekrój przewodu, w [mm^2],
I – wartość skuteczna prądu zwarcia, w [A],
k – jednosekundowa gęstość prądu zwarciowego, w [A/mm^2].

Rodzaje zabezpieczeń

Zasady sprawdzania przekroju przewodów ze względu na skutki przepływu prądów przetężeniowych zostały określone w normie PN-HD 60364-4-43:2012 P *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym*. Według tej normy wyróżnia się trzy rodzaje urządzeń zabezpieczających [1, 6]:

1) urządzenia zabezpieczające tylko przed skutkami prądu przeciążeniowego, które mają zdolność przerywania prądu o wartości niższej niż wartość spodziewanego prądu zwarciowego w miejscu ich zainstalowania; zabezpieczenie przed prądem przeciążeniowym realizują zasadniczo urządzenia z opóźnionym czasem działania, przy zastosowaniu: wyłączników wyposażonych w wyzwalacze termobimetalowe lub bezpieczników topikowych ogólnego przeznaczenia z pełnozakresową charakterystyką wyłączenia;

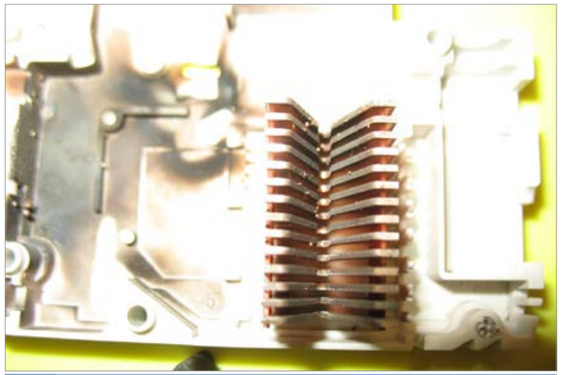
2) urządzenia zabezpieczające przed prądem zwarciowym, które są przeznaczone tylko do ochrony przed prądem zwarciowym powinny być zdolne wyłączyć, a w przypadku wyłącznika włączyć, prąd zwarciowy aż do spodziewanej jego wartości włącznie, przy zastosowaniu: wyłączników wyposażonych w wyzwalacze zwarciowe lub bezpieczników z wkładkami topikowymi typu gM, aM;

3) urządzenia zabezpieczające jednocześnie przed prądem przeciążeniowym i prądem-zwarciowym – powinny wyłączyć, a w przypadku wyłącznika włączyć, każdy prąd przeciążeniowy aż do spodziewanego prądu zwarciowego w punkcie zainstalowania urządzenia, przy zastosowaniu: wyłączników wyposażonych w wyzwalacze przeciążeniowe i wyzwalacze zwarciowe lub wyłączników współpracujących z bezpiecznikami lub bezpieczników z wkładką topikową o charakterystyce gG.

*) W normalizacji definiuje się czasy trwania zwarcia nie dłuższe od 5 s.



Fot. 1. Przykładowe rozwiązania topików w bezpiecznikach cylindrycznych fot. JT



Fot. 2. Element gaszący łuk elektryczny w rozłączniku nn po kilkukrotnym zadziałaniu fot. JT

Bezpieczniki topikowe nn

Na działanie, parametry i jakość bezpiecznika wpływają wszystkie jego części składowe, ale wpływ decydujący mają topik, gasiwo i korpus. Bezpieczniki topikowe charakteryzują się następującymi parametrami [6]:

a) napięcie znamionowe bezpiecznika U_n,

b) prąd znamionowy ciągły I_n,

c) prąd znamionowy wyłączalny wkładki topikowej I_{cn},

d) znamionowy prąd załączalny I_{cm},

e) prąd ograniczony I_o określający obciążenia elektrodynamiczne,

f) całką Joule'a określającą obciążenie cieplne.

Materiał i ukształtowanie topika oraz rodzaj gasiwa decydują o przebiegu charakterystyki czasowo-prądowej, całki przedłukowej Joule'a I^2t_p i całki Joule'a wyłączania I^2t_w oraz zdolności wyłączania [2]. Najbardziej znaną charakterystyką bezpiecznika jest charakterystyka czasowo-prądowa, przedstawiająca czas działania t w funkcji prądu I. Jest to charakterystyka zależna, typowa dla aparatów o cieplnej zasadzie działania: im większy prąd, tym krótszy czas działania. Pełna, pasmowa charakterystyka czasowo-prądowa jest ograniczona dwiema krzywymi: od dołu linią najmniejszych czasów przedłukowych t_p, a od góry – linią największych czasów wyłączania t_w. Na osi odciętych podaje się wartości skuteczne prądu – wartość skuteczną składowej okresowej prądu spodziewanego (zwarciowego), tzn. bez uwzględnienia ewentualnego efektu ograniczającego w wyniku zadziałania bezpiecznika [2, 3].

Klasa bezpiecznika topikowego

Klasa bezpiecznika opisuje typ charakterystyki czasowo-prądowej wkładki bezpiecznikowej. W przypadku bezpieczników niskonapięciowych jest ona scharakteryzowana dwiema literami, z których pierwsza oznacza zakres zdolności wyłączania [2, 3]:

g – Wkładka ogólnego zastosowania, której zdolność wyłączania jest gwarantowana poczynając od prądu przetapiającego topik w ciągu 1 h, do znamionowego prądu wyłączalnego.

a – Wkładka o niepełnozakresowej zdolności wyłączania, tzn. wkładka, która wyłącza poprawnie prąd zawarty między najmniejszym prądem wyłączalnym I_{bmin} (np. $4 \cdot I_n$) a znamionowym prądem wyłączalnym I_{bn}; nie gwarantuje poprawnego wyłączania małych prądów przeciążeniowych i w zasadzie powinien jej towarzyszyć w obwodzie aparat (samoczynny rozłącznik, wyłącznik) przejmujący to zadanie.

Druga litera symbolu oznacza kategorię użytkowania [2, 6]:

G – wkładka ogólnego przeznaczenia, o charakterystyce czasowo-prądowej odpowiadającej dawnym wkładkom zwłocznym,

F – wkładka o charakterystyce szybkiej, wycofana z normalizacji międzynarodowej IEC oraz europejskiej EN, traktowana jako wykonanie przejściowe. W Polsce wkładki o charakterystyce szybkiej są nadal produkowane w oparciu o dawną Polską Normę PN-87/E-93100/05 bądź zakładowe warunki techniczne,

L – wkładka do zabezpieczania kabli i przewodów,

M – wkładka do zabezpieczania silników i urządzeń rozdzielczych,

R – wkładka do zabezpieczania urządzeń półprzewodnikowych,

Tr – wkładka do zabezpieczania transformatorów,

B – wkładka do zabezpieczania urządzeń w podziemiach kopalń.

Dobierając klasę bezpiecznika trzeba się kierować informacjami, jakie niosą oba człony oznaczenia. Wkładkę o niepełnozakresowej charakterystyce w zasadzie używa się tylko w obwodzie, w którym jest łącznik z zabezpieczeniem przeciążeniowym i prądy mniejsze niż najmniejszy prąd wyłączalny wkładki wyłącza on zanim dojdzie do przetopienia topika. Wkładkę a stosuje się w takim obwodzie, aby uzyskać określoną korzyść, np. mniejszy gabaryt, mniejsze straty mocy. Jeśli wspomniane warunki nie występują, to stosuje się wkładkę ogólnego zastosowania typu g [2, 3, 6].

Nie jest też trudną decyzja co do wyboru kategorii użytkowania. Jeśli nie ma powodów, by postąpić inaczej, wybiera się wkładkę ogólnego przeznaczenia G. I tak, do zabezpieczania przewodów w instalacjach i sieciach stosuje się wkładki gG. Jeśli najmniejszy prąd zwarciowy wyłączają one po czasie zbyt długim z punktu widzenia wymagań ochrony przeciwporażeniowej, to w przypadkach koniecznych można zastąpić je wkładkami o działaniu szybkim gF. Obwody silnikowe ze stycznikami i przekaźnikami przeciążeniowymi zabezpiecza się wkładkami aM, gM lub gG, przekształtniki energoelektroniczne – wkładkami aR lub gR, transformatory – wkładkami gTr, a urządzenia dołowe w kopalniach – wkładkami gB.

Ciekawym rozwiązaniem są bezpieczniki klasy gM, zwłoczne, o pełnozakresowej zdolności wyłączania, którym przypisuje się dwie wartości prądu – mniejszy, prąd znamionowy I_n, oznaczający obciążalność długotrwałą wkładki i podstawy zespolonej, oraz większy, prąd charakterystyczny I_{ch}, określający przebieg charakterystyki czasowo-prądowej, charakterystyki prądów ograniczonych oraz wartości całki Joule'a [2, 6].

Wyłączniki nadmiarowoprądowe

Wyłączniki nadmiarowopradowe zwane też nadprądowymi stosuje się do zabezpieczania [3, 6]:

Typ charakterystyki	Wyzwalacz przeciążeniowy			
	elektromagnetyczny		termobimetalowy	
	Prąd I_4	Prąd I_5	Prąd I_1	Prąd I_2
A	$2\,I_n$	$3\,I_n$	$1{,}13\,I_n$	$1{,}45\,I_n$
B	$3\,I_n$	$5\,I_n$		
C	$5\,I_n$	$10\,I_n$		
D	$10\,I_n$	$20\,I_n$		

Czas zadziałania przekaźnika termobimetalowego:
– prąd $I_1 \geq 1$ h
– prąd $I_2 < 1$ h
Czas zadziałania przekaźnika elektromagnetycznego:
– prądu $I_4 \geq 0{,}1$ s
– prądu $I_5 < 0{,}1$ s

Tab. 1. Właściwości wyłączników nadprądowych [6]



Fot. 3. Wypalone styki w rozłączniku nn fot. JT

- pojedynczych obwodów odbiorników małej mocy,
- obwodów rozdzielczych, wyposażonych w nastawialne lub nienastawialne wyzwalacze zwarciowe lub przeciążeniowe, a niekiedy w wyzwalacze różnicowoprądowe.

Wyłączniki nadmiarowoprądowe, zwane również instalacyjnymi, znajdują obecnie zastosowanie jako aparaty zabezpieczające każdy rodzaj obwodu. Produkowane są na prądy znamionowe w zakresie od 0,5 do 125 A. Stosowanie ich w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia do zabezpieczania obwodów odbiorczych podyktowane jest zapisem w §183 pkt 1 ust. 4 i 5 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (teks jednolity obwieszczenie Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Dz.U. z 2019 r., poz. 1065 z późniejszymi zmianami), który mówi, że do zabezpieczenia obwodów odbiorczych instalacji elektrycznych należy stosować wyłączniki nadprądowe oraz selektywność zabezpieczeń [5].

Wyłącznik wyposażony jest, między innymi, w dwa rodzaje wyzwalaczy: termiczny oraz elektromagnetyczny. Rolę wyzwalacza termicznego spełnia bimetal.

Jego zadaniem jest wyłączenie zabezpieczanego obwodu na skutek nadmiernego nagrzewania, spowodowanego przepływem prądu większego niż znamionowy prąd roboczy aparatu. Zadaniem wyzwalacza elektromagnetycznego jest wyłączenie obwodu, w którym wystąpił przepływ prądu zwarciowego. Zadziałanie to powinno być bezzwłoczne. Przez wyłączenie bezzwłoczne należy rozumieć zadziałanie o czasie nie dłuższym niż 0,1 s.

Wyróżnia się trzy podstawowe typy wyłączników instalacyjnych, różniące się charakterystykami czasowo-prądowymi. Charakterystyki te oznaczone są jako B, C oraz D i różnią się one między sobą krotnością prądu znamionowego roboczego zabezpieczenia, przy której nastąpi jego bezzwłoczne zadziałanie [5].

Wybór wyłącznika z właściwą charakterystyką zależy od rodzaju obwodu zabezpieczanego, a mianowicie od spodziewanych prądów przeciążeniowych, które mogą się pojawić w chwili załączania danego obwodu lub odbiornika. Znajomość charakterystyk czasowo-prądowych wyłączników instalacyjnych jest niezbędna do prawidłowego doboru tych urządzeń do pracy selektywnej.

Wyłączniki w zależności od typu charakterystyki mają różne przeznaczenie [1, 5]:

- A – zabezpieczenie przewodów, odbiorników elektronicznych i elementów sterowania, jeżeli urządzenia przyłączone do instalacji charakteryzują się prądem rozruchowym nie większym niż $2 \cdot I_n$, gdzie I_n – prąd znamionowy wyłącznika,
- B – zabezpieczanie przewodów i odbiorników w obwodach oświetleniowych, gniazd wtyczkowych i sterowania, jeżeli przyłączane do instalacji urządzenia charakteryzują się prądem rozruchowym nie większym niż $3 \cdot I_n$, gdzie I_n – prąd znamionowy wyłącznika,
- C – zabezpieczanie przed skutkami zwarć i przeciążeń w instalacji, w której zastosowano urządzenia o prądzie rozruchowym do $5 \cdot I_n$,
- D – zabezpieczanie przed skutkami zwarć i przeciążeń w instalacji, w której zastosowano urządzenia o prądzie rozruchowym do $10 \cdot I_n$.

Na rynku pojawiają się wyłączniki nadprądowe selektywne o różnych oznaczeniach E, K, S, T, Z,…, które powinny być dobierane do danej instalacji na podstawie danych katalogowych podawanych przez producenta oraz schematu elektrycznego danego aparatu.

Elementy gaszące łuk

Gaszenie łuku elektrycznego prądu przemiennego polega na intensywnym odbiorze ciepła z kanału łukowego przed przejściem prądu łuku przez zero, a następnie po przejściu tego prądu przez zero zapewnić warunki możliwie najszybszej dejonizacji plazmy połukowej w celu zapewnienia dostatecznie szybkiego przyrostu wytrzymałości powrotnej (napięcia zapłonowego) [4].

Łuk prądu wyłączeniowego zostanie ostatecznie przerwany, jeśli po ustaniu jego przepływu przerwa międzystykowa wytrzymuje bez ponownego zapłonu narastające na niej napięcie powrotne (przejściowe) będące wypadkową napięcia źródła i zanikającej składowej swobodnej napięcia powrotnego przejściowego. Aby przerwa wytrzymała to napięcie bez zapłonu, jej wytrzymałość (zapłonowa) musi być wyższa od napięcia powrotnego dla całego przedziału czasowego odzyskiwania przez przerwę pełnej wytrzymałości dielektrycznej po ustaniu przepływu prądu łuku. Elementami gaszącymi łuk elektryczny w aparaturze modułowej są najczęściej płytki gaszeniowe z tworzywa sztucznego lub komory gaszeniowe z płytkami metalowymi, które mogą być wspomagane odpowiednim prowadzeniem noży kontaktowych [4].

Selektywność zabezpieczeń

Przez pracę selektywną zabezpieczeń rozumiemy odłączenia obwodu, w którym nastąpiło uszkodzenie, bez wpływu na pozostałe obwody. Wyróżnić można następujące rodzaje selektywności [5]:

- prądową,
- czasową,
- logiczną,
- energetyczną.

Selektywność prądowa występuj,e gdy możliwe jest nastawienie wartości prądu działania danego zabezpieczenia. Im bliżej odbiornika w instalacji, tym spodziewane prądy zwarciowe są mniejsze. Wraz ze zmniejszeniem się tych prądów zmniejszeniu ulegają nastawy prądowe aparatów zabezpieczających. W ten sposób można zapewnić tylko częściową selektywność zabezpieczeń [5].

Selektywność czasowa możliwa jest do uzyskania dla zabezpieczeń, które mają regulowany czas zadziałania. Przy nastawianiu prądu zadziałania oraz czasu zwłoki aparat czeka na zadziałanie zabezpieczenia w uszkodzonym obwodzie. Jeżeli w nastawionym czasie nie wystąpi przerwa w przepływie prądu zwarciowego, to wówczas dany aparat zabezpieczający zadziała, wyłączając zarówno obwód uszkodzony, jak również część obwodów sprawnych. Jeżeli natomiast wyłączy właściwe zabezpieczenie niesprawnego obwodu, wówczas taki wyłącznik nie wyzwoli i selektywność będzie zachowana [5].

Selektywność logiczna może być zastosowana tylko w sytuacji, jeżeli obydwa wyłączniki pochodzą z oferty tego samego producenta oraz ich wyzwalacze posiadają niezbędne funkcje komunikacyjne. Zastosowanie tej metody polega na przesyłaniu sygnału blokowania wyłączenia. Przy wystąpieniu zwarcia zabezpieczenie zainstalowane bliżej chronionego odbiornika wysyła do poprzedzającego go zabezpieczenia sygnał blokujący oraz sprawdza także, czy nie otrzymało sygnału blokującego od zabezpieczenia występującego za nim od strony zasilania. Selektywność logiczna jest zawsze całkowita [5].

Selektywność energetyczna polega na porównaniu wartości energii potrzebnej do zadziałania dwóch porównywanych zabezpieczeń. Jeżeli energia potrzebna do zadziałania wyłącznika lub bezpiecznika znajdującego się głębiej w instalacji jest mniejsza niż energia potrzebna do zadziałania urządzenia zabezpieczającego znajdującego się powyżej, wtedy zapewniona jest selektywność. Energię cieplną wydzielającą się podczas zwarcia określa się całką Joule'a [5].

Często spotykany sposób projektowania instalacji elektrycznej niskiego napięcia wykorzystuje układ zabezpieczeń bezpiecznik-wyłącznik. W układzie tym zabezpieczenia poszczególnych obwodów zrealizowane są za pomocą wyłączników instalacyjnych, natomiast zabezpieczenie główne obiektu lub rozdzielnicy nn, wykonane jest za pomocą bezpiecznika topikowego [5].

W takim układzie, aby zapewnić selektywną współpracę aparatów zabezpieczających, przy przepływie prądów zwarciowych, należy skorzystać z ich danych katalogowych. W odniesieniu do bezpieczników topikowych podawane są dwie istotne wartości dotyczące ich działania, a mianowicie całka Joule'a przedłukowa oraz całka Joule'a wyłączania. Pierwsza z nich informuje o tym, ile potrzebnej jest energii cieplnej, aby nastąpiło przepalenie topika i pojawił się łuk elektryczny wewnątrz wkładki, a tym samym rozpoczął się proces przerwania przepływu prądu. Druga z podanych wartości mówi o tym, ile energii cieplnej przepłynie przez wkładkę, zanim nastąpi wyłączenie zabezpieczanego obwodu. Dla wyłączników instalacyjnych podawane są tylko wartości tzw. energii przenoszonej lub całki Joule'a wyłączania [5]. Szczegółowa analiza selektywności będzie przedstawiona w kolejnym artykule w jednym z najbliższych numerów „elektro.info".

Literatura

1. J. Wiatr, Praktyczne aspekty obliczania zwarć w sieciach oraz instalacjach elektrycznych niskiego napięcia, Grupa MEDIUM Sp. z o.o. Sp.k., Warszawa 2021.
2. E. Musiał, Bezpieczniki w nowoczesnych układach zabezpieczeń urządzeń niskiego napięcia, Ogólnopolskie Szkolenie Techniczne „Zabezpieczenia niskonapięciowych instalacji i urządzeń elektrycznych" Poznań, październik 2001.
3. K. Kuczyński, Aparatura łączeniowa w instalacjach elektrycznych nn, „elektro.info" 10/2019.
4. J. Maksymiuk, Aparaty elektryczne, WNT 1997.
5. A. Książkiewicz, Selektywna praca wyłączników instalacyjnych podczas zwarć, „elektro.info", nr 4, 2017.
6. www.bezel.com.pl

ABSTRACT

Fuses as the Basic Protection in LV Electric Installations

The article presents the basic properties of fuses and circuit breakers. Attention is paid to the selective operation of installation protections.

Keywords: fuses, circuit breakers, short-circuit.

REKLAMA



mgr inż. Marcin Szkudniewski, mgr inż. Adam Szczepanik – Sonel S.A.

Ciągły monitoring jakości energii elektrycznej ze stacjonarnym analizatorem Sonel PQM-750

Analizator PQM-750 to odpowiedź firmy Sonel na rosnące wymagania rynku energetycznego. Stworzony z myślą o precyzyjnym, ciągłym monitoringu parametrów sieci, wyróżnia się kompaktową budową, modułową konstrukcją oraz zaawansowaną funkcjonalnością.

Ewolucja analizatorów jakości zasilania

Sonel od wielu lat rozwija swoją ofertę w dziedzinie analizatorów jakości zasilania. Począwszy od pionierskiego modelu Sonel PQM-701, poprzez kolejne generacje mierników Sonel PQM-700/PQM-707, a skończywszy na zaawansowanym modelu Sonel PQM-711 w klasie A. Wszystkie te przyrządy były przenośne i świetnie nadawały się do pomiarów oraz diagnostyki w różnych punktach pomiarowych – wszędzie tam, gdzie istniał problem do rozwiązania.

Jednak na przestrzeni lat – wraz z rozwojem techniki, transformacją energetyki oraz zmianą modelu odbiorów energii elektrycznej – pojawiła się potrzeba ciągłego monitoringu parametrów sieci, jednocześnie w wielu punktach systemu elektroenergetycznego. Zmienność odbiorów, rozproszona generacja, supraharmoniczne, niekontrolowane rozpływy energii, asymetryczne obciążenia i wiele innych zjawisk powodują poważne zagrożenia dla stabilnej pracy systemu. Zatem monitorowanie parametrów, agregacja danych oraz alarmowanie w krytycznych momentach są dziś kluczowe. Do takich zadań powstał stacjonarny analizator jakości zasilania Sonel PQM-750.



Fot. 1. Analizator Sonel PQM-750



Fot. 2. Montaż analizatora Sonel PQM-750 na szynie DIN-TH35

Precyzja klasy A – najwyższe standardy pomiarowe

Analizatory można dzielić według różnych kryteriów, ale jednym z najistotniejszych jest klasa analizatora. Norma IEC 61000-4-30 wyróżnia dwie klasy: A (jak Advanced) oraz S (od Survey). Mierniki klasy S mają słabsze parametry i ich pomiary mogą dawać większe różnice w tym samym punkcie pomiarowym dla urządzeń różnych producentów. Natomiast mierniki klasy A są bezkompromisowe i podłączone w tym samym punkcie powinny wskazać te same wyniki. Sonel PQM-750 jest certyfikowanym analizatorem w klasie A. Potwierdza to dokument z akredytowanego laboratorium badawczego. Dzięki temu można mieć pewność, że wiele jednostek tego urządzenia w różnych punktach sieci będzie mierzyć jej parametry z należytą precyzją. Niezależnie od klasy A, analizator zbudowany jest na wysokiej jakości podzespołach. O jakość przetwarzania danych dba 24-bitowy przetwornik analogowo-cyfrowy. Częstotliwość próbkowania sygnałów może dochodzić do 80 kHz. Pomiary harmonicznych – do 256., monitorowanie pasma częstotliwości – do 150 kHz dla supraharmoniczych, pomiar energii czynnej w klasie 0,2S – to tylko niektóre atuty analizatora. O jego zaawansowaniu niech świadczy fakt, że w jednej chwili może rejestrować ponad 15 000 parametrów!



Fot. 3. Analizator Sonel PQM-750 z ochroną wejść prądowych i napięciowych

Kompaktowa budowa i łatwość montażu

Nie tylko precyzyjne pomiary są atutem analizatora. Urządzenie ma niewielką obudowę, co jest niezwykle istotne z punktu widzenia montażu w szafach rozdzielczych. Często nie ma w nich za wiele miejsca na rozbudowę i dodanie urządzenia o większych gabarytach nie jest możliwe. Niewielka obudowa Sonel PQM-750, przystosowana do montażu na szynie DIN-TH35, nie zabiera wiele miejsca, dzięki czemu analizator daje się bez problemów zamontować w miejscach, gdzie już istnieje działająca infrastruktura. Gdyby jednak była taka potrzeba, na wyposażeniu analizatora jest zestaw do montażu na ścianie.

W tak małej obudowie nie zabrakło funkcjonalności istotnej dla dostawców energii, czyli możliwości plombowania wejść napięciowych i prądowych. Dzięki temu jakakolwiek ingerencja w układ połączeń może być jednoznacznie zdiagnozowana.



Fot. 4. Sonel PQM-750 – wbudowany ekran do obsługi analizatora w miejscu zainstalowania

Możliwość dostosowania do różnych wymagań dzięki modułowości

W przypadku Sonel PQM-750 nie sposób nie wspomnieć o jego modułowej budowie. Standardowo analizator oferowany jest jako jednostka główna, która zawiera niezbędne do funkcjonowania komponenty:

- 5 wejść do pomiarów napięć do 1000 V;
- 5 wbudowanych przekładników prądowych o zakresie znamionowym 5 A;
- 2 wejścia cyfrowe oraz złącze do pomiaru temperatury w standardzie 1-wire;
- 2 wyjścia przekaźnikowe sterowalne;
- przekaźnik pełniący funkcję nadzorczą (watchdog);
- dwa warianty wbudowanego zasilacza o zakresie napięć dedykowanych do sieci DC 18…60 V DC lub uniwersalnego 85…264 V AC / 120…300 V DC;
- gotowość pracy w sieciach 50 Hz, 60 Hz oraz 400 Hz;
- wbudowany akumulator Li-Ion do zasilania miernika w przypadku zaniku napięcia na zasilaczu głównym lub zasilaniu PoE;
- baterię Li-Ion do podtrzymania wewnętrznego zegara;
- wbudowane 2 porty Ethernet do komunikacji z serwerami; jeden z portów umożliwia zasilanie miernika z sieci LAN w standardzie PoE; przez port LAN możliwa jest synchronizacja z serwerem czasu NTP;
- wbudowane dwa porty RS-485 – jeden do komunikacji, a drugi jako odbiornik sygnałów IRIG-B do precyzyjnej synchronizacji czasu analizatora;
- wbudowany port USB host do obsługi analizatora;
- wbudowaną pamięć oraz gniazdo karty microSD do zapisu danych;
- kolorowy, dotykowy ekran o przekątnej 2,4 cala – do podstawowej obsługi analizatora w miejscu zainstalowania;
- wbudowane protokoły do wymiany danych: IEC 61850, Modbus RTU, Modbus TCP/IP, autorski SonelFrame.

Warianty wyposażenia i moduły rozszerzeń Sonel PQM-750

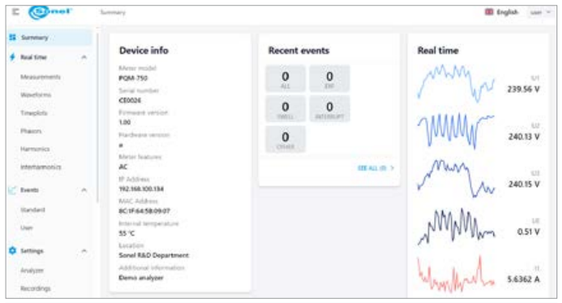
Budowa modułowa analizatora PQM-750 umożliwia dostosowanie go do indywidualnych wymagań. Analizator wyposażony jest w złącze krawędziowe, które służy do dołączania zewnętrznych modułów rozszerzeń. Podczas składania zamówienia można wybrać jeden z wielu wariantów wyposażenia:



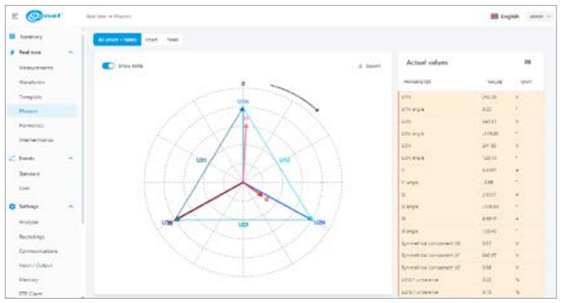
Fot. 5. Moduł GPS-1



Fot. 6. Analizator Sonel PQM-750 z zewnętrznym modułem GPS



Rys. 1. Webserwer w Sonel PQM-750 – ekran podsumowania analizatora



Rys. 2. Webserwer – wykres wskazowy

» wbudowany zasilacz 18…60 V DC lub 85…264 V AC / 120…300 V DC,
» wbudowane przekładniki prądowe o zakresie znamionowym 5 A lub 1 A,
» wewnętrzny moduł pomiaru transientów napięciowych do 6 kV z częstotliwością próbkowania do 10 MHz.

Analizator można dodatkowo wyposażyć w zewnętrzny moduł GPS-1, który zapewnia synchronizację czasu analizatora z uniwersalnym czasem koordynowanym UTC i gwarantuje dokładność oznaczania czasowego pomiarów rzędu mikrosekund. Moduł pełni również funkcję serwera sygnału synchronizacji czasu w standardzie IRIG-B. Dostępny jest w zestawie z anteną w trzech wariantach długości: 10 m, 20 m i 30 m.

W najbliższej przyszłości producent przewiduje dodanie kolejnych wariantów i modułów rozszerzeń, takich jak:
» wersja przeznaczona do współpracy z zewnętrznymi przekładnikami prądowymi,
» wersja z przekaźnikami półprzewodnikowymi (SSR),
» zewnętrzny moduł GSM przeznaczony do zdalnej komunikacji z analizatorem,
» zewnętrzny moduł wejść/wyjść,
» zewnętrzny panel operatorski – do pełnej obsługi analizatora w miejscu jego zainstalowania.

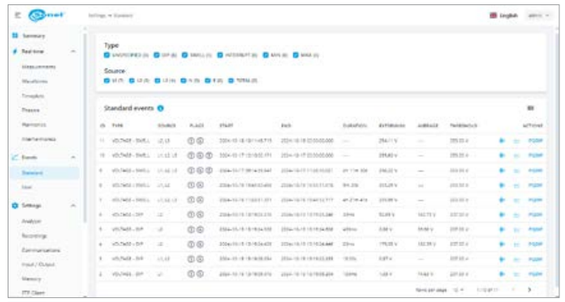
Przewiduje się także rozbudowę możliwości funkcjonalnych analizatora poprzez dodawanie obsługi specjalnych protokołów komunikacyjnych, m.in. DNP3 oraz COMTRADE.

Webserwer – wygodna obsługa i zdalna konfiguracja

Dopełnieniem funkcjonalnym analizatora jest wbudowany serwer sieciowy (webserwer). Dzięki niemu możliwa jest zdalna konfiguracja, odczyt danych bieżących czy podgląd zapisanych zdarzeń z poziomu dowolnej przeglądarki internetowej. Obsługa jest prosta i intuicyjna. Funkcjonalności serwera nie są wbudowane na stałe i planowane są aktualizacje miernika, które będą rozbudowywać jego możliwości. Zdolność zarówno lokalnej, jak i zdalnej aktualizacji analizatora to kolejna kluczowa wartość. Dzięki temu można łatwo i szybko dokonać aktualizacji miernika, nie wychodząc z biura. Jest to niezwykle istotne, gdyż wraz ze zmieniającymi się potrzebami rynku, urządzenie jest przygotowane do tego, aby nadążać za tymi potrzebami i standardami.



Rys. 3. Webserwer – przykładowe ekrany odczytów bieżących



Rys. 4. Webserwer – ekran informacyjny zarejestrowanych zdarzeń



Rys. 5. Webserwer – wykresy przykładowego zarejestrowanego zapadu napięciowego



Rys. 6. Webserwer – przykładowy ekran konfiguracyjny

Warto podkreślić, że interfejs w mierniku i serwerze sieciowym można obsługiwać w kilku językach. Dzięki możliwości aktualizacji liczba wersji językowych będzie w przyszłości powiększana, zgodnie z potrzebami klientów.

Wbudowany serwer umożliwia szeroką konfigurację analizatora, co jest bardzo ważne z punktu widzenia odpowiedniego dostosowania jego działania do faktycznych potrzeb użytkownika. Należy bowiem pamiętać, że nieodpowiednia konfiguracja może skutkować zbyt dużą ilością danych lub zmniejszeniem bezpieczeństwa obsługi.

Z poziomu serwera sieciowego można także dokonać ustawień mających na celu integrację miernika z systemami informatycznymi użytkownika (np. systemem SCADA). W tym celu można skorzystać ze standardowych protokołów IEC 61850 lub Modbus. Możliwa jest także pełna integracja z wykorzystaniem autorskiego protokołu SonelFrame – po napisaniu odpowiedniego sterownika. Dzięki wbudowanemu klientowi FTP, zgromadzone dane w pamięci wewnętrznej można automatycznie raz na dobę wysłać do wskazanego serwera FTP w postaci plików PQDIF. Format PQDIF jest jednym z najczęściej stosowanych formatów wymiany danych na świecie. Współpraca z praktycznie dowolnym oprogramowaniem, które korzysta ze standardowych protokołów komunikacyjnych, zapewnia uniwersalność analizatora.

Cyberbezpieczeństwo – znak czasów

Analizator Sonel PQM-750 został wyposażony w szereg funkcjonalności, które mają utrudnić ingerencję osób niepowołanych. Wbudowany firewall, szyfrowane oprogramowanie wewnętrzne, kod PIN do obsługi wbudowanego ekranu, system logowania do obsługi wbudowanego webserwera, szyfrowana transmisja danych z webserwera – to przykłady rozwiązań zapewniających bezpieczeństwo.

Całodobowa rejestracja i analiza parametrów sieci energetycznej

To wszystko sprawia, że analizator Sonel PQM-750 można uznać za potężne narzędzie do całodobowej rejestracji i analizy parametrów sieci energetycznej. Jego niewielkie wymiary, modułowa budowa, precyzyjne pomiary, zaawansowana technologia, możliwość współpracy z systemami bazodanowymi i systemami SCADA – to niewątpliwie atuty, dzięki którym sektor energetyczny (wytwarzanie i dystrybucja), przemysł oraz firmy usługowe otrzymują wysokiej klasy miernik do monitoringu jakości zasilania.

Potwierdzeniem najwyższej jakości i niezawodności urządzenia jest 36-miesięczna gwarancja, z możliwością przedłużenia do 60 miesięcy w Programie Regularnych Wzorcowań Sonel.

Sonel S.A.
58–100 Świdnica
ul. Wokulskiego 11
tel. 74 884 10 53
bok@sonel.pl
www.sonel.pl

dr inż. Adam Smolarczyk, mgr inż. Artur Łukaszewski – Politechnika Warszawska

Metody badania funkcji zabezpieczeń nadprądowych przekaźników elektroenergetycznych

Poprawność działania urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej (EAZ) jest ważna dla poprawnego funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (SEE). Istotną grupę wśród urządzeń EAZ stanowią urządzenia EAZ eliminacyjnej, które służą do eliminacji zakłóceń (w tym zwarć) występujących w elementach SEE, takich jak linie, transformatory, silniki, generatory. Urządzeniami EAZ eliminacyjnej są zabezpieczenia elektroenergetyczne. W skład zabezpieczeń elektroenergetycznych wchodzą urządzenia zabezpieczeniowe (przekaźniki elektroenergetyczne). Obecnie przekaźniki elektroenergetyczne wykonane w technologii mikroprocesorowej niemal całkowicie wyparły rozwiązania elektromechaniczne oraz elektroniczne. W związku z tym coraz częściej spotykane są kompleksowe (zawierające wiele różnych funkcji) przekaźniki wyposażone w szereg różnych funkcji zabezpieczeniowych, sterujących, pomiarowych, rejestrujących. Funkcje te są realizowane za pomocą algorytmów w ramach oprogramowania wewnętrznego danego przekaźnika elektroenergetycznego.

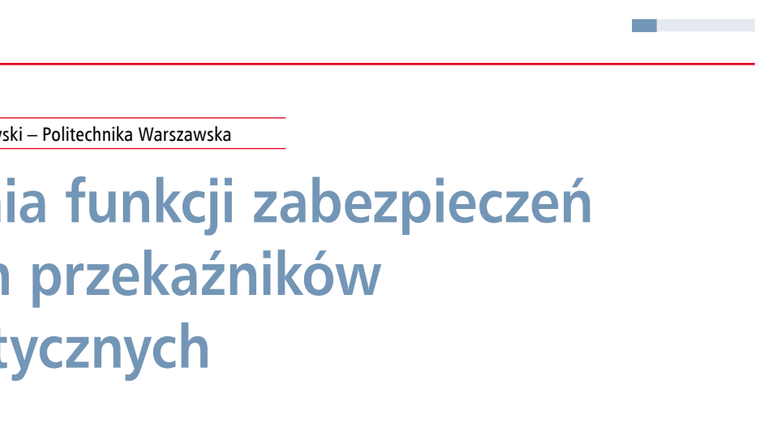
Bardzo często do ochrony elementów SEE wykorzystywane są funkcje zabezpieczeń nadprądowych (funkcje nadprądowe). Funkcje te można podzielić wg różnych kryteriów. Do kryteriów tych można m.in. zaliczyć: rodzaj charakterystyki (zależna, niezależna), rodzaj zwarcia (międzyfazowe, doziemne), kierunkowość (kierunkowe, bezkierunkowe).

Od przekaźników elektroenergetycznych wymaga się niezawodnej i poprawnej pracy. Z tego powodu urządzenia te poddawane są testom. Pierwsze testy przeprowadzane są już na etapie produkcji samego urządzenia, jak również przed oddaniem go do użytku. Bardzo istotną rzeczą jest dokonywanie rutynowych przeglądów urządzeń EAZ. Zapewnia to długotrwałą, wieloletnią i niezawodną pracę takich urządzeń. Jest wiele rodzajów testów przekaźników elektroenergetycznych, ich podział można znaleźć m.in. w [1]. Testy te można podzielić na dwie grupy:

- testy typu (ang. *type tests*), wśród których wyróżnia się: (a) testy zgodności (ang. *conformance tests*), (b) testy działania (ang. *performance tests*) i (c) uaktualniające testy typu (ang. *upgrade type tests*);
- testy indywidualne (ang. *individual tests*), wśród których wyróżnia się: (a) testy akceptacji (ang. *acceptance tests*), (b) testy dopuszczające (ang. *commisioning tests*) i (c) testy okresowe (ang. *periodic tests*).

STRESZCZENIE

W artykule opisano rodzaje i miejsca stosowania oraz metody badania funkcji zabezpieczeń nadprądowych przekaźników elektroenergetycznych. Opisano moduł testowy Overcurrent oprogramowania Test Universe sterującego pracą testera typu CMC do automatycznego testowania funkcji zabezpieczeń nadprądowych. Przedstawiono wybrane wyniki badań funkcji zabezpieczeń nadprądowych od zwarć międzyfazowych dostępnych w przekaźniku L90.



Rys. 1. Charakterystyki zabezpieczeń nadprądowych: **a)** czasowo niezależna, **b)** czasowo zależna, t_{nast} – czas nastawiony, I_r – prąd rozruchowy rys. A. Smolarczyk, A. Łukaszewski

Niniejszy artykuł poświęcony został się funkcjonalnym testom zgodności funkcji zabezpieczeń nadprądowych wybranego przekaźnika elektroenergetycznego. Do przeprowadzenia testów wykorzystano moduł testowy Overcurrent oprogramowania Test Universe sterującego pracą testera typu CMC firmy OMICRON electronics [2].

Rodzaje i miejsca stosowania zabezpieczeń nadprądowych

Przekaźniki prądowe zaliczane są do grupy przekaźników pomiarowych. Zmieniają one swój stan w wyniku przekroczenia doprowadzonej wielkości pomiarowej powyżej lub poniżej ustalonego progu. Wielkością kryterialną w tym przypadku jest prąd. Najczęściej spotykanymi przekaźnikami prądowymi są przekaźniki naprądowe. Z tego powodu, że przekaźniki elektroenergetyczne w wykonaniu cyfrowym mają zaimplementowane w swoich algorytmach wiele różnych funkcji używa się określenia „funkcja zabezpieczenia nadprądowego" lub „funkcja nadprądowa".

Zasada działania funkcji nadprądowej opiera się na wystawieniu sygnału (logiczna „1") na wyjście dwustanowe przekaźnika w odpowiedzi na przekroczenie wartości rozruchowej I_r prądu. Taki stan określa się jako pobudzenie. W chwili powrotu wartości mierzonej do poziomu poniżej prądu powrotu (odpadania) I_p, przekaźnik powinien zaprzestać wystawiania sygnału na wyjście dwustanowe (logiczne „0"). Wartości prądu rozruchowego oraz prądu powrotu nie mogą być takie same.

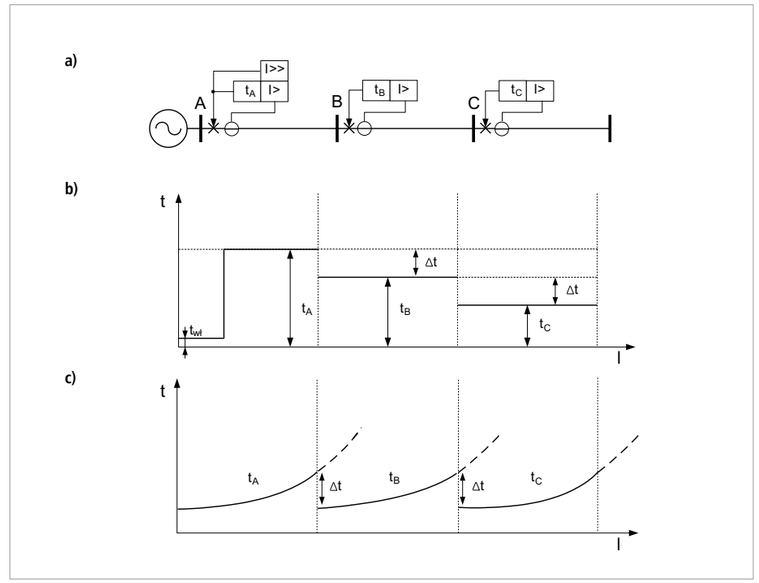
Stosunek prądu powrotu do prądu rozruchowego nazywany jest współczynnikiem powrotu $k_p = I_p/I_r$, który dla zabezpieczeń nadprądowych jest mniejszy od jedności (np. $k_p = 0{,}95$). Funkcja nadprądowa może być czasowo zależna lub niezależna, oznacza to, że posiada ona swoją charakterystykę t(I). Charakterystyka ta opisuje czas zadziałania od wartości prądu. Na **rysunku 1.** pokazano przykładowe charakterystyki działania zabezpieczeń nadprądowych: (a) czasowo niezależną **(rys. 1a)** i (b) czasowo-zależną **(rys. 1b)**.

Kształty charakterystyk czasowo zależnych mogą być różne. Istnieją dokumenty standaryzujące kształty charakterystyk. Należą do nich m.in. normy IEEE Std C37.112-1996 [3] oraz PN-EN 60255-155:2010 [4]. Niekiedy producenci przekaźników wprowadzają własne niestandardowe kształty charakterystyk funkcji zabezpieczeń nadprądowych.

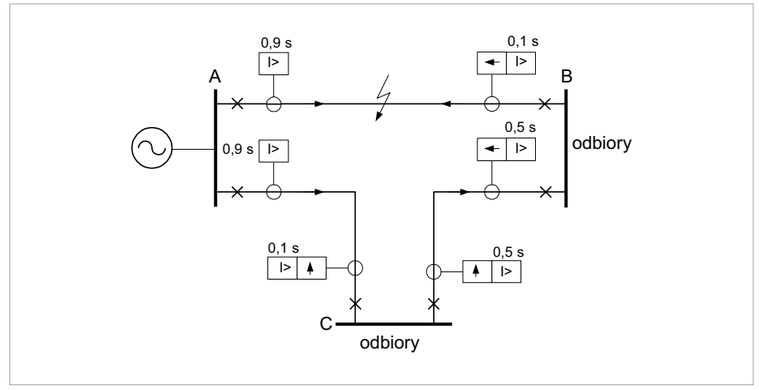
Organizacja ANSI (ang. *American National Standards Institute*) zebrała i usystematyzowała istniejące na rynku funkcje zabezpieczeniowe i oznaczyła je odpowiednimi kodami. Przykładowo, kod 51P oznacza funkcję zabezpieczeniową nadprądową od zwarć międzyfazowych o charakterystyce działania czasowo zależnej. Zgodnie z nomenklaturą ANSI funkcje nadprądowe dzieli się na:

- ziemnozwarciowe opisywane dodatkowo literą „G" lub „N";
- fazowe opisywane dodatkowo literą „P";
- reagujące na składową symetryczną przeciwną opisywane dodatkowo oznaczeniem „_2".

Zabezpieczenia nadprądowe wykorzystywane są do ochrony przed skutkami zakłóceń praktycznie każdego elementu SEE (linie, transformatory, silniki, generatory). Wykorzystywane są zabezpieczenia o charakterystykach zarówno czasowo niezależnych, jak i zależnych. Przykładowo, w sieciach średniego napięcia (SN) głównym środkiem ochrony przed skutkami zwarć wielkoprądowych są zabezpieczenia nadprądowe w wykonaniu dwufazowym lub trójfazowym [5]. Ogólną zasadę stosowania zabezpieczeń nadprądowych w sieciach SN przedstawiono na **rysunku 2**. Na **rysunku 2b** przedstawiono zasadę stopniowania czasów działania zabezpieczeń nadprądowych (w celu zachowania selektywności) w przypadku zastosowania zabezpieczeń o charakterystykach czasowo niezależnych. Jest to sposób zabezpieczania linii SN w większości państw europejskich. W USA oraz krajach anglosaskich stosuje się rozwiązania w postaci zabezpieczeń naprądowych o charakterystykach czasowo zależnych. Zasadę stopniowania czasów w tym przypadku przedstawionych na **rysunku 2c**.

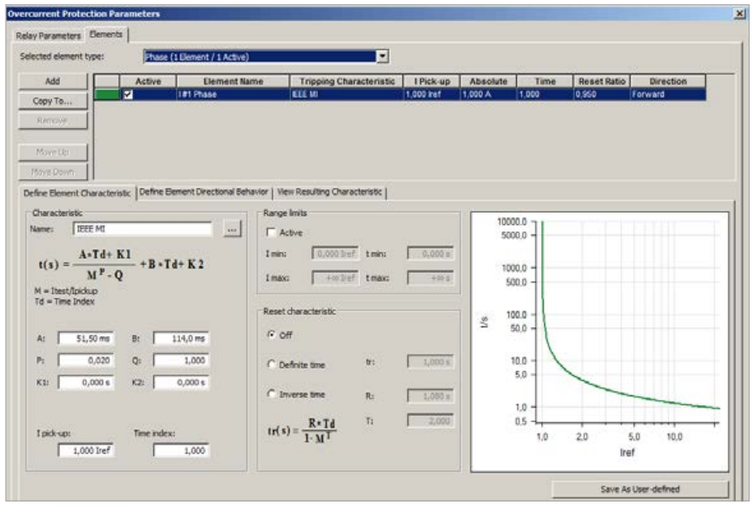


Rys. 2. Schemat: **a)** linii SN zasilanej jednostronnie wraz z zabezpieczeniami, **b)** stopniowania czasów działania zabezpieczeń nadprądowych o charakterystykach niezależnych, **c)** stopniowania czasów działania zabezpieczeń nadprądowych o charakterystykach zależnych rys. A. Smolarczyk, A. Łukaszewski

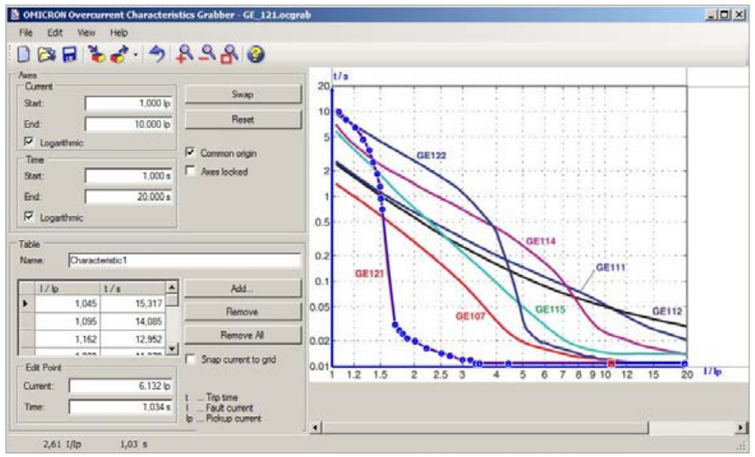


Rys. 3. Schemat przykładowej sieci pierścieniowej SN z zaznaczeniem zabezpieczeń nadprądowych wyposażonych w człony kierunkowe rys. A. Smolarczyk, A. Łukaszewski

Nastawiane czasy zwłoki zabezpieczeń nadprądowych zwłocznych (I>) powinny być dłuższe o czas stopniowania Δt (zwykle Δt mieści się w zakresie od 0,3 s do 0,5 s) od najdłuższego czasu nastawionego na zabezpieczeniu odcinka położonego dalej od źródła **(rys. 2b)**. Z tego powodu czas zwłoki zabezpieczeń nadprądowych zwłocznych powinien być tym dłuższy, im bliżej źródła znajduje się zabezpieczenie. Warto zauważyć, że takie postępowanie, mimo że gwarantuje zachowanie selektywności, niesie za sobą jednocześnie poważne konsekwencje wynikające ze zbyt dużego wydłużenia czasu zadziałania w odcinkach linii bliżej źródła, czyli niezachowaniem warunku szybkości działania. Negatywne skutki cieplne niedosta-



Rys. 4. Widok okna Overcurrent Protection Parameters oraz zakładki Define Element Characteristic
rys. A. Smolarczyk, A. Łukaszewski



Rys. 5. Odwzorowana niestandardowa charakterystyka GE121 oknie Overcurrent Characteristics Grabber
rys. A. Smolarczyk, A. Łukaszewski

tecznie szybko wyłączonego prądu zwarciowego są niebezpieczne i kosztowne. Rozwiązaniem tego problemu jest stosowanie dodatkowych funkcji nadprądowych zwarciowych (I>>) o wyższych nastawach progu rozruchowego niż w przypadku funkcji nadprądowych zwłocznych. Zasada działania takiego kompletu zabezpieczeń nadprądowych: zwłocznego i zwarciowego została przedstawiona na **rysunkach 2a** i **2b**.

W przypadku zabezpieczeń nadprądowych o charakterystykach czasowo zależnych **(rys. 2c)** czasy działania poszczególnych zabezpieczeń są krótsze w przypadku większych prądów zwarciowych, a dłuższe w przypadku mniejszych prądów zwarciowych. Selektywność działania zabezpieczeń umieszczonych na poszczególnych odcinkach linii jest zapewniona przez odpowiednie kształtowanie ich charakterystyk działania t(I).

Zastosowanie funkcji zabezpieczeniowych nadprądowych bezkierunkowych w niektórych sytuacjach może być niewystarczające. W przeciwieństwie do sieci przesyłowych sieci rozdzielcze SN zazwyczaj pracują w układach promieniowych. Oznacza to, że kierunek przepływu prądu zwarciowego zawsze jest jednakowy i nie jest wymagane ustalanie kierunku jego przepływu. Wyjątkiem od tej reguły są sieci SN o układzie pierścieniowym oraz sieci SN, w których zainstalowano odnawialne źródła energii. W takich przypadkach kierunek przepływu prądu zwarciowego może ulegać zmianie w zależności od miejsca wystąpienia zwarcia. Wobec takich przypadków stosowanie tylko funkcji zabezpieczeniowych nadprądowych bezkierunkowych do selektywnego wyłączania zwarć jest niewystarczające i muszą one zostać uzupełnione o człony kierunkowe pozwalające ustalić kierunek przepływu prądu zwarciowego. Na **rysunku 3.** został przedstawiony schemat zastępczy przykładowego układu sieci pierścieniowej. Na rysunku tym zaznaczono, które z zabezpieczeń nadprądowych powinny być wyposażone w człony kierunkowe (oznaczenia w postaci strzałek).

Opis modułu testowego overcurrent do badania funkcji zabezpieczeń nadprądowych

Testowanie funkcji zabezpieczeń nadprądowych jest stosunkowo proste. Ze względu na fakt, że w przekaźnikach elektroenergetycznych zwykle dostępnych jest wiele rodzajów charakterystyk funkcji nadprądowych, to dokładne ich sprawdzanie jest procesem żmudnym i długotrwałym. Podczas testowania funkcji nadprądowych należy wziąć pod uwagę również to, że funkcja nadprądowa dla wybranego rodzaju charakterystyki t(I) działania powinna być sprawdzona dla różnych rodzajów zwarć (zwarcia międzyfazowe i doziemne w przypadku różnych kombinacji prądów zwarciowych) z uwzględnieniem lub nie członu kierunkowego.

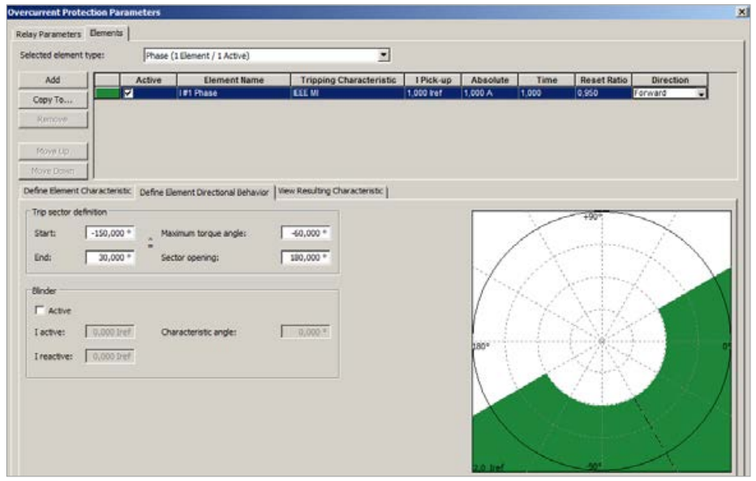
Testowanie poprawności działania wykonuje się za pomocą testerów mikroprocesorowych. Testowanie takie można wykonać „na piechotę" poprzez ręczne wymuszanie prądu, sprawdzenie czasu działania i porównanie go z czasem teoretycznym odpowiadającym danemu rodzajowi charakterystyki. Z przyczyn wymienionych wyżej (duża liczba możliwych wariantów testowych) jest to proces długotrwały. Do tego typu testowania funkcji zabezpieczeń nadprądowych można wykorzystać np. moduł testowy QuickCMC oprogramowania Test Universe (TU) testera mikroprocesorowego typu CMC firmy OMICRON electronics [2].

Znacznie szybciej można sprawdzić poprawność działania funkcji nadprądowych, jeśli proces testowania zostanie zautomatyzowany. Automatyzacja procesu testowania może polegać na tym, że prądy testowe odpowiadające różnym rodzajom zwarć będą wymuszane przez tester automatycznie „wzdłuż" charakterystyki t(I) działania funkcji. Rzeczywisty czas działania przekaźnika zostanie w sposób automatyczny porównany z czasem teoretycznym wynikającym ze zdefiniowanej wcześniej charakterystyki i na tej podstawie mogą zostać automatycznie obliczone błędy względne i bezwzględne czasu działania przekaźnika. Do tego typu testowania można wykorzystać np. moduł testowy Overcurrent oprogramowania TU testera mikroprocesorowego typu CMC firmy OMICRON electronics [2]. W świetle podziału testów zabezpieczeń przedstawionego na początku artykułu za pomocą modułu Overcurrent można wykonać funkcjonalne testy zgodności.

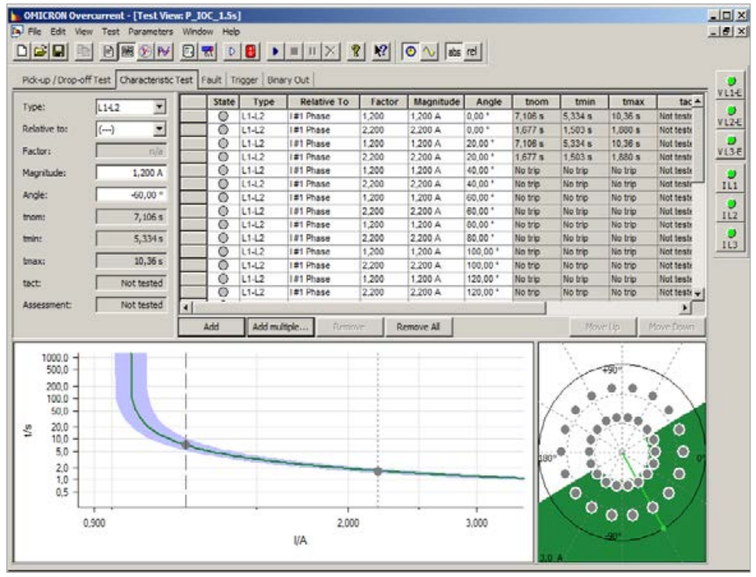
Moduł Overcurrent jest profesjonalnym oprogramowaniem przeznaczonym do szczegółowego, zautomatyzowanego badania funkcji zabezpieczeń nadprądowych reagujących na składowe symetryczne zgodne, przeciwne i zerowe prądu. Narzędzie to jest bardzo rozbudowane i pozwala na przeprowadzenie praktycznie wszystkich możliwych testów tych funkcji zabezpieczeniowych. Badaniom można poddać funkcje nadprądowe o charakterystykach czasowo zależnych lub niezależnych z uwzględnieniem członu kierunkowego lub jego braku. Moduł pozwala na sprawdzenie zarówno funkcji zabezpieczeń ziemnozwarciowych, funkcji zabezpieczeń od zwarć międzyfazowych, jak też funkcji zabezpieczeń reagujących na obecność składowej przeciwnej prądu. Symulowane zwarcia mogą być wybrane z pełnego zakresu wszystkich możliwych kombinacji. Mogą to być zwarcia trójfazowe, dwufazowe oraz jednofazowe. Ponadto można wyznaczyć charakterystyki działania funkcji w przypadku wymuszenia „czystej" składowej symetrycznej przeciwnej lub zerowej prądu. Istnieje też możliwość automatycznego wyznaczenia współczynnika powrotu funkcji nadprądowej dla określonego rodzaju zwarcia.

W module predefiniowano wiele rodzajów charakterystyk działania czasowo zależnych t(I) opisanych m.in. normami: IEC 60255-4 (BS 142), IAC, IEEE (PC37.112). Sposób wyboru rodzaju charakterystyki w module Overcurrent pokazano na **rysunku 4.** Charakterystyki te są opisane ogólnym wzorem, który może być przez użytkownika w zależności od potrzeb modyfikowany. W przypadku nietypowej charakterystyki, której nie da się opisać wzorem przedstawionym na **rysunku 4.** istnieje możliwość zdefiniowania własnej charakterystyki (a potem wgrania jej do modułu Overcurrent) wykorzystując do tego jej rysunek lub zdefiniowane punkty. Do tego celu można wykorzystać dodatkowe narzędzie oprogramowania TU o nazwie Overcurrent Characteristics Grabber. Przykład zdefiniowanej niestandardowej charakterystyki w tym narzędziu pokazano na **rysunku 5.**

Oprócz charakterystyk czasowych działania t(I) w module Overcurrent istnieje możliwość sprawdzenia członów kierunkowych zabezpieczeń nadprądowych. Sposób definiowania członu kierunkowego zabezpieczenia nadprądowego przedstawiono na **rysunku 6**. Na rysunku tym kolorem zielonym oznaczono strefę działania funkcji nadprądowej (kierunek do przodu).



Rys. 6. Widok okna Overcurrent Protection Parameters oraz zakładki Define Element Directional Behavior
rys. A. Smolarczyk, A. Łukaszewski



Rys. 7. Wygląd zakładki Characteristic Test modułu Ovecurrent ze zdefiniowanymi punktami testowymi
rys. A. Smolarczyk, A. Łukaszewski

Po zdefiniowaniu rodzajów i kształtów charakterystyk należy zdefiniować punkty testowe (rodzaje zwarć, miejsca zwarć na charakterystyce t(I) i kierunkowej), które będą sprawdzane podczas automatycznych testów. Przykłady charakterystyk (czasowej i kierunkowej) ze zdefiniowanymi punktami testowymi przedstawiono na **rysunku 7**.

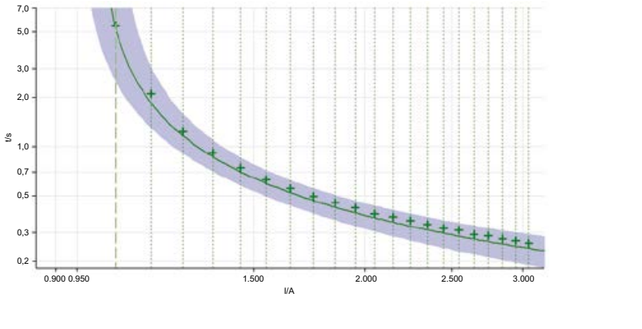
Przykładowe wyniki badań funkcji nadprądowych

W ramach pracy [6] wykonano, za pomocą modułu Ovecurrent, badania wybranych funkcji nadprądowych dostępnych w przekaźniku L90 [7]. Sprawdzono m.in. funkcje nadprądowe od zwarć międzyfazowych o charakterystyce zależnej (51P) i niezależnej (50P) oraz funkcję kierunkową (67P).

W ramach badań funkcji 51P wyznaczone zostały wartości prądu rozruchowego i odpadania, a na ich podstawie wyznaczony został współczynnik powrotu. Wyznaczone zostały charakterystyki t(I) działania funkcji dla zwarć L1-E, L1-L2 oraz L1-L2-L3. W **tabeli 1.** przedstawiono wyniki przeprowadzonego badania wyzna-

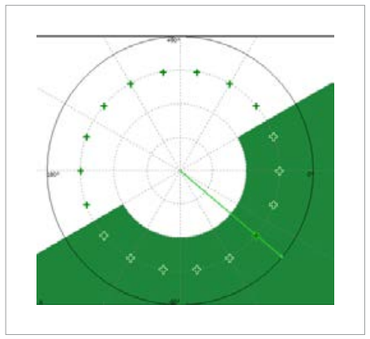
Rodzaj zwarcia	Prąd rozruchowy, w [A]		δ_I, w [%]	Prąd odpadania, w [A]	Współczynnik powrotu		
	I_{nom}	I_{act}			nom.	act.	Błąd, w [%]
L1-E	1,00	1,01	1,00	0,97	0,95	0,97	1,58
L1-L2-L3	1,00	1,01	1,00	0,97	0,95	0,97	1,58
L1-L2	1,00	1,01	1,00	0,97	0,95	0,97	1,58

Tab. 1. Wyniki wyznaczenia prądu rozruchowego, prądu odpadania i współczynnika powrotu funkcji 51P [6]



Rys. 8. Wyniki testu funkcji 51P dla zwarcia typu L1-L2-L3 [6]

czania prądu rozruchowego, odpadania oraz współczynnika powrotu funkcji nadprądowej 51P przekaźnika L90. Producent deklaruje błąd δ_I pomiaru prądu rozruchowego dla badanej funkcji nie większy niż ±0,5% względem nastawionej wartości rozruchowej lub ±1% względem wartości znamionowej (należy wybrać większy błąd) [7]. Błąd względny δ_I dla każdego z symulowanych zwarć wynosi 1% i nie przekracza podanej przez producenta dopuszczalnej wartości [7]. Uzyskana w badaniu wartość współczynnika powrotu dla wszystkich symulowanych zwarć wyniosła 0,97 i tym samym mieściła się w deklarowanej przez producenta granicy, która zawiera się miedzy 0,97, a 0,98 [7].



Rys. 9. Wyniki testu blokowania działania funkcji 50P za pomocą funkcji 67P dla zwarcia L1-L2-L3, kolorem zielonym zaznaczono obszar działania funkcji 50P [6]

Na **rysunku 8.** przedstawiono wyznaczoną rzeczywistą charakterystykę t(I) funkcji 51P (charakterystyka typu IEEE Moderately Inverse) dla zwarcia typu L1-L2-L3. Jak widać wyznaczona charakterystyka rzeczywista (punkty oznaczone plusami). Mieści się w przyjętym podczas badań, obszarze tolerancji (ciemniejszy obszar wzdłuż charakterystyki).

Na **rysunku 9.** przedstawiony wyniki sprawdzenia poprawności działania funkcji kierunkowej typu 67P, która skonfigurowana została w logice wewnętrznej przekaźnika L90 tak, że blokuje działanie funkcji nadprądowej o charakterystyce niezależnej 50P. Funkcja 67P blokuje działanie funkcji 50P w przypadku wystąpienia zwarcia międzyfazowego w obszarze jej działania. Pokazano wynik testu dla zwarcia typu L1-L2-L3. W analizowanym przypadku funkcja 67P działa poprawnie. Pole działania funkcji 50P (niedziałania funkcji 67P) oznaczono kolorem zielonym. Punkty testowe znajdujące się na zielonym obszarze oznaczone zielonymi plusami wskazują poprawne działanie funkcji 50P. Punkty testowe zlokalizowane w obszarze białym, strefie blokowania działania funkcji 50P, także oznaczono zielonymi plusami. Jest to również działanie poprawne polegające na blokowaniu działania funkcji 50P przez funkcję 67P.

Podsumowanie

Funkcje zabezpieczeń nadprądowych mimo swojej prostoty są stosowane do ochrony większości elementów SEE przed skutkami zakłóceń. Tak jak w przypadku innych funkcji zabezpieczeniowych funkcje nadprądowe powinny być sprawdzane. Sprawdzanie funkcji nadprądowych m.in. ze względu na wiele rodzajów stosowanych charakterystyk działania jest żmudne i czasochłonne. Z tego powodu dużym ułatwieniem, a co za tym idzie skróceniem procesu testowania jest jego automatyzacja. Do przeprowadzenia automatycznych testów funkcji nadprądowych z powodzenie można wykorzystać moduł testowy Overcurrent oprogramowania Test Universe testera typu CMC. Przeprowadzone w ramach pracy [6] badania wykazały jego skuteczność w sprawdzeniu poprawności działania funkcji zabezpieczeniowych wybranego przekaźnika elektroenergetycznego.

Literatura

1. A. Smolarczyk, Badanie przekaźników elektroenergetycznych, „Przegląd Elektrotechniczny", Nr 11 (2004).
2. OMICRON electronics (2019), Informacje dostępne na stronie https://www.omicronenergy.com
3. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Standard C37.112-1996: Standard Inverse-Time Characteristic Equations for Overcurrent Relays. IEEE. 1996.
4. Polska Norma, PN-EN 60255-155:2010: Przekaźniki pomiarowe i urządzenia zabezpieczeniowe – Część 151: Wymagania funkcjonalne dotyczące zabezpieczenia prądowego przekaźników nadprądowych/podprądowych. PN, 2010.
5. W. Winkler., A. Wiszniewski, Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych, WNT, Warszawa 1999.
6. A. Wojtaszek, Wykorzystanie modułu Overcurrent oprogramowania Test Universe do sprawdzania funkcji zabezpieczeń nadprądowych, Praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2015.
7. GE Multilin, L90 Revision: 4.9x Line Differential Relay UR Series Instruction Manual, 2006.

ABSTRACT

Methods of testing the overcurrent protection functions of electrical power relays

The article describes the types and places of use as well as test methods for overcurrent protection functions of power relays. The Overcurrent test module of the Test Universe software controlling the CMC type tester for automatic testing of overcurrent protection functions has been described. Selected results of tests of overcurrent protection functions from short circuits available in the L90 relay are presented.

ZnakDirect

Poprawne oznakowanie rozdzielnic ze ZnakDirect

Dzięki **KREATOROWI ONLINE**
klient sam może zaprojektować oznakowania!

Szybka wysyłka: zamówienia złożone do godz. 18:00 są wysyłane tego samego dnia!

W OFERCIE ZNAJDUJĄ SIĘ MIĘDZY INNYMI:



Oznaczniki do kabli ze stali nierdzewnej z grawerem



Oznaczniki do kabli z plastiku grawerowanego



Naklejki przemysłowe



Oznaczniki do kabli wytłaczane



Oznaczniki do kabli z tworzywa ABS

ZnakDirect sp. z o.o. ul. Grzybowska 80/82 00-844 Warszawa

Piotr Bibik

Ciągłość zasilania w rozdzielnicy – jak uniknąć kosztownych błędów

1. Zanik fazy, spadek napięcia czy przepalona wkładka. Jak trafnie diagnozować i chronić rozdzielnicę

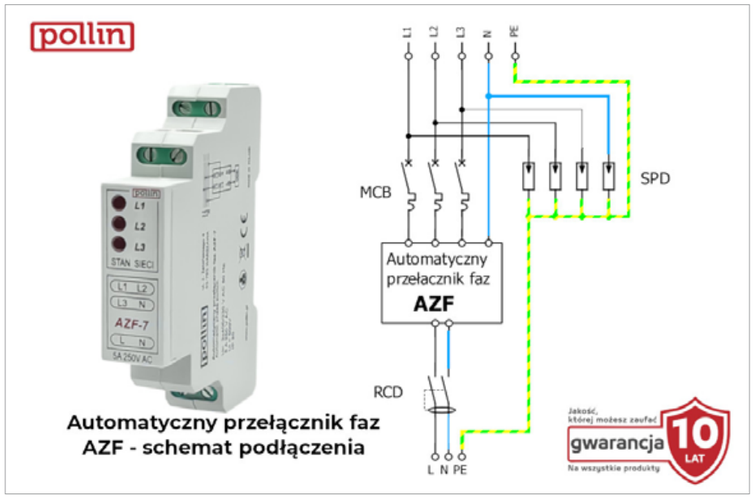
Przerwa w zasilaniu nie zawsze oznacza całkowity brak napięcia w obiekcie. W praktyce problem bywa bardziej szczegółowy: zanik jednej fazy, zbyt niskie lub zbyt wysokie napięcie, niestabilna praca źródła rezerwowego, brak czytelnej informacji w rozdzielnicy albo niewidoczna na pierwszy rzut oka przerwa spowodowana przepaleniem wkładki topikowej. Każda z tych sytuacji wymaga innego rozwiązania technicznego, dlatego już na etapie projektu warto precyzyjnie odpowiedzieć na pytanie **co dokładnie chcemy wykryć, przełączyć lub zasygnalizować.**

Częstym błędem jest traktowanie jednego aparatu jako uniwersalnego lekarstwa na wszystkie problemy z zasilaniem. **Automatyczny przełącznik faz nie jest układem SZR, lampka modułowa nie jest miernikiem, a woltomierz w rozdzielnicy nie zastępuje pełnej diagnostyki instalacji**.

Podobnie kontrola wkładek topikowych nie powinna opierać się wyłącznie na ręcznym sprawdzaniu zabezpieczeń. Przepalona wkładka może zatrzymać fragment instalacji, a w obiektach oddalonych od obsługi technicznej sam czas dotarcia do rozdzielnicy i koszt dojazdu bywają istotnym elementem przestoju. W takich miejscach warto przewidzieć automatykę informującą o uszkodzeniu wkładki topikowej.

Dlatego w nowoczesnej rozdzielnicy trzeba rozróżnić trzy grupy funkcji: **aparaty, które przełączają zasilanie, aparaty, które informują o jego stanie, oraz aparaty, które pomagają szybciej wykryć miejsce awarii**. Na przykładzie rozwiązań Pollin można to uporządkować w prosty sposób:

- AZF służy do przełączania fazy zasilającej wybrany odbiornik jednofazowy,
- SZR do przełączania pomiędzy źródłami zasilania,
- WN do czytelnej sygnalizacji obecności napięcia,
- WP do bieżącego monitorowania wartości napięcia,



- KSB do kontroli przerwy w obwodzie wkładek topikowych.

Wspólnym celem tych urządzeń nie jest „upiększenie" rozdzielnicy, lecz ograniczenie skutków awarii i skrócenie czasu reakcji. Dobrze dobrana aparatura nie zwalnia projektanta ani instalatora z analizy układu zasilania, charakteru obciążenia i sposobu eksploatacji obiektu, ale pozwala zbudować rozdzielnicę, która nie tylko zasila, lecz także informuje, reaguje i ułatwia serwis. **W przypadku Pollin istotnym argumentem technicznym i eksploatacyjnym jest również polska produkcja, testowanie każdego egzemplarza wyprodukowanego aparatu oraz 10-letnia gwarancja B2B na wszystkie produkty**.

2. AZF jest rozwiązaniem, gdy kłopoty z zasilaniem odbiornika jednofazowego występują w instalacji 3-fazowej

W instalacjach dwu- lub trójfazowych wiele odbiorników nadal pracuje jednofazowo, na przykład automatyka bramowa, sterowniki, routery, systemy alarmowe, pompy, oświetlenie lub urządzenia pomocnicze. Jeżeli taki odbiornik jest zasilany z jednej fazy, jej zanik albo przekroczenie dopuszczalnych parametrów może zatrzymać pracę urządzenia, mimo że w rozdzielnicy nadal dostępne są pozostałe fazy.

W takim przypadku rozwiązaniem nie jest układ SZR, lecz automatyczny przełącznik faz, czyli AZF. Jego zadaniem jest wybór fazy o prawidłowych parametrach napięcia i podanie jej na wydzielony odbiornik lub obwód jednofazowy. W rozwiązaniach Pollin AZF przełącza wyłącznie tor fazowy, natomiast żyła neutralna N pozostaje wspólna dla kontrolowanych faz. To ważne rozróżnienie, ponieważ AZF nie przełącza instalacji pomiędzy niezależnymi źródłami zasilania, tylko korzysta z tego samego układu zasilania i wybiera odpowiednią fazę.

Najczęstsze nieporozumienie polega na oczekiwaniu, że automatyczny przełącznik faz AZF „zabezpieczy cały dom" (w zamyśle: trzy niezależne AZF-y, po jednym na każdą fazę). W praktyce AZF powinien być stosowany tam, gdzie wydzielono konkretny obwód jednofazowy, którego praca ma być utrzymana, mimo zaniku lub pogorszenia parametrów jednej z faz. Jeżeli odbiorniki w obiekcie są rozdzielone na trzy fazy, nie można traktować AZF-ów jako aparatów rozwiązujących problem całej instalacji.

Ważny jest nie tylko dobór modelu AZF do obciążenia (Pollin podaje wartości m.in. dla kategorii AC-1 dotyczącej obciążeń rezystancyjnych, natomiast silniki, zasilacze LED i inne odbiorniki o dużym prądzie rozruchowym wymagają ostrożniejszego doboru). Równie istotne jest to, że AZF może przenieść zasilanie odbiornika lub grupy odbiorników z układu trójfazowego na jedną fazę. Jeżeli odbiorniki jednofazowe są symetrycznie rozłożone na L1, L2 i L3, prądy w żyle neutralnej N częściowo się kompensują. Po zasileniu ich z jednej fazy kompensacja zanika, a żyła neutralna N może zostać obciążona sumą prądów tych odbiorników. Dlatego nie wystarczy sprawdzić prąd styku AZF lub współpracującego z nim stycznika. Trzeba ocenić także obciążenie fazy i żyły neutralnej N, przekroje żył, zabezpieczenia oraz charakter odbiorników.

Seria AZF Pollin pokazuje, że ta sama funkcja wymaga różnych wykonań aparatu. AZF-7 jest przeznaczony do małych obciążeń i gęsto zabudowanych rozdzielnic, AZF-3X – do typowych odbiorników jednofazowych, AZF-7S – do współpracy z zewnętrznymi stycznikami, a AZF-6B – do układów, w których szczególnie istotna jest pewność, że dwie fazy nie zostaną podane jednocześnie.

Z punktu widzenia użytkownika AZF ma po prostu „utrzymać zasilanie". Z punktu widzenia projektanta i instalatora ważniejsze są jednak pytania: czy odbiornik może być zasilany z dowolnej z kontrolowanych faz? czy ma wspólną żyłę neutralną N? czy dopuszcza krótką przerwę przełączeniową oraz czy prąd pracy i prąd załączenia mieszczą się w parametrach dobranego aparatu lub styczników? Dopiero po takiej analizie AZF staje się rozwiązaniem technicznym, a nie przypadkowo dołożonym modułem w rozdzielnicy.

3. SZR, gdy potrzebne jest inne źródło zasilania

Jeżeli problemem jest utrata zasilania podstawowego, automatyczny przełącznik faz nie wystarczy. Wtedy potrzebny jest układ SZR (jedno- lub trójfazowy), czyli samoczynne załączanie rezerwy. Jego zadaniem nie jest wybór jednej z dostępnych faz w tej samej instalacji, lecz przełączenie odbiorów pomiędzy źródłem podstawowym i rezerwowym. Może to być układ sieć/sieć, sieć/agregat, sieć/UPS albo sieć/źródło rezerwowe współpracujące z magazynem energii.

W praktyce największy problem z SZR polega na poprawnym zdefiniowaniu warunków przełączenia. Sterownik monitoruje parametry napięcia, a w układach trójfazowych także zanik fazy, asymetrię lub nieprawidłową kolejność faz. Dlatego SZR należy traktować jako element całego układu zasilania rezerwowego, a nie jako samodzielny „automat od agregatu".

Warto też jasno powiedzieć, że większość układów SZR nie jest zasilaniem bezprzerwowym. Przełączenie wymaga czasu, a odbiorniki szczególnie wrażliwe, takie jak urządzenia IT, automatyka, systemy bezpieczeństwa lub sterowniki procesów, mogą wymagać dodatkowego zasilania UPS. Wyjątkiem w ofercie Pollin jest **jednofazowy SZR-515, którego czas przełączenia wynosi około 15 ms, a tym samym dla większości odbiorników przełączenie źródeł zasilania będzie niezauważalne, tzw. bezprzerwowe**. SZR-515 sprawdza się w przypadkach, w których liczy się bardzo szybka reakcja, a dobór układu wynika z wymagań konkretnego odbiornika.

Osobnym zagadnieniem jest współpraca SZR z agregatem prądotwórczym, UPS-em lub źródłem napięcia z magazynem energii. W wielu przypadkach użytkownik zakłada, że skoro agregat „daje 230 V", to będzie poprawnie współpracował z automatyką. To zbyt duże uproszczenie. W przypadku agregatu istotne są odpowiedni zapas mocy oraz stabilizacja napięcia AVR. Niezależnie od rodzaju źródła rezerwowego, sterownik SZR powinien otrzymać stabilne napięcie o prawidłowej częstotliwości i przebiegu zbliżonym do czystej sinusoidy 50 Hz.

Jeżeli po zaniku sieci agregat uruchamia się, ale SZR nie chce przełączyć odbiorów, nie należy automatycznie zakładać uszkodzenia sterownika. Przyczyną może być falowanie napięcia, brak stabilizacji AVR, nieprawidłowy przebieg napięcia albo zbyt duży udar prądowy odbiorników po przełączeniu (zbyt mały zapas mocy agregatu). W takiej sytuacji SZR działa zgodnie ze swoją funkcją, ponieważ nie dopuszcza do zasilenia instalacji ze źródła, którego parametry uznał za nieprawidłowe.

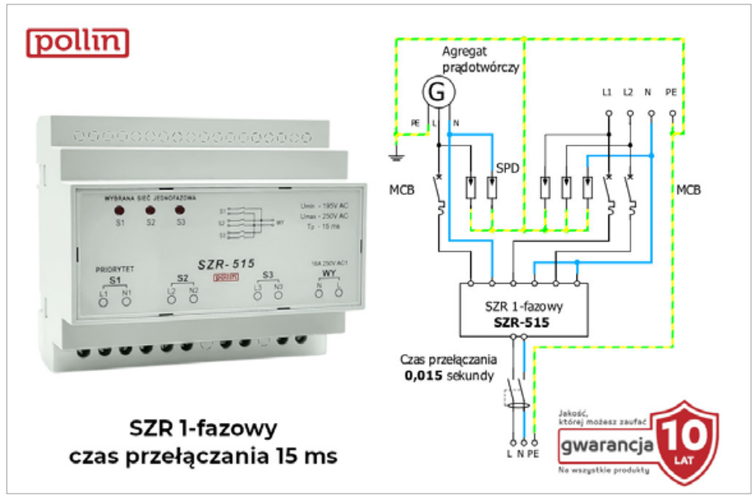
Pollin oferuje kompletne jednofazowe układy SZR oraz trójfazowe sterowniki współpracujące z zewnętrznymi stycznikami. SZR-5 daje możliwość regulacji progów i czasów przełączania, SZR-515 wybiera się tam, gdzie najważniejszy jest bardzo krótki czas przełączenia, a w układach trójfazowych dobór zależy od logiki pracy, regulacji progów i współpracy z elementami wykonawczymi.

Z punktu widzenia poprawnego projektu kluczowe są cztery pytania. Po pierwsze: czy przełączane są obwody jednofazowe, czy trójfazowe? Po drugie: czy źródła zasilania mają być odseparowane i jak ma pracować tor neutralny? Po trzecie: jaki czas przerwy jest dopuszczalny dla zasilanych odbiorników? I po czwarte: czy źródło rezerwowe rzeczywiście spełnia wymagania jakości napięcia? Dopiero odpowiedzi na te pytania pozwalają dobrać właściwy sterownik SZR, styczniki, zabezpieczenia i sposób sygnalizacji pracy układu.

4. WN i WP, czyli sygnalizacja oraz bieżąca ocena napięcia

Nie każda informacja w rozdzielnicy musi uruchamiać automatykę przełączania. Czasami najważniejsze jest to, aby obsługa, instalator lub dział utrzymania ruchu szybko zobaczyli, czy napięcie jest obecne, na której fazie występuje problem i czy trzeba przejść do dalszej diagnostyki. Właśnie w tym miejscu pojawiają się **wskaźniki napięcia WN** oraz **woltomierze WP**. Ich rola jest inna niż AZF i SZR. One nie mają zastępować układów przełączających, lecz porządkować informację o stanie zasilania w rozdzielnicy.

W praktyce spotyka się dwa błędne podejścia: rezygnację z sygnalizacji, bo „przecież elektryk ma miernik", albo traktowanie lampki modułowej jak przyrządu pomiarowego. Lampka daje szybką informację optyczną, a woltomierz modułowy ułatwia ocenę napięcia, ale żaden





z tych aparatów nie zastępuje pełnych pomiarów kontrolnych ani analizy jakości energii.

Seria WN Pollin odpowiada na potrzebę czytelnej sygnalizacji. Wskaźniki **WN-3F są trójsegmentowymi lampkami modułowymi**, w których każda dioda LED może być zasilana z dowolnej fazy. Dzięki temu można sygnalizować obecność napięcia w układach jedno-, dwu- lub trójfazowych ze wspólną żyłą neutralną N. Zanik napięcia powoduje zgaśnięcie odpowiedniej diody, a przy obniżonym napięciu świecenie może być słabsze, co ułatwia zauważenie, że stan zasilania odbiega od oczekiwanego.

Ciekawym rozwiązaniem są wersje **WN z przyciskiem**. W standardowej lampce diody świecą stale, czyli pobierają energię i wydzielają ciepło przez całą dobę. W pojedynczej rozdzielnicy może to wydawać się nieistotne, ale w dużych obiektach, centrach logistycznych, zakładach przemysłowych czy wielu rozproszonych instalacjach liczba punktów sygnalizacyjnych bywa duża. Wersja z przyciskiem świeci tylko wtedy, gdy obsługa chce świadomie sprawdzić obecność napięcia, co ogranicza niepotrzebny pobór energii i dogrzewanie wnętrza szafy.

Drugą praktyczną odmianą są **wskaźniki WN z wbudowanym bezpiecznikiem**. To rozwiązanie porządkuje tor sygnalizacyjny, ponieważ zabezpieczenie lampki znajduje się w samym aparacie. Brak świecenia segmentu LED może oznaczać brak napięcia albo przerwę w torze sygnalizacji, dlatego w sytuacjach decyzyjnych obecność napięcia należy potwierdzić właściwym przyrządem pomiarowym.

Jeżeli sama informacja „jest albo nie ma napięcia" nie wystarcza, lepszym wyborem będzie grupa WP.

Woltomierze modułowe Pollin za pomocą wyświetlaczy pokazują wartości napięcia dla każdej z faz oraz informują użytkownika, czy problemem jest zanik fazy, zwarcie faz, zbyt niskie lub zbyt wysokie napięcie, czy też asymetria albo nieprawidłowa kolejność faz. W praktyce WN odpowiada głównie na pytanie, czy napięcie jest obecne, natomiast WP pomaga określić, jakie ono jest i czy mieści się w założonym zakresie.

Przykładem takiego podejścia jest WP-3C, czyli trójfazowy woltomierz z cyfrowym odczytem napięcia, oraz **WP-3CP, który oprócz wskazania wartości napięcia ma również wyjście przekaźnikowe** do sygnalizacji stanów alarmowych. To istotne w rozdzielnicach, w których informacja o przekroczeniu progu napięcia ma trafić dalej, na przykład do systemu sygnalizacji, automatyki budynkowej lub obsługi technicznej. Dzięki temu rozdzielnica przestaje być „niemym" punktem zasilania, a zaczyna przekazywać użytkownikowi informację o swoim stanie.

WN i WP nie służą do tego samego. WN daje prostą sygnalizację obecności napięcia, a WP – bieżący odczyt wartości i informację o stanach, których sama lampka nie pokaże jednoznacznie. Żaden z tych aparatów nie zastępuje AZF, SZR ani pomiarów wykonywanych odpowiednim przyrządem, ale oba skracają czas rozpoznania problemu w rozdzielnicy.

5. KSB – gdy przerwy w obwodzie nie widać od razu

W wielu rozdzielnicach problemem nie jest samo zabezpieczenie obwodu, lecz szybkie rozpoznanie, które zabezpieczenie zadziałało i gdzie powstała przerwa. Dotyczy to szczególnie obwodów z wkładkami topikowymi, kasetami bezpiecznikowymi i torami, które nie są stale obserwowane przez obsługę. Przepalona wkładka topikowa może zatrzymać fragment instalacji, ale bez jednoznacznej sygnalizacji serwis traci czas na ręczne sprawdzanie kolejnych elementów. W małej rozdzielnicy może to być tylko niedogodność, w większym obiekcie, szafie automatyki lub instalacji przemysłowej może oznaczać realny koszt przestoju.

W tym miejscu potrzebny jest aparat, który nie przełącza źródła zasilania i nie mierzy napięcia dla celów eksploatacyjnych, lecz nadzoruje ciągłość toru zabezpieczonego wkładką topikową. Taką funkcję pełnią **kontrolery KSB Pollin**, przeznaczone do monitorowania stanu wkładek topikowych w sieciach trójfazowych 3 x 400 V AC. Ich zadaniem jest automatyczne wykrycie przepalenia wkładki lub otwarcia kasety i przekazanie tej informacji za pomocą sygnalizacji LED oraz wyjść przekaźnikowych. Dzięki temu informacja o awarii może pozostać lokalnie w rozdzielnicy albo trafić do nadrzędnego systemu sygnalizacji.

Z punktu widzenia projektanta ważne jest to, że KSB nie wymaga od obsługi interpretowania wielu pośrednich objawów. Aparat analizuje stan obwodu i wskazuje przerwę, co skraca czas diagnostyki. Kontrolery KSB działają niezależnie od kolejności faz, asymetrii napięć i typowych zakłóceń sieciowych, takich jak wyższe harmoniczne lub stany nieustalone. To istotne, ponieważ w praktyce rozdzielnica rzadko pracuje w idealnych warunkach laboratoryjnych.

Seria obejmuje dwa warianty logiczne. KSB-3 jest przeznaczony do układów, w których informacja o awarii ma być realizowana przez rozwarcie styku sygnalizacyjnego. KSB-4 działa odwrotnie, czyli przy wykryciu przerwy zwiera styk sygnalizacyjny. Różnica brzmi prosto, ale w praktyce ma duże znaczenie, ponieważ pozwala dopasować aparat do sposobu pracy lokalnej sygnalizacji, wejść sterownika PLC, modułu alarmowego lub systemu monitoringu technicznego budynku.

Warto zwrócić uwagę również na możliwość szeregowego łączenia styków sygnalizacyjnych wielu kontrolerów KSB. Dzięki temu projektant może przygotować zbiorczą informację o awarii w większej liczbie kaset bez nadmiernego rozbudowywania okablowania sygnalizacyjnego. Dla instalatora i służb utrzymania ruchu oznacza to prostszy układ, szybsze uruchomienie i łatwiejszą diagnostykę w eksploatacji.

KSB rozwiązuje więc problem, który często jest niedoceniany na etapie projektu. Wszyscy zakładają, że wkładka topikowa ma chronić obwód, ale nie zawsze przewiduje się, jak szybko obsługa dowie się o jej przepaleniu i jak sprawnie odnajdzie uszkodzony tor. Jeżeli rozdzielnica ma nie tylko zasilać, ale również wspierać serwis, kontrola przerwy w obwodzie powinna być traktowana jako element funkcjonalności, a nie jako dodatek poprawiający estetykę sygnalizacji.

6. Dobór aparatury zaczyna się od nazwania problemu

AZF, SZR, WN, WP i KSB mają wspólny cel, ale nie pełnią tej samej funkcji. Nie konkurują ze sobą, tylko odpowiadają na różne problemy w rozdzielnicy. Dlatego poprawny dobór powinien zaczynać się od pytania: co dokładnie ma się wydarzyć po wystąpieniu nieprawidłowego stanu – przełączenie, sygnalizacja, pomiar czy informacja o przerwie w obwodzie?

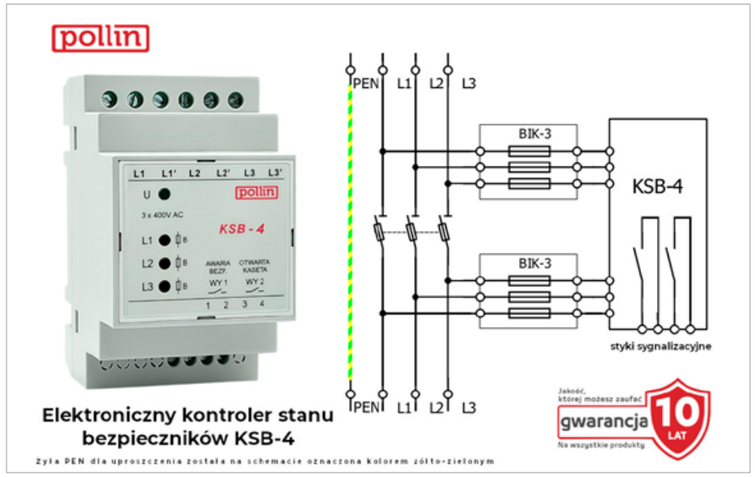
Jeżeli problemem jest zanik lub pogorszenie parametrów jednej fazy, a odbiornik jest jednofazowy i może być zasilany z innej fazy tego samego układu, właściwym kierunkiem jest AZF. Jeżeli problemem jest utrata źródła podstawowego, potrzebny jest SZR oraz prawidłowo dobrane źródło rezerwowe. Jeżeli obsługa ma szybko zobaczyć stan zasilania, wystarczający może być wskaźnik WN. Jeżeli potrzebny jest bieżący odczyt wartości napięcia i informacja o stanach nieprawidłowych, warto przewidzieć WP. Jeżeli natomiast w rozdzielnicy pracują wkładki topikowe, a czas lokalizacji przepalonej wkładki ma znaczenie eksploatacyjne, należy rozważyć kontrolery KSB.

Takie uporządkowanie jest szczególnie ważne w obiektach, w których rozdzielnica nie jest tylko miejscem rozdziału energii, ale elementem systemu utrzymania ciągłości pracy. Dobrze zaprojektowana rozdzielnica powinna nie tylko zasilać, lecz także informować, reagować i ułatwiać serwis. Precyzyjne przypisanie funkcji do właściwej grupy aparatury zwykle upraszcza projekt, ogranicza liczbę błędnych oczekiwań i skraca czas późniejszej diagnostyki.

Katalog Pollin 2026 pokazuje, że dobór aparatury modułowej nie powinien ograniczać się do pierwszej linijki danych technicznych. Istotne są kategorie pracy, prądy rozruchowe, rodzaj źródła rezerwowego, sposób sygnalizacji, logika styków, warunki montażu i eksploatacji. Przy SZR kluczowa jest jakość źródła rezerwowego, a przy AZF – świadomość, że aparat przełącza fazę dla wydzielonego odbiornika jednofazowego, a nie pełni funkcji rezerwy dla całego obiektu.

Ostatecznie niezawodność rozdzielnicy zależy nie tylko od zastosowanych aparatów, ale również od poprawnego projektu, starannego montażu, świadomej eksploatacji i korzystania z aktualnych instrukcji obsługi. Aparatura może znacznie ograniczyć skutki zaniku fazy, złej jakości źródła rezerwowego albo niewidocznej przerwy w obwodzie, ale nie zastąpi analizy układu zasilania.

W tym kontekście znaczenie ma również odpowiedzialność producenta za jakość wykonania. Pollin to polska produkcja oraz 10-letnia gwarancja B2B na wszystkie produkty. Dla projektanta i instalatora to sygnał, że aparatura do rozdzielnic powinna być dobierana z myślą o długotrwałej eksploatacji, powtarzalności parametrów i dostępie do wsparcia technicznego.



Czy można ufać 10-letniej gwarancji?

W mojej wieloletniej pracy zawodowej widziałem sporo obietnic gwarancyjnych, które znikały wraz ze zmianą dystrybutora lub marki. Czy w relacjach B2B 10-letnia gwarancja na aparaturę modułową ma realne pokrycie?

W przypadku firmy Pollin – jak najbardziej. Wynika to bezpośrednio z przyjętej filozofii produkcji. Zapoczątkowana w **1993 roku** marka od ponad trzech dekad tworzy urządzenia w Polsce. Firma nie korzysta z tanich komponentów o niepewnym pochodzeniu, a każdy wyprodukowany egzemplarz przechodzi pełne testy funkcjonalne przed opuszczeniem zakładu.

To właśnie w warsztacie Pollin powstały pionierskie rozwiązania, takie jak modułowe lampki sygnalizacyjne czy automatyczne przełączniki faz, które stały się rynkowym standardem. Co ciekawe, firma świadomie nie patentowała części innowacji, stawiając na rozwój całej branży.

Jako praktyk mam przyjemność znać założyciela firmy Pollin, Pana Wojciecha Polaka, jak i jego następcę. Przekonałem się, że dbałość o detale oraz 10-letnia gwarancja nie są tu chwytem marketingowym, lecz wyrazem pełnej odpowiedzialności za jakość i niezawodność, popartej ponad 30-letnim doświadczeniem.

O autorze

Piotr Bibik – autor bloga „Napięcie Salama", publikacji technicznych i materiałów edukacyjnych dla projektantów, instalatorów oraz użytkowników instalacji elektrycznych. Specjalizuje się w praktycznym wyjaśnianiu zagadnień związanych z instalacjami elektrycznymi, automatyką budynkową, OZE, magazynowaniem energii i doborem aparatury. Więcej materiałów autora: www.napiecie.salama.pl.

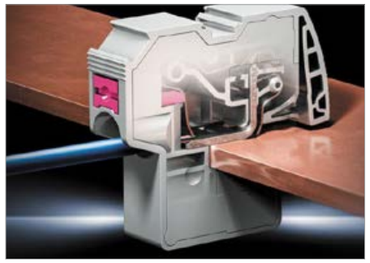
pollin
Zakład Elektroniczny POLLIN
Wojciech Polak
02-793 Warszawa
ul. J. Żabińskiego 4
tel. 48 22 648 55 58
pollin@pollin.pl
www.pollin.pl

dr inż. Karol Kuczyński

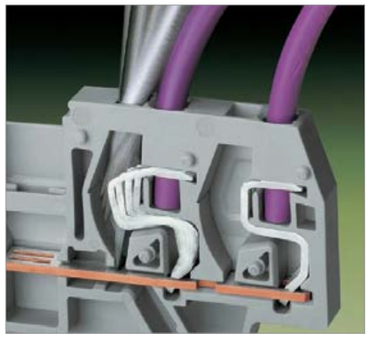
Możliwość zastosowania złączek szynowych (listwowych)

do łączenia kabli i przewodów w rozdzielnicach nn

Złączki szynowe, zwane także listwowymi, są stosowane głównie do łączenia pod względem elektrycznym i mechanicznym żył przewodów elektroenergetycznych miedzianych i aluminiowych w urządzeniach użytkowanych we wnętrzach obiektów. Stosuje się je do łączenia przewodów zarówno drutowych, jak i linkowych dla niskich napięć. Konstrukcja złączek umożliwia w sposób zatrzaskowy mocowanie ich na najczęściej spotykanych typach profilowych szyn (listew) montażowych. Możemy również spotkać złączki instalowane bezpośrednio na szynach prądowych w rozdzielnicach nn. Złączki szynowe mają korpus wykonany najczęściej z powszechnie stosowanego w elektrotechnice tworzywa sztucznego poliamidu. Tworzywo to ma własności samogasnące i nie zawiera substancji halogenkowych. Charakteryzuje się wysoką wytrzymałością na uszkodzenia mechaniczne, wysoką wartością napięcia przebicia, a także odpornością na „termiczne starzenie się" oraz temperaturą pracy od –25 do 125°C [1].



Fot. 2. Przykład złączki instalowanej bezpośrednio na szynie prądowej [7]



Fot. 3. Przykład złączki przelotowej z zaciskiem IDC [5]

Połączenia gwintowe

W systemie połączeń gwintowych stosowanych w złączkach można spotkać zacisk stalowy z wykorzystaniem toru prądowego z miedzi. Oba elementy pokryte są powłokami galwanicznymi, zwiększającymi ich odporność na starzenie. Stal daje tu optymalne właściwości pod względem mechanicznym. Jej sprężystość, dodatkowo ulepszana obróbką cieplną, pozwala trwale zamocować przewód w zacisku. Siła w postaci dokręcenia śruby dociskowej zostaje przeniesiona na stal, która nie ulega trwałej deformacji, tylko przekazuje ją, oddziałując na zamocowany przewód – dzięki czemu połączenie ma charakter trwały [1, 2]. Konstrukcje zacisku zaprojektowane są tak, aby ograniczyć do minimum możliwość obluzowania połączenia. W wyniku dokręcania zagięta górna płaszczyzna blaszki ulega delikatnemu odkształceniu, powodując niecentryczne ustawienie nagwintowanej ścianki, blokując tym samym usytuowanie śruby dociskowej. Z drugiej strony – aby zapewnić optymalne warunki przewodzenia w połączeniu, zastosowany jest tor prądowy z mosiądzu. Mosiądz to stop, którego głównymi składnikami są miedź i cynk. Zawartość procentowa cynku może się znacznie zmieniać w zależności od zastosowania materiału. Mosiądz może także zawierać domieszki takich pierwiastków jak: ołów, aluminium, mangan lub cyna. Dodane w małej ilości do stopu, zmieniają jego własności mechaniczne [1, 3]. Ponieważ mosiądz jest materiałem poddającym się szybkiemu procesowi powierzchniowego utleniania się – tor jest pokryty powłoką galwaniczną.

Interesującym rozwiązaniem są również śrubowo-sprężynowe bloki zacisków gwarantujące ciągłość obwodów elektrycznych nawet w przypadku poluzowania śrub w wyniku wibracji. Takie rozwiązanie zapewnia ciągłość obwodu w połączeniu z końcówkami przewodów zabezpieczających przed wyciągnięciem (tulejka haczykowa) [2].



Fot. 1. Przykład złączki zaciskowej śrubowo-sprężynowej, którą można montować na różnych typach szyn [2]

Połączenia samozaciskowe

Złączki szynowe samozaciskowe należą do najnowocześniejszych mocowań przewodów drutowych i linkowych, mających częste zastosowanie w elektronice przemysłowej. Specjalny samozaciskowy system stosowany w tych złączkach umożliwia łatwy montaż oraz gwarantuje wysoką jakość połączeń przewodów. Złączki pozwalają na łączenie przewodów o przekrojach od 0,8 do 35 mm², a nawet 50 i 95 mm². Można łączyć przewody wykonane z miedzi: jednodrutowe, wielodrutowe oraz linkowe – ze spojoną końcówką, końcówką kołkową lub zaciśniętą tulejką. Przewód jest dociskany do szyny prądowej za pomocą sprężyny, która odgina się przy przyłączaniu lub odłączaniu za pomocą wkrętaka, wsuwanego do wykonanego w tym celu otworu w złączce. Siła docisku jest stała i niezależna od montera, co jest istotną zaletą w porównaniu z zaciskami gwintowymi, gdzie moment obrotowy dokręcenia w dużym stopniu zależy od wyczucia i wprawy montera [1, 4]. Część przewodząca może mieć różną budowę, w zależności od typu, rozmiaru i charakterystyki zacisku oraz funkcji, jaką ma do spełnienia, a także użytego typu połączenia. Materiałem przewodzącym jest najczęściej wysokiej jakości stal sprężynowa chromowo-niklowa. Ma ona doskonałe właściwości mechaniczne. Jest odporna na rozciąganie, zginanie i korozję. Zmniejszenie docisku nie występuje do temperatury o wartości nawet 110°C. Stal może być pokryta elastyczną i miękką warstwą ołowiowo-cynową, dzięki czemu zwiększa się powierzchnia styku przy ściśnięciu podłączanego przewodu. Warstwa ta ma dobre właściwości elektryczne, pozwalające na uzyskanie minimalnej rezystancji przejścia. Czynnikiem jednoznacznie wyróżniającym wartość takiego zamocowania w stosunku do połączenia gwintowego jest jego łatwość i szybkość montażu [3]. W przypadku złączek typu „push in" wystarczy tylko wprowadzić przewód, aby był on trwale zamocowany z optymalną siłą dociskową przez sprężynę zaciskową. W tym przypadku, aby wyjąć przewód, wystarczy wcisnąć kolorowy przycisk zwalniający sprężynę **(fot. 4.)**, aby rozłączyć obwód. W przypadku dużych przekrojów podłączanych przewodów stosuje się specjalne układy, które ściskają sprężynę dociskową ułatwiając montaż kabli i przewodów. Dodatkową zaletą jest możliwość użytkowania tego zacisku w warunkach, gdzie występują drgania. Sprężyna zmniejsza bowiem niebezpieczeństwo obluzowania się przewodu w tych warunkach dzięki swojej stałej sile docisku. Interesującym rozwiązaniem jest złączka instalowana bezpośrednio na szynie prądowej w rozdzielnicy nn.

STRESZCZENIE

W artykule omówiono rozwiązania złączek szynowych do łączenia kabli i przewodów w rozdzielnicach nn.

Istnieją jeszcze inne rozwiązania, które nie wymagają zdejmowania izolacji z instalowanego przewodu, co skraca czas instalacji i redukuje koszty. Przykładem może być technologia IDC (*Insulation Displacement Connection*), polegająca na zastosowaniu specjalnych styków nożowych, które przecinają z obu stron izolację zapewniając kontakt z instalowanym przewodem [5].

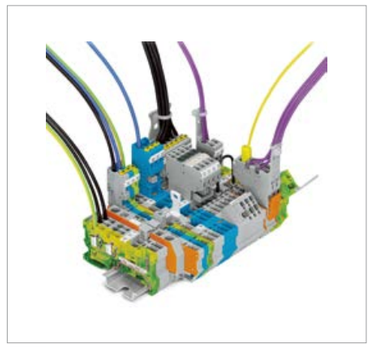
Złączki listwowe dźwigniowe

Przewody w rozdzielnicach mogą być podłączane, a następnie demontowane ręcznie, bez konieczności stosowania przyrządów montażowych. Dzięki zastosowaniu dźwigni ryzyko ominięcia zacisku w trakcie podłączania przewodów lub błędnego ich podłączenia zostaje praktycznie wyeliminowane. Dodatkowym atutem jest także możliwość korzystania z obu rąk przy pracy. Zacisk pozostaje otworzony bez konieczności stosowania przyrządów montażowych. Ułatwia to przede wszystkim podłączanie przewodów sztywnych o dużych przekrojach [5].

Złączki listwowe z dźwignią są przeznaczone do wszystkich rodzajów przewodów: zarówno jedno-, wielodrutowych, jak i linkowych. Umożliwia to bezpośrednie podłączanie nie tylko przewodów sztywnych, lecz także przewodów linkowych o przekroju od 0,75 mm² zakończonych tulejkami. Dzięki możliwości montażu przewodu z boku, złączki listwowe z dźwignią umożliwiają również łatwe podłączanie przewodów sztywnych o dużych przekrojach. Najczęściej można spotkać złączki listwowe z dźwignią o przekroju nominalnym 2,5 mm², 6 mm² oraz 16 mm². Są one dostępne w wykonaniach 2- oraz 3-przewodowych. Strona obiektowa złączki jest wyposażona w dźwignię, natomiast dla wykonania oprzewodowania wewnętrznego przewidziano do wyboru przycisk w technologii zacisku typu „push in" [5].



Fot. 4. Przykład złączki piętrowej typu „push in" [3]



Fot. 5. Przykład złączek listwowych z funkcją wtykową i uziemieniem listwy PE do metalowej listwy (szyny) montażowej [5]

Wyposażenie dodatkowe

W celu połączenia kilku przewodów na niewielkiej przestrzeni można zastosować złączki dwu-, trzy- lub czteropiętrowe. W celu połączenia kolejnych pięter stosuje się mostki pionowe. Natomiast do połączenia kilku równoległych złączek stosuje się mostki poziome. W układach automatyki możemy spotkać także zaciski wyposażone w: sygnalizację obecności napięcia i przepływu prądu, tuleje kontrolne, uziemianie przewodu neutralnego, diody prostownicze lub wkładki bezpiecznikowe [1, 6].

Przy pomiarach i regulacji często jesteśmy zmuszeni odłączyć obwód spod napięcia. Odłączanie przewodu od aparatów zabezpieczających (wyłączników instalacyjnych i różnicowoprądowych) jest trudne lub wręcz niemożliwe, gdy mamy podłączonych kilka obwodów i chcemy dokonać pomiarów w konkretnych obwodach. W tym celu można zastosować złączki z rozłącznikami nożowymi.

Aby zabezpieczyć cenne urządzenia elektroniczne (np. sterowniki, zasilacze itp.), musimy chronić je przed prądem zwarciowym i przetężeniowym. Najlepiej nadają się do tego celu miniaturowe wkładki bezpiecznikowe. W tym celu możemy zastosować zaciski sprężynowe z podstawą na standardowy bezpiecznik topikowy na niewielkie prądy, rzędu kilku amperów [1]. Należy przy tym zwracać uwagę na temperaturę otoczenia oraz warunki pracy, aby przy dużej liczbie zacisków ustawionych obok siebie wkładka bezpiecznikowa nie przepalała się przy niższej wartości prądu roboczego niż znamionowy.

Literatura

1. K. Kuczyński, Rozwiązania stosowane w złączkach szynowych, „elektro.info" 5/2008
2. Materiały firmy ABB.
3. Materiały firmy Phoenix Contact.
4. Materiały firmy Ergom.
5. Materiały firmy Wago.
6. Materiały firmy Weidmüller.
7. Materiały firmy Rittal.

ABSTRACT

Possibility to use rail-mount connectors to connect cables and wires in LV switchboards

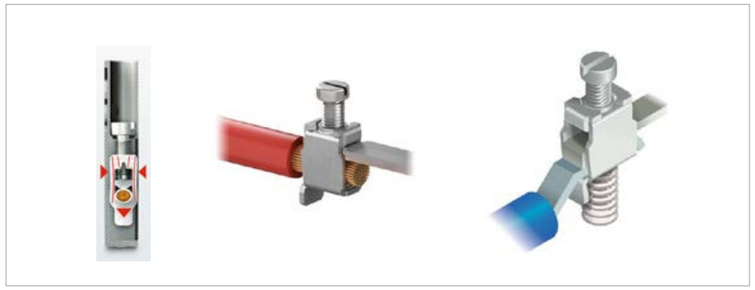
The article discusses the solutions of rail-mount connectors to connect cables and wires in LV switchgears.

dr inż. Karol Kuczyński

Wybrane rozwiązania stosowane w złączkach szynowych

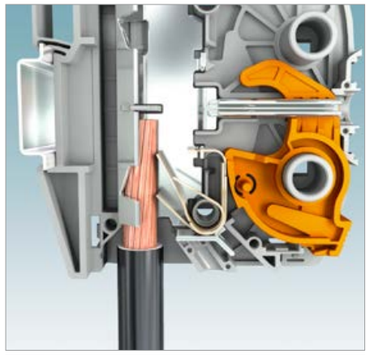
do łączenia przewodów w rozdzielnicach nn

Coraz większa złożoność obiektów budowlanych wymaga podczas projektowania rozdzielnic elektrycznych i ich montażu w obiekcie stosowania innowacyjnych technik łączenia kabli i przewodów. Często zachodzi potrzeba podłączenia ogromnej liczby przewodów w mocno ograniczonej przestrzeni rozdzielnicy nn. Wykonywanie prac montażowych w takich warunkach jest bardzo trudne i może szybko doprowadzić do nieprawidłowego okablowania, co z kolei przekłada się na znaczny wzrost kosztów w przypadku awarii.



Fot. 1. Przykłady połączenia śrubowego oraz zaciskowego śrubowo-sprężynowego [2, 5]

W urządzeniach elektrycznych i rozdzielnicach możemy spotkać różne technologie od połączeń śrubowych po połączenia samozaciskowe i technologie hybrydowe. W ostatnich latach coraz większą popularność zdobywają różnego typu połączenia ze sprężyną dociskową, które eliminują możliwość niedokręcenia przewodu i praktycznie nie wymagają narzędzi przy montażu. Obecnie bardzo popularne są technologie: „push in" z przyciskiem zwalniającym lub IDC, polegająca na stosowaniu specjalnych styków nożowych [1].



Fot. 2. Przykład złączki listwowej silnoprądowej przeznaczonej do stref zagrożonych wybuchem i na napięcie dc do 1500 V [5]



Fot. 3. Przykład złączki listwowej silnoprądowej przeznaczonej do instalacji w strefach zagrożonych wybuchem [3]

Połączenia śrubowe

W systemie połączeń śrubowych stosowanych w złączkach można spotkać zacisk stalowy lub ze stopu miedzi z wykorzystaniem toru prądowego ze stopu miedzi. Oba elementy pokryte są powłokami galwanicznymi, zwiększającymi ich odporność na starzenie. Stal daje tu optymalne właściwości pod względem mechanicznym. Jej sprężystość, dodatkowo ulepszana obróbką cieplną, pozwala trwale zamocować przewód w zacisku. Siła w postaci dokręcenia śruby dociskowej zostaje przeniesiona na element, który nie ulega trwałej deformacji, tylko przekazuje ją, oddziałując na zamocowany przewód – dzięki czemu połączenie ma charakter trwały. Niewątpliwą zaletą połączeń śrubowych jest stosunkowo duża powierzchnia styku przewodu z zaciskiem [1–5].

Interesującym rozwiązaniem są również śrubowo-sprężynowe bloki zacisków gwarantujące ciągłość obwodów elektrycznych nawet w przypadku poluzowania śrub w wyniku wibracji. Takie rozwiązanie zapewnia zwiększoną pewność ciągłości obwodu dzięki końcówkom przewodów zabezpieczającym przed wypadnięciem (tulejka haczykowa) [2].

Połączenia samozaciskowe

Złączki szynowe samozaciskowe należą do najnowocześniejszych mocowań przewodów drutowych i linkowych, mających częste zastosowanie w elektrotechnice. Specjalny samozaciskowy system stosowany w tych złączkach umożliwia łatwy montaż często bez użycia narzędzi oraz gwarantuje wysoką jakość połączeń przewodów. Złączki pozwalają na łączenie przewodów o przekrojach od 0,8 do 35 mm², a nawet 50 i 95 mm². Można łączyć przewody wykonane z miedzi: jednodrutowe, wielodrutowe oraz linkowe – ze spojoną końcówką, końcówką kołkową lub zaciśniętą tulejką. Przewód jest dociskany do szyny prądowej za pomocą sprężyny, która odgina się przy przyłączaniu lub odłączaniu za pomocą wkrętaka, wsuwanego do wykonanego w tym celu otworu w złączce. Występują również rozwiązania typu „push in", w których nie jest wymagane żadne narzędzie przy montażu, a odizolowany przewód wystarczy włożyć i wcisnąć palcami w złączkę dobraną do jego przekroju. Natomiast w celu demontażu wystarczy nacisnąć przycisk, który zwolni sprężynę dociskającą.

STRESZCZENIE

W artykule omówiono rozwiązania złączek szynowych do łączenia przewodów w rozdzielnicach nn.

Siła docisku sprężyny jest stała i niezależna od montera, co jest istotną zaletą w porównaniu z zaciskami gwintowymi, gdzie moment obrotowy dokręcenia w dużym stopniu zależy od wyczucia i wprawy montera oraz zastosowanych narzędzi [1, 4]. Część przewodząca może mieć różną budowę, w zależności od typu, rozmiaru i charakterystyki zacisku oraz funkcji, jaką ma do spełnienia, a także użytego typu połączenia. Materiałem przewodzącym jest najczęściej wysokiej jakości stal sprężynowa chromowo-niklowa. Ma ona doskonałe właściwości mechaniczne. Jest odporna na rozciąganie, zginanie i korozję. Zmniejszenie docisku nie występuje do temperatury o wartości nawet 110°C. Stal może być pokryta elastyczną i miękką warstwą ołowiowo-cynową, dzięki czemu zwiększa się powierzchnia styku przy ściśnięciu podłączanego przewodu. Warstwa ta ma dobre właściwości elektryczne, pozwalające na uzyskanie minimalnej rezystancji przejścia.

W przypadku dużych przekrojów podłączanych przewodów 35–185 mm² stosuje się specjalne układy, które ściskają sprężynę dociskową ułatwiając montaż kabli i przewodów. Jedna z metod połączeń polega na przekręceniu dźwigni do oporu o pewien kąt za pomocą śrubokręta, co spowoduje zwolnienie nawet trzech sprężyn dociskających przewód **(fot. 2.)** [5]. Druga metoda **(fot. 3.)** polega na tym, że za pomocą klucza imbusowego lub śrubokręta napina się sprężynę poprzez obrót w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara aż do oporu, a następnie wciska przycisk z funkcją blokady – zacisk pozostaje w pozycji otwartej. Odizolowany przewód umieszcza się w złączce, a następnie lekkim obrotem w lewo zwalania się blokadę powodując rozprężenie się sprężyny i zakleszczenie się przewodu. Takie rozwiązanie nie wymaga stosowania końcówek [3]. Dodatkową zaletą jest możliwość użytkowania tego zacisku w warunkach, gdzie występują drgania. Sprężyna zmniejsza bowiem niebezpieczeństwo obluzowania się przewodu w tych warunkach dzięki swojej stałej sile docisku [3, 5].

Złączki listwowe dźwigniowe

Przewody w rozdzielnicach mogą być podłączane, a następnie demontowane ręcznie, bez konieczności stosowania żadnych przyrządów montażowych. Dzięki zastosowaniu dźwigni ryzyko ominięcia zacisku w trakcie podłączania przewodów lub błędnego ich podłączenia zostaje praktycznie wyeliminowane. Dodatkowym atutem jest także możliwość korzystania z obu rąk przy pracy. Zacisk pozostaje otworzony bez konieczności stosowania przyrządów montażowych. Ułatwia to przede wszystkim podłączanie przewodów sztywnych o dużych przekrojach [1, 3].



Fot. 4. Przykład złączki listwowej dźwigniowej dla przewodu PE z jednej strony i typu „push in" z drugiej, zapewniająca uziemienie szyny montażowej [3]

Złączki listwowe z dźwignią są przeznaczone do wszystkich rodzajów przewodów: zarówno jedno-, wielodrutowych, jak i linkowych. Umożliwia to bezpośrednie podłączanie nie tylko przewodów sztywnych, lecz także przewodów linkowych o przekroju od 0,75 mm², zakończonych tulejkami. Dzięki możliwości montażu przewodu z boku, złączki listwowe z dźwignią umożliwiają również łatwe podłączanie przewodów sztywnych o dużych przekrojach. Najczęściej można spotkać złączki listwowe z dźwignią o przekroju nominalnym 2,5 mm², 6 mm² oraz 16 mm². Są one dostępne w wykonaniach 2- oraz 3-przewodowych. Strona obiektowa złączki jest wyposażona w dźwignię, natomiast dla wykonania oprzewodowania wewnętrznego przewidziano do wyboru przycisk w technologii zacisku „push in" lub połączenie śrubowe [3].

Literatura

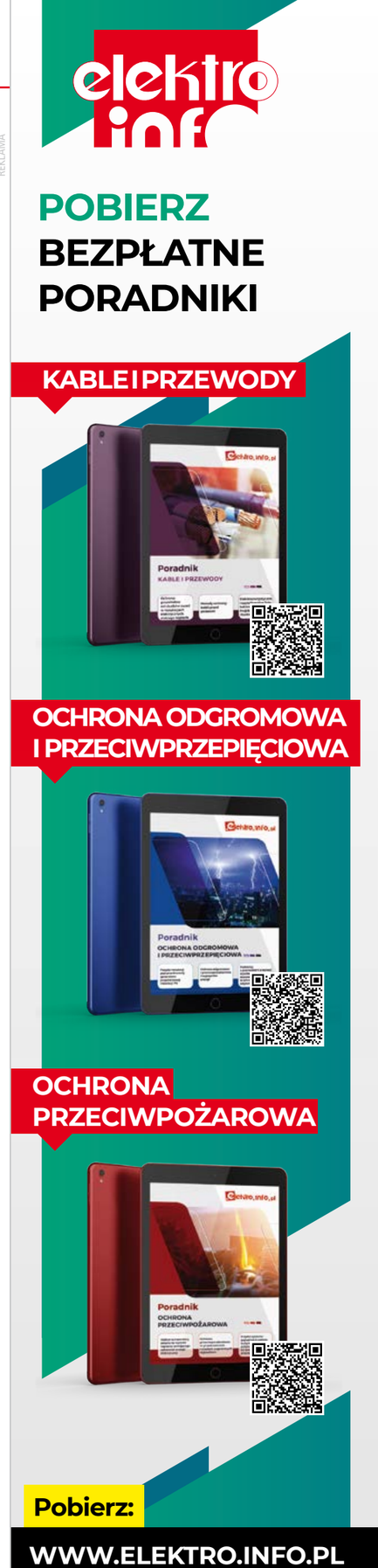
1. K. Kuczyński, Możliwość zastosowania złączek szynowych do łączenia kabli i przewodów w rozdzielnicach nn, „elektro.info" 5/2018.
2. Materiały firmy ABB.
3. Materiały firmy Wago.
4. Materiały firmy Ergom.
5. Materiały firmy Phoenix Contact.
6. Materiały firmy Weidmüller.
7. Materiały firmy Rittal.

ABSTRACT

Possibility to use terminal blocks to connect cables and wires in LV switchboards

The article discusses the solutions of terminal blocks to connect cables and wires in LV switchgears.

REKLAMA



WAGO Elwag

Systemy złączek listwowych do połączeń niewymagających serwisowania

Możliwości wykorzystania złączek TOPJOB® S

W technice łączeniowej chodzi przede wszystkim o bezpieczne i ekonomiczne łączenie przewodów. Choć brzmi to banalnie, to w praktyce oznacza, że stosowanym komponentom stawia się bardzo wysokie wymagania.

Zastosowanie w rozdzielnicy złączek listwowych ułatwia integrację systemów w zaawansowanych instalacjach budynkowych. Instalator, który sprawnie i umiejętnie korzysta ze złączek listwowych, oferuje klientowi nie tylko profesjonalny wygląd i bezpieczeństwo instalacji, ale również minimalizuje ryzyko błędów przy podłączaniu oprzewodowania oraz ułatwia klientowi późniejszą eksploatację i serwis.

Jak działa sprężyna Push-in CAGE CLAMP®?

Dzięki umieszczeniu sprężyny w odpowiednio uformowanym otworze w torze prądowym odchyla się ona pod wpływem nacisku przewodu wkładanego do otworu montażowego i umożliwia wtykowe wprowadzenie końcówki przewodu w zacisk. Po wetknięciu przewodu sprężyna dociska go swoją krawędzią do odpowiednio wyprofilowanej powierzchni styku w obrębie otworu montażowego w torze prądowym. Taka konstrukcja zacisku uniemożliwia wyciągnięcie przewodu bez zwolnienia sprężyny, a każda próba wyszarpania przewodu „na siłę" spowoduje dodatkowe zakleszczenie się końcówki w zacisku. Zwolnienie sprężyny jest natomiast konieczne do demontażu wszystkich rodzajów przewodów, jak również w wypadku montażu przewodów z miękką końcówką. W zaciskach Push-in CAGE CLAMP® siła docisku przewodu do toru prądowego jest zawsze dopasowana do średnicy mocowanego przewodu, co wynika z charakterystyki pracy sprężyny. Samoczynna kompensacja odkształceń przewodu spowodowanych rozszerzalnością temperaturową metalu, jak i „płynięcia" materiału w czasie pod zewnętrznym naciskiem, zapewniają właściwy docisk w całym okresie eksploatacji połączenia – bez konieczności okresowego serwisowania.

Szeroki i elastyczny program złączek listwowych TOPJOB® S zapewnia w różnego typu aplikacjach przemysłowych oraz nowoczesnej automatyce budynkowej znacznie więcej niż tylko połączenie elektryczne. Obszerny program złączek przelotowych i funkcyjnych do przewodów o przekrojach od 0,14 do 25 mm² ma wiele zalet. Na samej górze tej listy znajdują się efektywność kosztowa i bezpieczeństwo. Pierwsza jest spełniona dzięki możliwości szybkiego montażu: ponieważ w budynkach stosuje się przede wszystkim przewody jednodrutowe, najlepszym rozwiązaniem jest ich montaż wtykowy. Taką możliwość zapewnia właśnie zacisk Push-in CAGE CLAMP®, będący uniwersalnym zaciskiem, który dzięki szerokiemu zakresowi przekrojów podłączanych przewodów jest idealnym rozwiązaniem do wszystkich rodzajów zastosowań w budynku, spełniającym rosnące i wciąż zmieniające się wymagania.

Korzyści z zastosowania złączek TOPJOB® S z bezpiecznym zaciskiem Push-in CAGE CLAMP®

- podłączanie aż do czterech przewodów o przekrojach od 0,5 do 4 mm²
- szybki montaż fabryczny zacisku Push-in CAGE CLAMP®: podłączanie przewodów jednodrutowych, linkowych z tulejką krępowaną gazoszczelnie lub końcówką uszczelnioną ultradźwiękami
- bezpośredni pomiar wtykiem pomiarowym Ø 2 mm.

TOPJOB® S są dostępne w trzech wariantach otwierania zacisku: dźwignia, przycisk lub otwór montażowy. Do złączek listwowych ze wszystkimi wariantami otwierania zacisków stosuje się uniwersalny system mostkowania TOPJOB® S. Dodatkowo dzięki jednakowym kształtom wszystkie złączki listwowe TOPJOB® S można



Za pomocą mostka redukcyjnego można np. w prosty sposób połączyć złączki 6 mm² ze złączkami 16 mm²

opisać za pomocą ciągłych pasków oznacznikowych, co pozwala na znaczną oszczędność czasu i umożliwia przeprowadzenie pomiaru.

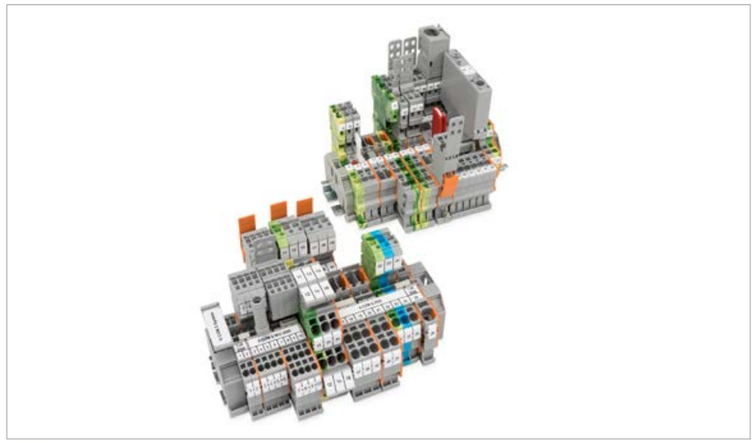
Optymalny system mostkowania

Podczas projektowania szaf sterowniczych i rozdzielczych należy bezwzględnie wziąć pod uwagę efekt nagrzewania się od przepływającego prądu. Od końca 2014 roku analiza wzrostu temperatury w rozdzielnicach i szafach sterowniczych jest wymagana przez normę IEC 61439. Chodzi o to, aby przewidzieć pewne rezerwy elektryczne w poszczególnych zastosowanych urządzeniach. Ze względu na to, że w przypadku złączek TOPJOB® S rezerwy elektryczne są duże, można liczyć na niewielki wzrost temperatury w szafach.

Szeroki i przemyślany zakres dostępnych mostków do złączek listwowych TOPJOB® S umożliwia realizację różnorodnych możliwych zadań związanych z mostkowaniem. Poniższe dwa przykłady ilustrują elastyczność mostkowania za pomocą mostków do mostkowania ciągłego oraz grzebieniowych w praktyce. Wykorzystanie mostków do mostkowania ciągłego pozwala na rozbudowę bloków potencjałowych.

Przykład 1: mostkowanie ciągłe

Mostek do mostkowania ciągłego z serii 2002 umożliwia połączenie dowolnej liczby złączek. Jego budowa pozwala na przyłączanie do jednego otworu w szynie prądowej dwóch pinów wtykowych sąsiadujących ze sobą mostków, tworząc pojedynczy pin. Taka konstrukcja mostków umożliwia mostkowanie ciągłe wyłącznie w jednym kanale. Drugi kanał do mostkowania pozostaje wolny i można go wykorzystać do dodatkowych połączeń np. z wielowtykami TOPJOB® S lub do wtyków pomiarowych. Gdy w czasie rozruchu instalacji okaże się, że brakuje dodatkowych zacisków, wystarczy dołożyć kolejne złączki i połączyć je za pomocą mostków do mostkowania ciągłego w tym samym kanale. Istnieje również możliwość demontażu mostków w celu dekonfiguracji układu. Jednym typem mostka można zmostkować dowolną liczbę złączek.



Złączki listwowe z funkcją wtykową X-COM®-SYSTEM i X-COM®S-SYSTEM oraz X-COM®S-SYSTEM-MINI przeznaczone są przede wszystkim do tworzenia instalacji w szafach rozdzielczych i sterowniczych

Przykład 2: mostkowanie redukcyjne za pomocą mostków grzebieniowych

Jeden zasilacz WAGO Pro o napięciu 24 V zasila kilka odbiorników, np. osiem. Przewody „–" odbiorników przyłącza się do niebieskich złączek listwowych TOPJOB® S. W tym przykładzie do zasilenia „–" ośmiu odbiorników użyto dwóch 4-przewodowych złączek listwowych z serii 2001 połączonych z 2-przewodową złączką listwową TOPJOB® S z serii 2004, do której doprowadzono przewód łączący z zaciskiem ujemnym zasilacza. Mostkowanie między serią 2001 (przekrój znamionowy 1,5 mm²) a serią 2004 (przekrój znamionowy 4 mm²), która jest o dwa stopnie w typoszeregu większa, można wykonać za pomocą standardowego 3-torowego mostka grzebieniowego z serii 2001. Ostatni pin mostka może być podłączony do otworu mostka z serii 2004. Możliwe jest również tego typu mostkowanie przez ściankę końcową.

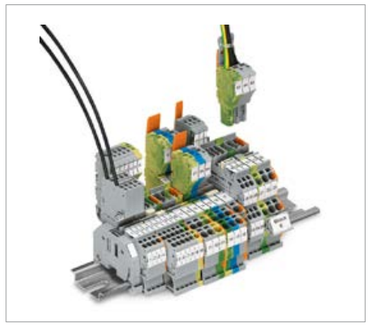
W przypadku złączek listwowych TOPJOB® S możliwe jest mostkowanie złączek, których przekroje nominalne różnią się o maksymalnie dwa rozmiary w typoszeregu, za pomocą mostków grzebieniowych z serii przeznaczo-

REKLAMA

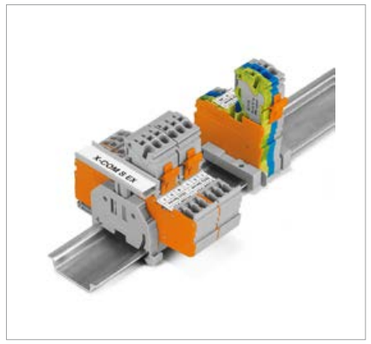




X-COM®-SYSTEM umożliwia nie tylko montaż na szynie montażowej, lecz także zawiera komponenty do płytki montażowej lub do połączeń swobodnych oraz do montażu na powierzchniach i do przejść przez obudowę



X-COM®S-SYSTEM oferuje złączki w dwóch różnych szerokościach: z serii 2020 (o szer. 3,5 mm) i z serii 2022 (o szer. 5,2 mm)



Złączki listwowe z funkcją wtykową X-COM®S-SYSTEM są dostępne także w wersji Ex

nych do mniejszych przekrojów. Ważne jest jednak, aby sumaryczny prąd odpływów nie przekraczał wartości prądu znamionowego mostka grzebieniowego.

System mostkowania TOPJOB® S oferuje wiele specjalistycznych rozwiązań. Do podłączania uzwojeń silnika w gwiazdę lub trójkąt można zastosować odpowiednie mostki do tego typu połączeń. Aby połączyć różne „piętra" w złączkach piętrowych, można skorzystać z wtykanego mostka pionowego.

Komponenty do uniwersalnego oprzewodowania systemowego: X-COM® i X-COM®S

Na szczególną uwagę zasługują złączki listwowe z funkcją wtykową X-COM®-SYSTEM i X-COM®S-SYSTEM oraz X-COM®S-SYSTEM-MINI – przeznaczone przede wszystkim do tworzenia instalacji w szafach rozdzielczych i sterowniczych (np. w kolejnictwie). Spełniają one funkcje złączek listwowych – pełnią zarówno funkcję wtykową, jak i funkcję modularnej rozbudowy. Ich zaletą jest możliwość wykonania oprzewodowania na etapie produkcji, montażu, podczas eksploatacji i konserwacji. Konfekcjonowanie wiązek przewodowych i ochrona przed błędnym przyłączeniem pozwala na oszczędność kosztów i czasu, a same konfekcjonowane wiązki przewodowe można przetestować przed przyłączeniem do instalacji, a także szybko i bezbłędnie wymienić w razie potrzeby dzięki gotowym komponentom.

X-COM®-SYSTEM

X-COM®-SYSTEM nie tylko umożliwia montaż na szynie montażowej, lecz także zawiera komponenty do płytki montażowej lub do połączeń swobodnych oraz do montażu na powierzchniach i do przejść przez obudowę. Wielokrotnie sprawdzony zacisk CAGE CLAMP® zapewnia bezpieczeństwo we wszystkich obszarach zastosowań.

Wykorzystanie zacisków pozwala uniknąć błędów, gdyż całkowicie eliminuje ryzyko błędnego wetknięcia dzięki kodowaniu grup o tej samej liczbie biegunów. Zastosowane mechaniczne elementy: zaczepy ryglujące, płytki i obudowy odciążające przewody zabezpieczają dodatkowo połączenia. Dzięki przemyślanym otworom na wtyk pomiarowy w gniazdach i złączkach bazowych w prosty i szybki sposób możemy dokonać pomiaru. Istnieje także możliwość mostkowania gniazd i złączek bazowych przy zachowaniu wymaganej liczby biegunów i nawet przy wyjętym gnieździe. Nie bez znaczenia jest przy tym wszystkim korzystna cenowo alternatywa dla wtyków przemysłowych 500 V/32 A.

X-COM®S-SYSTEM

X-COM®S-SYSTEM oferuje z kolei złączki w dwóch różnych szerokościach: z serii 2020 (o szer. 3,5 mm) i z serii 2022 (o szer. 5,2 mm). Jest kompatybilny ze złączkami listwowymi TOPJOB® S, dlatego może być stosowany z licznymi akcesoriami z rodziny TOPJOB® S, np. przy mostkowaniu i oznaczaniu złączek do przewodów maks. 1,5 mm² przy szerokości złączki wynoszącej tylko 3,5 mm, jak również do 4 mm² przy szerokości wynoszącej tylko 5,2 mm. Technologia Push-in CAGE CLAMP® umożliwia szybkie oprzewodowanie i montaż wtykowy przewodów jedno-, wielodrutowych i linkowych zakończonych tulejką. Wyeliminowane zostało również ryzyko błędnego wetknięcia dzięki kodowaniu grup o tej samej liczbie biegunów.

Oprzewodowanie systemowe do strefy Ex

Złączki listwowe z funkcją wtykową X-COM®S-SYSTEM są dostępne także w wersji Ex. Wersja ta uzyskała aprobatę rodzaju budowy przeciwwybuchowej „nA" i może być stosowana w strefie 2 obszarów zagrożonych wybuchem. Złączki te pozwalają na szybką i bezbłędną wymianę dzięki ochronie przed błędnym przyłączeniem i dotykiem bezpośrednim – także w obszarze Ex. Skrócony zaczep ryglujący w gnieździe zapobiega nieumyślnemu rozłączeniu i poprawia bezpieczeństwo. X-COM®S-SYSTEM do zastosowań w obszarach Ex jest przeznaczony i certyfikowany do przewodów o przekroju do 4 mm² i prądu nominalnego do 20 A.

Pamiętajmy, że odpowiedzialność za wybór dopuszczonych produktów i prawidłowy montaż zawsze spoczywa na instalatorze. Dzięki dopuszczeniu, które otrzymały wszystkie złączki z szerokiej gamy produktów WAGO, instalatorzy nie muszą się martwić o ich zgodność z obowiązującymi normami. Dodatkowo, wszystkie złączki WAGO poddawane są wewnętrznym badaniom, które stawiają jeszcze wyższe wymagania jakościowe. Dopiero po pomyślnym przejściu tych badań produkty trafiają na rynek, gwarantując użytkownikom wysoki poziom bezpieczeństwa oraz niezawodności, z którego znane jest WAGO.

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

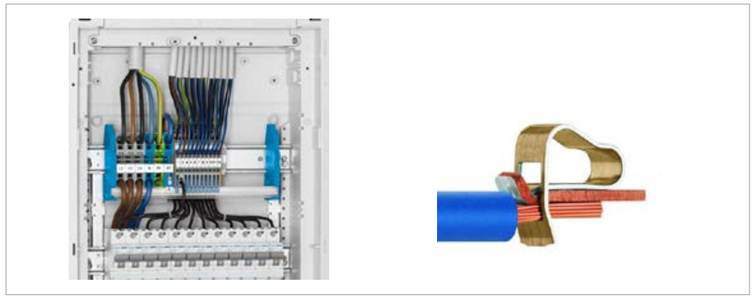


Justyna Talmot

Sposoby łączenia kabli i przewodów w instalacjach rozdzielczych

Niewymagające użycia drogich narzędzi specjalistycznych

Każde połączenie dwóch przewodników charakteryzuje się rezystancją zestykową. Rezystancja zestykowa nie ma stałej wartości w czasie ze względu na utlenianie się powierzchni styków, a przyrost jej jest tym większy, im wyższa jest temperatura pracy zestyków. Wraz ze wzrostem temperatury zestyku i grubości warstwy nalotowej wzrasta natężenie pola elektrycznego w warstwie nalotowej, co prowadzi do jej przebicia. Przy dostatecznie dużej grubości warstwy nalotowej przebicie może nie nastąpić i temperatura zestyku może wzrosnąć i przekroczyć dopuszczalne granice, powodując upalenie się połączenia.

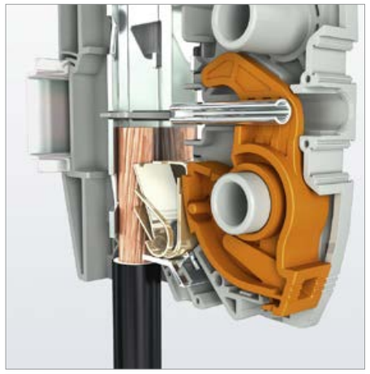


Fot. 1. Przykład złączki zaciskowej w rozdzielnicy nn oraz elementu sprężynowego mocującego przewód [4]

Zestyki

Każdy aparat pracujący w rozdzielnicach i układach zasilających urządzenia elektryczne ma tor prądowy oraz układ zestykowy. Przepływ prądu ciągłego powoduje nagrzewanie się toru prądowego i zestyków do temperatury, która nie powinna przekraczać wartości dopuszczalnej. W warunkach zwarciowych tory prądowe oraz układy zestykowe podlegają dodatkowemu nagrzewaniu oraz narażeniom elektrodynamicznym wywołanym prądami zwarciowymi [1, 2].

Jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących zestyki jest struktura powierzchni styczności. Ze względu na kształt powierzchni



Fot. 2. Przykład złączki listwowej z trzema sprężynami dociskającymi przewód [5]

stykowych zestyki można podzielić na punktowe, liniowe i powierzchniowe. Jednak ze względu na rzeczywisty profil powierzchni styczność dwu ciał nigdy nie następuje w jednym punkcie, wzdłuż linii lub jednolitej powierzchni geometrycznej. Dlatego też o zestyku punktowym mówimy, gdy styczność elektryczna odbywa się na powierzchni o bardzo małym promieniu. Zestyk liniowy jest to zestyk, w którym styczność rzeczywista odbywa się na kilku małych powierzchniach ułożonych w przybliżeniu wzdłuż pewnej linii prostej. Natomiast zestyk powierzchniowy jest to zestyk, w którym styczność pozorna następuje na powierzchni wynikającej z geometrycznych wymiarów styków, a styczność rzeczywista – na wielu małych powierzchniach dowolnie usytuowanych w obrębie pozornej powierzchni styczności (profilu powierzchni) [1].

Rezystancja zestykowa jest zmienna w czasie ze względu na utlenianie się powierzchni styków oraz towarzyszący temu zjawisku wzrost temperatury. Rzeczywista powierzchnia styczności jest sumą powierzchni zestyków punktowych. Wielkość rzeczywistej powierzchni styczności zależy od twardości materiału, rodzaju i dokładności obróbki powierzchni oraz wpływu na profil falistości i chropowatości tych powierzchni [1].

Zależnie od wartości siły docisku zestyków, mikropowierzchnie ulegają odkształceniom sprężystym lub plastycznym. W zestykach na prądy znamionowe powyżej kilkuset amperów, z uwagi na wymaganie małej rezystancji, na ogół stosowane są znaczne siły docisku, powodujące odkształcenia plastyczne mikropowierzchni [2]. Rezystancja zestykowa jest podstawowym parametrem charakteryzującym zestyk oraz decyduje o jego obciążalności prądowej ciągłej i zwarciowej dla całego toru prądowego.

Złączki listwowe

Często zachodzi potrzeba podłączenia dużej liczby przewodów w mocno ograniczonej przestrzeni rozdzielnicy nn. Wykonywanie prac montażowych w takich warunkach jest bardzo trudne i może szybko doprowadzić do nieprawidłowego okablowania, co z kolei przekłada się na znaczny wzrost kosztów w przypadku awarii.

Zadaniem złączek listwowych jest łatwe połączenie urządzeń elektrycznych z aparaturą w rozdzielnicy. Dzięki nim wszystkie przewody są łatwo identyfikowalne, a eksploatacja urządzeń elektrycznych staje się dużo wygodniejsza, głównie ze względu na pomiary i eksploatację.

W urządzeniach elektrycznych i rozdzielnicach możemy spotkać różne technologie złączek – od połączeń śrubowych po połączenia samozaciskowe i technologie hybrydowe. W ostatnich latach coraz większą popularność zdobywają różnego typu połączenia ze sprężyną dociskową, które eliminują możliwość niedokręcenia przewodu i praktycznie nie wymagają narzędzi przy montażu [3].

Połączenia śrubowe

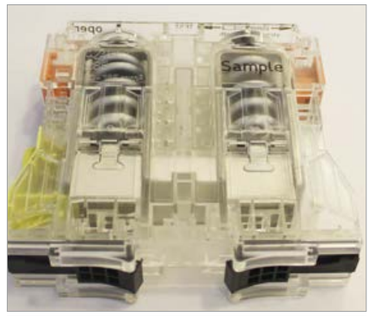
W systemie połączeń śrubowych stosowanych w złączkach można spotkać zacisk stalowy lub ze stopu miedzi, z wykorzystaniem toru prądowego ze stopu miedzi. Oba elementy pokryte są powłokami galwanicznymi, zwiększającymi ich odporność na starzenie. Stal daje tu dobre właściwości pod względem mechanicznym. Jej sprężystość, dodatkowo ulepszana obróbką cieplną, pozwala trwale zamocować przewód w zacisku. Siła w postaci dokręcenia śruby dociskowej zostaje przeniesiona na stal, która nie ulega trwałej deformacji, tylko przekazuje ją – dzięki czemu połączenie ma charakter trwały [3, 4].

Połączenia samozaciskowe

Złączki szynowe samozaciskowe należą do najnowocześniejszych mocowań przewodów drutowych i linkowych, mających częste zastosowanie w elektrotechnice. Specjalny samozaciskowy system stosowany w tych złączkach umożliwia łatwy montaż, często bez użycia narzędzi, oraz gwarantuje wysoką jakość połączeń przewodów. Złączki pozwalają na łączenie przewodów o szerokim zakresie przekrojów – najczęściej od 0,8 do 35 mm^2, a czasem nawet 95 mm^2. Można łączyć przewody wykonane z miedzi: jednodrutowe, wielodrutowe oraz linkowe – ze spojoną końcówką, końcówką kołkową lub zaciśniętą tulejką. Przewód jest dociskany do szyny prądowej za pomocą sprężyny, którą odgina się przy przyłączaniu lub odłączaniu za pomocą wkrętaka, wsuwanego do wykonanego w tym celu otworu w złączce. Występują również rozwiązania typu „push in", w których nie jest wymagane żadne narzędzie przy montażu, a odizolowany przewód wystarczy włożyć i wcisnąć palcami w złączkę dobraną do jego przekroju. Natomiast w celu demontażu wystarczy nacisnąć przycisk, który zwolni sprężynę dociskającą.

Siła docisku sprężyny jest stała i niezależna od montera, co jest istotną zaletą w porównaniu do zacisków śrubowych, gdzie moment obrotowy dokręcenia w dużym stopniu zależy od wyczucia i wprawy montera oraz zastosowanych narzędzi [3, 5]. Część przewodząca może mieć różną budowę, w zależności od typu, rozmiaru i charakterystyki zacisku oraz funkcji, jaką ma do spełnienia, a także użytego typu połączenia. Materiałem przewodzącym jest najczęściej wysokiej jakości stal sprężynowa chromowo-niklowa. Ma ona dobre właściwości mechaniczne i jest odporna na rozciąganie, zginanie i korozję. Stal może być pokryta elastyczną i miękką warstwą ołowiowo-cynową, dzięki czemu zwiększa się powierzchnia styku przy ściśnięciu podłączanego przewodu. Warstwa ta posiada dobre właściwości elektryczne, pozwalające na uzyskanie minimalnej rezystancji przejścia.

W przypadku dużych przekrojów podłączanych przewodów (35 – 185 mm^2) stosuje się specjalne rozwiązania, które ściskają sprężynę dociskową, ułatwiając montaż kabli i przewodów. Jedna z metod łączenia polega na przekręceniu dźwigni, o pewien kąt, do oporu, za pomocą śrubokręta, co spowoduje zwolnienie nawet trzech sprężyn dociskających przewód **(fot. 2.)** [5]. Druga metoda **(fot. 3.)** polega na tym, że za pomocą klucza imbusowego lub śrubokręta napina się sprężynę poprzez obrót w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara aż do oporu, a następnie wciska przycisk z funkcją blokady – zacisk pozostaje w pozycji otwartej. Odizolowany przewód umieszcza się w złączce, a następnie lekkim obrotem w lewo zwalania się blokadę, powodując rozprężenie się sprężyny i zakleszczenie się przewodu. Takie rozwiązanie nie wymaga stosowania końcówek [3]. Dodatkową zaletą jest możliwość użytkowania tego zacisku w warunkach, gdzie występują drgania. Sprężyna zmniejsza bowiem niebezpieczeństwo obluzowania się przewodu w tych warunkach dzięki swojej stałej sile docisku [3, 5].



Fot. 3. Przykład złączki listwowej silnoprądowej przeznaczonej do instalacji w rozdzielnicy nn

Złączki listwowe dźwigniowe

Przewody w rozdzielnicach mogą być podłączane, a następnie demontowane ręcznie, bez konieczności stosowania żadnych przyrządów montażowych. Dzięki zastosowaniu dźwigni ryzyko ominięcia zacisku w trakcie podłączania przewodów lub błędnego ich podłączenia jest praktycznie wyeliminowane. Dodatkowym atutem jest także możliwość korzystania z obu rąk przy pracy. Zacisk pozostaje otworzony bez konieczności stosowania narzędzi montażowych. Ułatwia to przede wszystkim podłączanie przewodów sztywnych o dużych przekrojach [3, 4].

Złączki listwowe z dźwignią są przeznaczone do wszystkich rodzajów przewodów: zarówno jedno-, wielodrutowych, jak i linkowych. Umożliwia to bezpośrednie podłączanie nie tylko przewodów sztywnych, lecz także przewodów linkowych o przekroju od 0,75 mm^2 zakończonych tulejkami. Dzięki możliwości montażu przewodu z boku, złączki listwowe z dźwignią umożliwiają również łatwe podłączanie przewodów sztywnych o dużych przekrojach. Najczęściej można spotkać złączki listwowe z dźwignią o przekroju nominalnym 2,5 mm^2, 6 mm^2 oraz 16 mm^2 i są one dostępne w wykonaniach 2- oraz 3-przewodowych. Strona obiektowa złączki jest wyposażona w dźwignię, natomiast dla wykonania oprzewodowania wewnętrznego przewidziano do wyboru przycisk w technologii zacisku „push in" [3].

Literatura

1. B. Lejdy, A. Sajczyk, Laboratorium urządzeń elektroenergetycznych, DWiP PB, Białystok 1999.
2. S. Kulas, Tory prądowe i układy zestykowe, OWPW, Warszawa 2008.
3. K. Kuczyński, Wybrane rozwiązania stosowane w złączkach szynowych do łączenia przewodów w rozdzielnicach nn, „elektro.info" 6/2018.
4. Materiały firmy Wago.
5. Materiały firmy Phoenix Contact.
6. Materiały firmy Weidmüller.

JAK UNIKNĄĆ BŁĘDÓW PRZY MONTAŻU I EKSPLOATACJI ZŁĄCZEK LISTWOWYCH?

Doświadczenie pokazuje, że awarie i problemy eksploatacyjne związane ze złączkami listwowymi w większości wypadków wynikają z ich niewłaściwej obsługi. Zdarza się, że błędy montażowe są trudne do wyeliminowania na etapie wzrokowej kontroli jakości lub uruchomienia, a ich konsekwencje pojawiają się dopiero po wystąpieniu szczególnych warunków eksploatacyjnych, np. przy długotrwałym obciążeniu prądem zbliżonym do znamionowego.

Niewłaściwa długość odizolowania przewodu

Zbyt duża długość odizolowania przewodu – niezaizolowany fragment przewodu znajduje się poza obudową złączki, powodując ryzyko poraże-

nia, zwarcia lub przenoszenia się łuku elektrycznego. Zbyt mała długość odizolowania przewodu – w takim wypadku, szczególnie przy przewodach o przekrojach zbliżonych do dolnej granicy zakresu w danej złączce, występuje ryzyko nieprawidłowego montażu w zacisku, np. do toru prądowego zamiast przewodnika dociskana jest izolacja, sprężyna dociska przewód w niewłaściwym miejscu, co skutkuje możliwością jego wysunięcia się z zacisku pod wpływem drgań lub zmian temperatury. W konsekwencji urządzenie nie działa, jest podatne na awarię. Występuje niebezpieczeństwo iskrzenia lub przegrzewania się przewodów.

Stosowanie niewłaściwych narzędzi do zwalniania sprężyn w zaciskach

Powszechnym błędem jest używanie wkrętaków płaskich do otwierania zacisków. Kształt klingi wkrętaków nie jest dostosowany do otworu w złączce i może powodować uszkodzenie jej obudowy. Ponadto materiał, z którego produkowane są wkrętaki, przystosowano do przenoszenia sił działających przy odkręcaniu lub przykręcaniu śrub, nie jest natomiast zazwyczaj odporny na ścieranie. Dlatego do otwierania zacisków sprężynowych w złączkach listwowych najlepiej używać przystosowanych specjalnie do tego przyrządów montażowych.

Pomijanie niezbędnych akcesoriów

Prawidłowa konfiguracja listwy zaciskowej wymaga uwzględnienia szeregu niezbędnych akcesoriów. Do najważniejszych należą ścianki końcowe, które stanowią niezbędny element odpowiedzialny za bezpieczeństwo. Stanowią one odpowiednio dobraną warstwę izolacji, zapewniającą ochronę podstawową przed porażeniem prądem elektrycznym.

Niestety, szczególnie w Polsce, z niewiadomych przyczyn, instalatorzy podłączają w jednym zacisku wiele żył, według zasady „tyle żył, ile się fizycznie zmieści". Takie postępowanie skutkuje brakiem właściwego docisku pomiędzy przewodem a torem prądowym, co w konsekwencji ma wpływ na parametry techniczne (m.in. obciążalność prądową) zacisku. Może się zdarzyć, że jeden lub więcej przewodów w ogóle nie ma gazoszczelnego styku z torem prądowym. Ponadto może dojść do wysunięcia się żył z zacisku. Podłączanie wielu żył do jednego zacisku może również doprowadzić do przegrzewania, zwarcia lub awarii. Prawidłowo należy dołożyć kolejne złączki listwowe i mostkować je ze sobą, dzięki czemu w bezpieczny i jednocześnie przejrzysty (a zarazem łatwy w opisie) sposób powielamy potencjały. W wyjątkowych sytuacjach (np. na szynie montażowej nie ma już miejsca, a trzeba podłączyć kolejny przewód) można wspomóc się szybkozłączką instalacyjną lub skorzystać ze złączki piętrowej – z większą liczbą zacisków. Wówczas będziemy mieli gwarancję pewnego i bezpiecznego styku.

Tulejkowanie

Oczywistością jest, że końcówka tulejkowa musi być zaciśnięta za pomocą praski. Niestety w praktyce często decyzja o zakupie praski podyktowana jest ceną, a większość osób nie przykłada większej wagi do tulejkowania i wpływu, jaki sposób zaprasowania ma na połączenie. W zaciskach śrubowych, gdzie siła docisku zależy bezpośrednio od montera, ma to rzeczywiście nieco mniejsze znaczenie, jednak w wypadku zacisków sprężynowych, jeśli stosujemy tulejki, muszą one być zaprasowane gazoszczelnie. Do zacisków sprężynowych należy zaciskać przewody wyłącznie za pomocą prasek o profilu współosiowym (kwadrat, sześciokąt, ośmiokąt). Dlaczego to takie ważne? Tulejka na przewodzie powinna być zaciśnięta gazoszczelnie. Zacisk sprężynowy w miejscu połączenia sprężyny z tulejką wykonuje połączenie gazoszczelne. Dzięki temu ani pomiędzy sprężyną a tulejką, ani pomiędzy tulejką a żyłą przewodu nie zachodzi proces utleniania się miedzi, który w konsekwencji doprowadza do wzrostu rezystancji, nagrzewania się styku i doprowadzić może do pożaru.

Brak weryfikacji poprawności połączeń przed uruchomieniem rozdzielnicy

Przed podaniem napięcia zawsze należy sprawdzić (nawet omomierzem), czy na etapie montażu rozdzielnicy przypadkowo nie powstało zwarcie. Może się to zdarzyć choćby przez pomyłkę przy mostkowaniu złączek listwowych. Wielu instalatorów zapomina o tej czynności lub ją pomija, np. ze względu na presję czasu lub złe warunki na budowie. Tu ujawnia się kolejna zaleta złączek listwowych. Przygotowaną na ich bazie rozdzielnicę prefabrykujemy w warsztacie, dzięki czemu możemy bezpiecznie i wygodnie sprawdzić wszystkie połączenia wewnętrzne jeszcze przed zainstalowaniem na budowie! Dodatkowo złączki listwowe ułatwiają pomiary instalacji na obiekcie.

Przeciążenia mostków

Przy mostkowaniu złączek w rozdzielnicy warto zasilanie podawać na środek mostka. Dzięki temu (zgodnie z prawem Kirchoffa) prądy korzystniej rozpływają się po mostku. W prawidłowo zaprojektowanej instalacji w domach mieszkalnych przeciążyć mostki byłoby trudno, ponieważ obwody najczęściej mają zabezpieczenia nadprądowe 10, 16 lub 20 A, natomiast mostki do standardowych złączek IEK przenoszą do 24 A.

Umieszczając przewody w zacisku, należy zadbać, aby żyły były czyste (bez śniedzi). Zaśniedziałą końcówkę przewodu najlepiej odciąć i odizolować „świeży" fragment żyły, a jeżeli nie ma takiej możliwości – starannie oczyścić. Dzięki temu zyskujemy pewność, że po podłączeniu przewodu w złączce powstanie połączenie gazoszczelne, styk będzie pewny bez utlenionego materiału negatywnie wpływającego na rezystancję przejścia. Poza tym drut lub poszczególne żyły przewodu linkowego muszą być proste i nieuszkodzone – niedopuszczalne jest podłączanie żył uszkodzonych wcześniej w zacisku śrubowym, bądź linki ze „szczotką" pogiętych w różne strony żył wielokrotnie montowanego i demontowanego przewodu.

Mostki omijające nie ominą zasad

Może trudno w to uwierzyć, lecz często instalatorzy próbują włożyć dwa piny, z dwóch mostków, w jedno gniazdo. Zdarza się to szczególnie przy mostkach omijających. Montując je, należy pamiętać, że w jeden otwór pod mostek możemy wprowadzić tylko jeden pin stykowy. Ideą stosowania mostków omijających jest powielanie dwóch różnych potencjałów w kolejnych – sąsiadujących ze sobą złączkach, np. +/–, jednak przy wykorzystaniu tylko jednego toru pod mostki. Dzięki temu zyskuje się wolne miejsce w drugim torze; można je wykorzystać np. do wprowadzania adapterów pomiarowych.

Źle dobrane parametry szyny montażowej

Omawiany błąd rzadko dotyczy rozdzielnic w domkach jednorodzinnych, lecz ze względu na jego wpływ na bezpieczeństwo warto o nim pamiętać, szczególnie przy projektowaniu i montażu większych rozdzielnic. Szyny montażowe mogą mieć różne wykonania, a co za tym idzie, różny przekrój poprzeczny i różną obciążalność.

Właściwe wymiary

Projektując listwy zaciskowe, należy uwzględnić wymiary złączek w taki sposób, by wszystko zmieściło się w rozdzielnicy lub – patrząc na problem z drugiej strony – dobrać wielkość rozdzielnicy do zaprojektowanej listwy. Aby uniknąć problemów ze zmieszczeniem wszystkich złączek na szynie w rozdzielnicy, należy uwzględnić kilka kwestii, w szczególności: maksymalne dostępne wymiary w rozdzielnicy, co będzie zamontowane na sąsiedniej, szynie montażowej, czy pomiędzy szynami będą korytka grzebieniowe, jak wyprowadzone są przewody urządzenia, które będzie zamontowane na sąsiedniej szynie, czy też na jakiej wysokości będzie pokrywa maskująca. Niby oczywiste, a jak często w momencie montażu okazuje się, że kilku milimetrów brakuje…

Źródło: WAGO

Surge-Trap® K
SPD +SSD

KOMPAKTOWY SYSTEM OCHRONY PRZEPIĘCIOWEJ
ZAPEWNIAJĄCY CIĄGŁOŚĆ OCHRONY INSTALACJI

NOWY

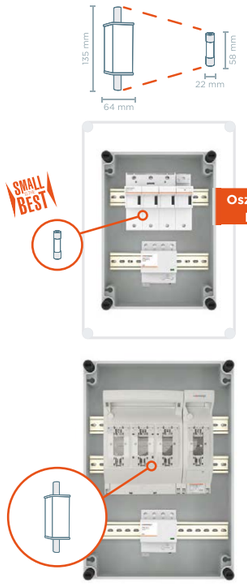


WYSOKA WYTRZYMAŁOŚĆ SYSTEMU
Iscr 100kA

Ograniczniki przepięć Surge-Trap® K i d**edykowane gniazda bezpiecznikowe SSD** zostały zaprojektowane tak, aby działać jako jeden, w pełni skoordynowany system. **Gniazda SSD zapewniają znamionową wydajność przeciwprzepięciową** w rzeczywistych warunkach instalacji. Montaż systemu odbywa się na szynie TH35, co eliminuje niedogodności związane z **rozmiarem klasycznego rozłącznika bezpiecznikowego na wkładki nożowe**.

W rezultacie otrzymujemy niezawodne rozwiązanie **zgodne z normą IEC 61643-11**, które dodatkowo jest przystosowane do przyszłych wymagań **normy prIEC TS 61643-06 (SSD)**.

OSZCZĘDNOŚĆ PRZESTRZENI



ŁATWIEJSZY DOBÓR DOBEZPIECZENIA OGRANICZNIKA

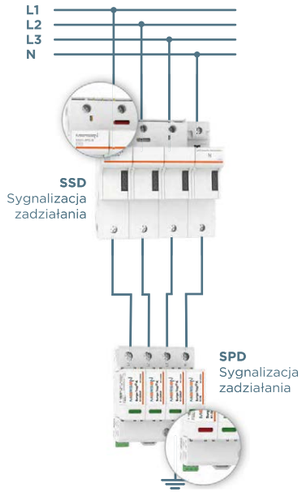
Gniazdo bezpiecznikowe SSD zdecydowanie upraszcza dobór dobezpieczenia ogranicznika i eliminuje ryzyko użycia nieprawidłowej wkładki.

	SPD	SSD
12,5 kA	K1 series	SSD K1 series
25 kA	K1H series	SSD K1H series



KOMPLETNY MONITORING

Pełna sygnalizacja ze zdalnym wskaźnikiem zadziałania obu urządzeń.



System Surge-Trap® K1 + SSD K1

Najbardziej niezawodne rozwiązanie od renomowanego producenta, specjalizującego się zarówno w ochronie przeciwprzepięciowej jak i przetężeniowej.

MERSEN Polska Sp. z o.o.
ul. Walerego Sławka 3A, 30-633 Kraków
NIP 679 310 01 35
Biuro.POLSKA@mersen.com

MERSEN.COM

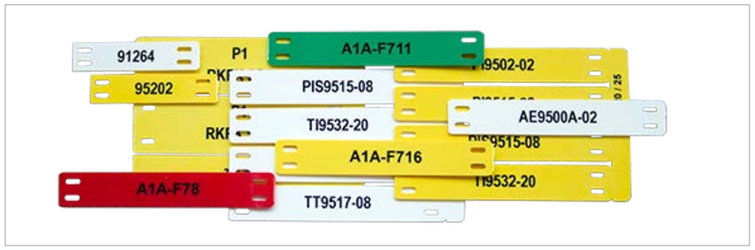
MERSEN
Expertise, our source of energy

autor

Znak Direct – znaczniki kablowe i inne oznakowania projektowane online

Czytelne i trwałe oznakowanie urządzeń, przewodów, kabli, szaf sterowniczych oraz elementów instalacji ma duże znaczenie dla bezpieczeństwa pracy, sprawnego montażu i późniejszej obsługi technicznej. Firma Znak Direct oferuje szeroki wybór tabliczek, oznaczników, naklejek i znaków przeznaczonych dla przemysłu, elektroinstalatorów, automatyków, producentów maszyn oraz wykonawców instalacji technicznych.

Najważniejszym elementem systemu Znak Direct jest kreator online, w którym klienci samodzielnie projektują oznakowania. Użytkownik wybiera rodzaj produktu, materiał, wymiary, kolorystykę, treść, symbole oraz sposób mocowania. Może także dodawać kody QR, kody kreskowe i elementy graficzne. Gotowy projekt trafia bezpośrednio do produkcji, a zapisane wzory można później ponownie wykorzystać lub zmodyfikować.



Fot. 1. Oznaczniki do kabli z tworzywa ABS

Rozwiązanie to upraszcza proces zamawiania i ogranicza ryzyko błędów wynikających z przesyłania specyfikacji w tradycyjnej formie. W przypadku większych serii oznaczeń możliwy jest również import danych z arkusza Excel. Firma nie wymaga minimalnej liczby zamawianych produktów, dlatego realizuje zarówno pojedyncze tabliczki, jak i większe partie oznaczników.

Od tradycyjnych zamówień do systemu internetowego

Historia Znak Direct sięga lat 90., kiedy oznakowania przemysłowe zamawiano głównie telefonicznie lub faksem. Założyciel firmy, Stefan Gustafsson, pracował wówczas jako elektryk i zetknął się z problemem czasochłonnego zamawiania tabliczek oraz oznaczników. Odpowiedzią było stworzenie systemu umożliwiającego klientom samodzielne projektowanie produktów przez internet.

Obecnie firma działa w wielu krajach europejskich i obsługuje klientów z branży elektrycznej, budowlanej, hydraulicznej oraz przemysłowej. Jej model działalności łączy internetowy kreator z półautomatyczną produkcją i krótkim czasem realizacji zamówień.

Tabliczki z tworzyw sztucznych

Jedną z podstawowych grup produktowych są tabliczki z grawerowanego tworzywa akrylowego – wyjątkowo wytrzymałe i wszechstronne. Są odporne na zarysowania i większość kwasów, a także na działanie promieni UV (z wyjątkiem koloru srebrnego i złotego), odpowiednie zarówno do użytku wewnątrz, jak i na zewnątrz – w temperaturach od 40 do 80°C.

Takie tabliczki są stosowane między innymi do opisywania szaf elektrycznych, rozdzielnic, przełączników, przycisków, urządzeń, zaworów i pomieszczeń technicznych. Mogą być wyposażone w warstwę samoprzylepną lub otwory montażowe.

W ofercie znajdują się także tabliczki z tworzyw APET i polietylenu z nadrukiem. Technologia druku umożliwia stosowanie wielobarwnej grafiki, piktogramów i bardziej rozbudowanych komunikatów. Produkty te mogą pełnić funkcję tabliczek maszynowych, informacyjnych i ostrzegawczych.



Fot. 2. Naklejki przemysłowe



Fot. 3. Oznaczniki do kabli z plastiku grawerowane

Oznaczenia metalowe

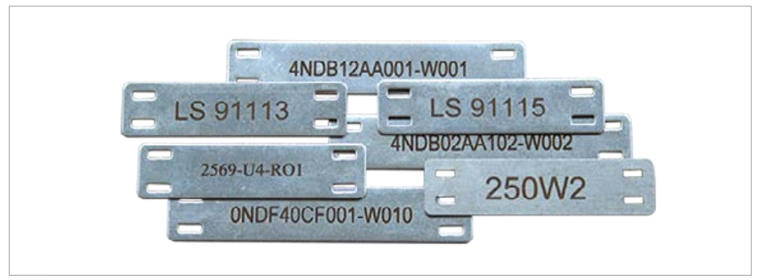
Do pracy w bardziej wymagających warunkach przeznaczone są tabliczki ze stali nierdzewnej, w tym ze stali typu 316L/SIS 2348, która wykazuje optymalne właściwości dla wielu zastosowań. To bardzo wytrzymały gatunek stali, odporny na wiele niekorzystnych, agresywnych czynników, cechuje go wyjątkowa odporność na korozję oraz środowisko kwaśne i o silnym zasoleniu. Napisy i symbole wykonywane są metodą grawerowania laserowego. Takie oznaczenia wyróżniają się dużą odpornością na korozję, wilgoć, działanie substancji chemicznych i wysoką temperaturę.

Stalowe tabliczki mogą być stosowane w energetyce oraz wielu gałęziach przemysłu: chemicznym, spożywczym, papierniczym, petrochemicznym oraz farmaceutycznym, a także w gospodarce wodno-ściekowej. Ze stali 316L/SIS 2348 wykonywane są między innymi tabliczki znamionowe, maszynowe, zawieszki i oznaczniki kablowe.

W ofercie znajdują się również cienkie oznaczniki ze stali nierdzewnej z trwale wytłaczanymi znakami. Są przeznaczone do instalacji, w których nadruk lub grawer powierzchniowy mógłby ulec uszkodzeniu. Kolejną grupę stanowią tabliczki aluminiowe. Dostępne są zarówno wersje z kolorowym nadrukiem, jak i produkty z aluminium anodowanego. Materiał ten jest lekki, odporny na wilgoć i uszkodzenia mechaniczne, dlatego dobrze sprawdza się jako podłoże dla tabliczek znamionowych, informacyjnych i ostrzegawczych.



Fot. 4. Oznaczniki do kabli wytłaczane



Fot. 5. Oznaczniki do kabli ze stali nierdzewnej z grawerem

Oznaczniki kablowe i opaski termokurczliwe

Znak Direct oferuje również oznaczniki kablowe z tworzywa ABS. Są to półsztywne elementy mocowane do kabla lub przewodu za pomocą opasek zaciskowych. Informacje nanoszone są metodą druku termicznego. Różne warianty kolorystyczne ułatwiają rozróżnienie obwodów, wiązek i grup przewodów.

Do trwałego oznaczania przewodów służą także opaski termokurczliwe. Po umieszczeniu na przewodzie i podgrzaniu materiał obkurcza się, tworząc oznaczenie ściśle przylegające do izolacji. Rozwiązanie to jest wykorzystywane w prefabrykacji rozdzielnic, automatyce, elektronice oraz produkcji wiązek kablowych.

Naklejki i znaki standardowe

Ważną częścią oferty są naklejki przemysłowe z samoprzylepnego winylu. Mogą zawierać kolorową grafikę, znaki, numery, schematy, logo, kody kreskowe i kody QR. Dostępne są między innymi wersje transparentne, odblaskowe, fluorescencyjne i inspekcyjne.

Naklejki mogą być stosowane na maszynach, urządzeniach elektrycznych, rurociągach, instalacjach fotowoltaicznych oraz w punktach kontrolnych.

Firma oferuje również gotowe tabliczki standardowe, w tym znaki ostrzegawcze, zakazu, ewakuacyjne, chemiczne i BHP. Jest to rozwiązanie dla klientów, którzy nie potrzebują indywidualnego projektu i mogą skorzystać z gotowego wzoru.

Akcesoria do montażu

Uzupełnieniem asortymentu są akcesoria montażowe, takie jak śruby, haczyki, opaski zaciskowe, breloki i łańcuszki kulkowe. Pozwalają one mocować oznaczenia do płaskich powierzchni, przewodów, rur, zaworów i elementów konstrukcyjnych.

Szeroki wybór materiałów i sposobów wykonania umożliwia dopasowanie produktu do miejsca montażu, temperatury, wilgotności, narażenia na promieniowanie UV oraz kontaktu z chemikaliami.

Indywidualny projekt

Najważniejszym wyróżnikiem Znak Direct jest możliwość samodzielnego przygotowania oznakowania w kreatorze online. Klient od razu widzi projekt, może dostosować jego parametry i kontrolować końcowy wygląd produktu. System sprawdza się zarówno przy zamówieniach jednostkowych, jak i przy seryjnym oznaczaniu aparatów, kabli i elementów instalacji.

W przypadku nietypowych wymagań lub wątpliwości dotyczących materiału, technologii wykonania albo montażu klient może skontaktować się z firmą. Pozwala to połączyć wygodę samodzielnego projektowania online ze wsparciem potrzebnym przy bardziej wymagających zastosowaniach.

Pełna oferta firmy jest dostępna na stronie: https://www.znakdirect.pl

ZnakDirect@

ZnakDirect sp. z o.o.
ul. Grzybowska 80/82
00-844 Warszawa
www.znakdirect.pl

mgr inż. Andrzej Książkiewicz – Politechnika Poznańska

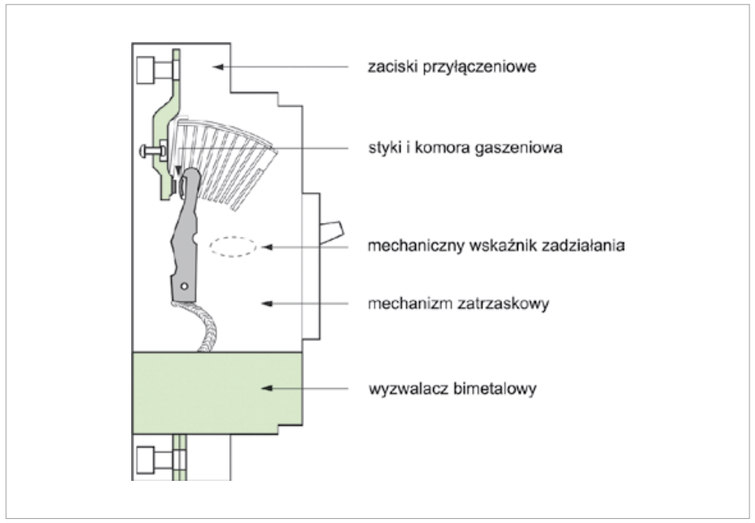
Selektywna praca wyłączników instalacyjnych podczas zwarć

Wyłączniki nadmiarowoprądowe, zwane również instalacyjnymi, znajdują obecnie zastosowanie jako aparaty zabezpieczające każdy rodzaj obwodu. Produkowane są na prądy znamionowe w zakresie od 0,5 do 125 A. Stosowanie ich w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia, do zabezpieczania obwodów odbiorczych, podyktowane jest zapisem w artykule §183.1 rozporządzenia [1], który mówi, że do zabezpieczenia obwodów odbiorczych instalacji elektrycznych należy stosować wyłączniki instalacyjne.

Wyłącznik wyposażony jest, między innymi, w dwa rodzaje wyzwalaczy: termiczny oraz elektromagnetyczny (rys. 1.). Rolę wyzwalacza termicznego spełnia bimetal. Jego zadaniem jest wyłączenie zabezpieczanego obwodu na skutek nadmiernego nagrzewania, spowodowanego przepływem prądu większego niż znamionowy prąd roboczy aparatu. Zadaniem wyzwalacza elektromagnetycznego jest wyłączenie obwodu, w którym wystąpił przepływ prądu zwarciowego. Zadziałanie to powinno być bezzwłoczne.

Wyróżnia się trzy podstawowe typy wyłączników instalacyjnych, różniące się charakterystykami czasowo-prądowymi. Charakterystyki te oznaczone są jako B, C oraz D **(rys. 2.)**. Różnią się one między sobą krotnością prądu znamionowego roboczego zabezpieczenia, przy której nastąpi jego bezzwłoczne zadziałanie. Dla wyłączników o charakterystyce B wyłączenie bezzwłoczne może nastąpić przy pojawieniu się prądu $3\,I_n$, musi natomiast wystąpić przy prądzie $5\,I_n$. Dla zabezpieczeń typu C oraz D wartości te są odpowiednio: $5 \div 10\,I_n$ oraz $10 \div 20\,I_n$. Przez wyłączenie bezzwłoczne należy rozumieć zadziałanie o czasie nie dłuższym niż 0,1 s.

Wybór wyłącznika z właściwą charakterystyką zależy od rodzaju obwodu zabezpieczanego,



Rys. 1. Główne elementy wyłącznika instalacyjnego [2]

a mianowicie od spodziewanych prądów przeciążeniowych, które mogą się pojawić w chwili załączania danego obwodu lub odbiornika.

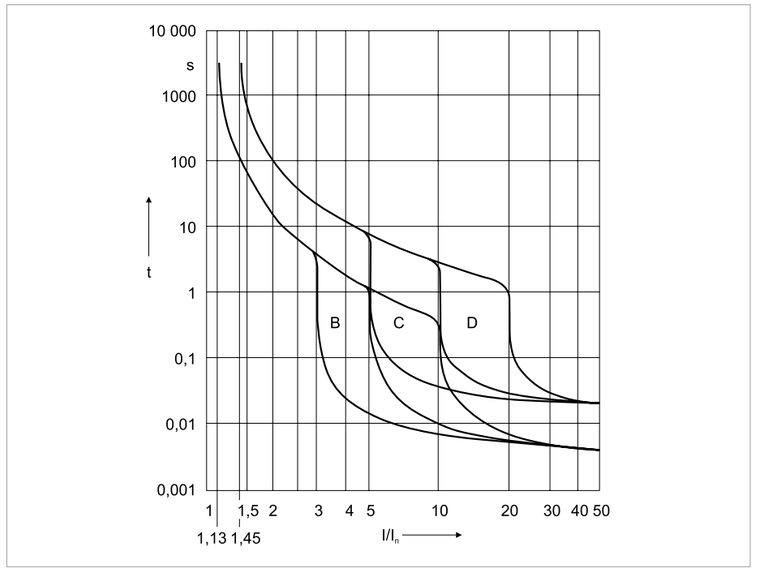
Znajomość charakterystyk czasowo-prądowych wyłączników instalacyjnych jest niezbędna do prawidłowego doboru tych urządzeń do pracy selektywnej.

Selektywność zabezpieczeń

Przez pracę selektywną zabezpieczeń należy rozumieć takie ich działanie, zmierzające do odłączenia obwodu, w którym nastąpiło uszkodzenie, bez wpływu na pozostałe obwody [3]. Wyróżnić można następujące rodzaje selektywności:

- prądową,
- czasową,
- logiczną,
- energetyczną.

Selektywność prądowa występuje wtedy, kiedy możliwe jest nastawienie wartości prądu działania danego zabezpieczenia. Im niżej znajdujemy się w hierarchii instalacji (bliżej odbioru), tym spodziewane prądy zwarciowe są mniejsze. Wraz ze zmniejszeniem się tych prądów zmniejszeniu ulegają nastawy prądowe aparatów zabezpieczających. W ten sposób można zapewnić tylko częściową selektywność. Selektywność czasowa możliwa jest do uzyskania dla aparatów, które mają regulację czasu zadziałania. Przy nastawianiu prądu zadziałania oraz czasu zwłoki urządzenie to czeka, aż zadziała zabezpieczenie w uszkodzonym obwodzie. Jeżeli w nastawionym czasie nie wystąpi przerwa w przepływie prądu zwarciowego, to wtedy dany aparat zabezpieczający zadziała, wyłączając zarówno obwód uszkodzony, jak również część obwodów sprawnych. Jeżeli natomiast wyłączy właściwe zabezpieczenie niesprawnego obwodu, wtedy taki wyłącznik nie wyzwoli i selektywność będzie zachowana. Selektywność logiczna może być zastosowana tylko w sytuacji, jeżeli obydwa wyłączniki pochodzą z oferty tego samego producenta oraz ich wyzwalacze posiadają niezbędne funkcje komunikacyjne. Zastosowanie tej metody polega na przesyłaniu sygnału blokowania wyłączenia. Przy wystąpieniu zwarcia zabezpieczenie zainstalowane bliżej chronionego odbiornika wysyła do poprzedzającego go zabezpieczenia sygnał blokujący oraz sprawdza także, czy nie otrzymało sygnału blokującego od zabezpieczenia występującego za nim od strony zasilania. Selektywność logiczna jest zawsze całkowita. Selektywność energetyczna polega na porównaniu wartości energii potrzebnej do zadziałania dwóch porównywanych zabezpieczeń. Jeżeli energia potrzebna do zadziałania wyłącznika lub bezpiecznika znajdującego się głębiej w instalacji jest mniejsza niż energia potrzebna do zadziałania urządzenia zabezpieczającego znajdującego się powyżej, wtedy zapewniona jest selektywność. Energię cieplną wydzielającą się podczas zwarcia określa się całką Joule'a.



Rys. 2. Charakterystyki pasmowe wyłączników instalacyjnych B, C i D [3]

Selektywna praca w układzie bezpiecznik–wyłącznik

Często spotykany sposób projektowania instalacji elektrycznej niskiego napięcia wykorzystuje układ zabezpieczeń bezpiecznik-wyłącznik **(rys. 3.)**. W układzie tym zabezpieczenia poszczególnych odpływów zrealizowane są za pomocą wyłączników instalacyjnych, natomiast zabezpieczenie główne obiektu lub rozdzielnicy oddziałowej, wykonane jest za pomocą bezpiecznika topikowego.

W takim układzie, aby zapewnić selektywną współpracę aparatów zabezpieczających, przy przepływie prądów zwarciowych, należy skorzystać z ich danych katalogowych. W odniesieniu do bezpieczników topikowych podawane są dwie istotne wartości dotyczące ich działania, a mianowicie całka Joule'a przedłukowa oraz całka Joule'a wyłączania. Pierwsza z nich informuje o tym, ile potrzebnej jest energii cieplnej, aby nastąpiło przepalenie topika i pojawił się łuk elektryczny wewnątrz wkładki, a tym samym rozpoczął się proces przerwania przepływu prądu. Druga z podanych wartości mówi o tym, ile energii cieplnej zostanie, w pewnym sensie, „przepuszczone" przez wkładkę, zanim nastąpi wyłączenie zabezpieczanego obwodu. Dla wyłączników instalacyjnych podawane są tylko wartości tzw. energii przenoszonej lub całki Joule'a wyłączania. W układzie przedstawionym na **rysunku 3.**, w przypadku wystąpienia zwarcia w obwodzie zabezpieczonym wyłącznikiem nadmiarowoprądowym F2 popłynie prąd zwarciowy, wielokrotnie większy od prądu znamionowego tego zabezpieczenia. Ten sam prąd przepłynie również przez wkładkę topikową F1. Aby zachować selektywność działania tych zabezpieczeń, należy je tak dobrać, aby wyłącznik F2 zadziałał, zanim przepali się wkładka topikowa F1. Aby tak się stało, musi być spełniony warunek:

$$I^2t_{pF_1} > I^2t_{wF_2}$$

gdzie:

$I^2t_{pF_1}$ – całka Joule'a przedłukowa wkładki topikowej F1,

$I^2t_{wF_2}$ – całka Joule'a wyłączania wyłącznika instalacyjnego.

Spełnienie tego warunku zapewni nam selektywne działanie zabezpieczeń. Gdyby dopuścić do sytuacji, w której energia wydzielona w czasie trwania zwarcia byłaby większa niż $I^2t_{pF_1}$, wtedy rozpocznie się proces wyłączania prądu również przez bezpiecznik. Proces ten spowoduje przepalenie topika i ostatecznie wyłączenie spod napięcia pozostałych, sprawnych obwodów instalacji.

Producenci podają tabele doboru zabezpieczeń w układzie bezpiecznik–wyłącznik. W tabelach tych podawane są maksymalne wartości spodziewanego prądu zwarciowego, dla którego zachowane zostaną warunki ich selektywnej współpracy. W **tabeli 1.** przedstawiono przykładowe wartości granicznego prądu zwarciowego dla selektywnej współpracy bezpiecznika WT-00/gG oraz wyłącznika jednobiegunowego o charakterystyce B.

Pomierzona, na przykład podczas prób eksploatacyjnych instalacji, lub wyliczona wartość spodziewanego prądu zwarciowego większa niż przedstawione w **tabeli 1.**, dla konkretnej pary zabezpieczeń, będzie prowadzić do utraty selektywności w części lub w pełnym zakresie.

Selektywna praca w układzie wyłącznik–wyłącznik

W instalacjach elektrycznych spotykana jest także praca zabezpieczeń w układzie wyłącznik instalacyjny – wyłącznik instalacyjny **(rys. 4.)**. Wyłączniki te nie mają możliwości regulacji ani prądu wyzwalania, ani czasu opóźnienia. Wystąpienie zwarcia w linii zabezpieczonej wyłącznikiem F2 spowoduje przepływ identycznego prądu zwarciowego w linii głównej, zabezpieczonej wyłącznikiem F1. Aby zadziałał właściwy wyłącznik, czyli F2, spodziewany prąd zwarciowy musi być, w zależności od zastosowanego zabezpieczenia, nie większy niż przedstawiony w **tabeli 2.**

Często w instalacjach można spodziewać się większych prądów zwarciowych. Przepływ prądu zwarciowego o większej wartości może spowodować, że zadziała zabezpieczenie F1 lub F2, a także oba aparaty równocześnie. W takiej

STRESZCZENIE

Wyłączniki nadmiarowoprądowe (instalacyjne) są powszechnie stosowanymi aparatami zabezpieczającymi urządzenia i instalacje przed skutkami przepływu prądów zwarciowych i przeciążeniowych. Ważnym krokiem podczas projektowania instalacji elektrycznej niskiego napięcia jest zapewnienie selektywnej (wybiórczej) pracy zabezpieczeń. Aparaty zabezpieczające muszą być skoordynowane w taki sposób, aby zabezpieczenie bliżej miejsca zwarcia wyłączyło uszkodzony obwód, zanim zadziała zabezpieczenie usytuowane bliżej źródła zasilania. W artykule przedstawione są zasady doboru wyłączników nadmiarowoprądowych do pracy selektywnej z innymi aparatami.

Prąd znamionowy bezpiecznika	Prąd znamionowy wyłącznika [A]						
	In [A]	6	10	13	16	20	25	32
	20	0,7	0,6	0,5	*	*	*	*
	25	0,7	0,6	0,6	0,5	*	*	*
	32	2,2	1,8	1,7	1,5	1,3	1,0	*
	40	3,6	2,3	2,0	1,9	1,8	1,6	*
	50	4,5	4,0	3,2	2,7	2,4	2,2	*
	63	6,1	4,2	3,8	3,5	3,2	3,0	2,8
	80	7,5	6,2	4,9	4,0	3,5	3,1	2,4

Tab. 1. Tabela doboru wkładek topikowych do wyłączników ETIMAT 10 (charakterystyka B) w celu zapewnienia ich selektywnej współpracy; wyłącznik 1p z bezpiecznikiem WT-00/gG [4]

Charakterystyka pasmowa	Prąd znamionowy zabezpieczenia I_n, w [A]						
	16	20	32	40	63	80	125
B	48	60	96	120	189	240	375
C	80	100	160	200	315	400	625
D	160	200	320	400	630	800	1250

Tab. 2. Graniczne wartości prądu zwarciowego, przy których zostanie zapewniona selektywność pracy wyłącznika F1, w [A]

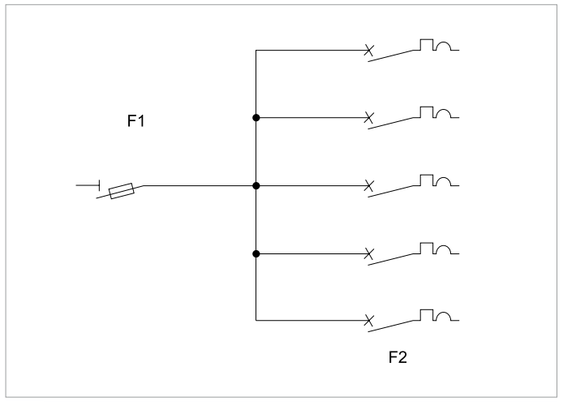
Rodzaj zabezpieczenia	Całka Joule'a, w [A²s]	Prąd szczytowy i_{max}, w [A]
B16	445,80	384,10
C16	482,55	360,48
D16	535,90	400,21
Gg16	330,47	408,40

Tab. 3. Całki Joule'a wyłączania dla różnych zabezpieczeń

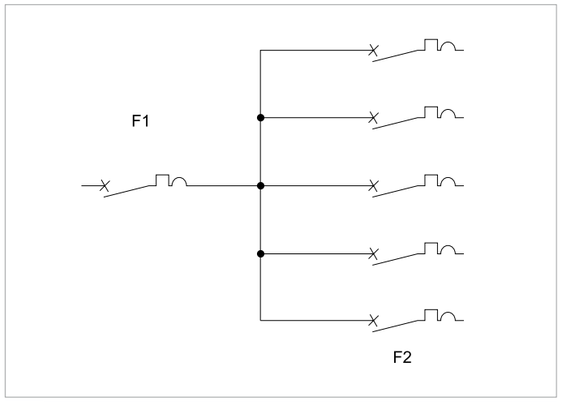
sytuacji nie ma możliwości zapewnienia selektywnej współpracy w takim układzie.

Rozważmy następujący układ zabezpieczeń. Jako zabezpieczenie główne (F1) zastosowano wyłącznik C63, a zabezpieczenie odbioru (F2) stanowi wyłącznik B10. Zadziałanie zabezpieczenia F2 w czasie krótszym niż 0,1 s możliwe jest już przy prądzie 50 A. Bezzwłoczne zadziałanie zabezpieczenia C63 będzie miało miejsce przy prądzie 630 A, a zwłoczne przy wartości 315 A. Przy spodziewanym prądzie zwarciowym większym niż 630 A zadziałać mogą oba zabezpieczenia lub tylko jedno z nich, brakuje selektywności. Przy spodziewanym prądzie zwarciowym do 315 A powinna zostać zachowana selektywność, czas zadziałania zabezpieczenia F2 jest krótszy niż 0,1 s, a zabezpieczenia F1 dłuższy niż 0,1 s. W przypadku, kiedy wystąpi zwarcie tuż przed wyłącznikiem F2, o prądzie niewiele przekraczającym 315 A, to zabezpieczenie F1 może zadziałać z czasem dłuższym niż 0,1 s. W przypadku złego dobrania przewodów zasilających linię F2 może powadzić to do groźnych skutków dla instalacji.

Z powyższych rozważań wynika, że układ z dwoma wyłącznikami instalacyjny jest niewłaściwym rozwiązaniem i nie należy go stosować ze względu na selektywność zabezpieczeń.



Rys. 3. Uproszczony schemat instalacji w układzie bezpiecznik–wyłącznik, gdzie: **F1** – bezpiecznik topikowy, **F2** – wyłącznik instalacyjny
rys. A. Książkiewicz

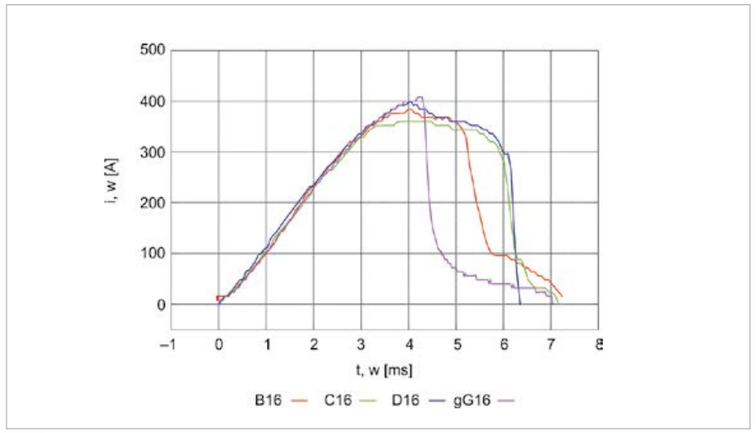


Rys. 4. Uproszczony schemat instalacji w układzie wyłącznik–wyłącznik, gdzie: **F1, F2** – wyłącznik Instalacyjny
rys. A. Książkiewicz

Rzeczywiste przebiegi prądu zwarciowego

Przeprowadzone zostały próby wyłączania prądu zwarciowego w obwodzie zabezpieczonym wyłącznikami B16, C16 oraz D16, a także bezpiecznikiem gG 16. Spodziewana wartość prądu zwarciowego nastawiana była na ok. 320 A (i_p = 453 A). Przebiegi prądu zwarciowego dla zastosowanych zabezpieczeń przedstawiono na **rysunku 5.**

Próby zostały wykonane przy załączaniu obwodu zwarciowego w zerze napięcia. Obwód ten miał charakter rezystancyjny ($\cos\varphi = 0{,}99$). Parametr ten jest istotny, ponieważ zarówno czasy zadziałania, jak i całka Joule'a wyłączania jest zależna od kąta fazowego napięcia w chwili wystąpienia zwarcia [5, 7]. Na podstawie przedstawionych przebiegów można zauważyć, że rzeczywisty czas zadziałania w przypadku każdego z zastosowanych aparatów zabezpieczających był krótszy niż 10 ms. Również inne badania potwierdziły, że czas ten często nie przekracza jednego półokresu sinusoidy napięcia zasilającego [6]. Przeważnie wyłączenie następuje w czasie nie dłuższym niż 15 ms [5, 7]. W **tabeli 3.** przedstawiono całki Joule'a wyłączenia oraz wartości prądu szczytowego dla każdej próby.



Rys. 5. Przebieg prądu zwarciowego wyłączanego różnymi zabezpieczeniami rys. A. Książkiewicz

Dostrzegalna jest prawidłowość, że całka Joule'a wyłączania dla wyłączników osiąga większe wartości niż dla bezpiecznika. Dodatkowo wartość ta rośnie w zależności od zastosowanej charakterystyki wyłącznika, w kolejności od najmniejszej do największej: B – C – D. Różnice te występują mimo że czas wyłączania zwarcia dla każdego z nich jest zbliżony. Znajomość prawdziwych czasów zadziałania oraz energii wyłączania może być pomocna przy doborze zabezpieczeń, zarówno ze względu na selektywność, jak i ze względu na ochronę urządzeń i instalacji przed skutkami działania prądów zwarciowych.

Podsumowanie

Wyłączniki instalacyjne są powszechnie stosowanymi aparatami zabezpieczającymi obwody przed skutkami zwarć. Prawidłowy ich dobór ze względu na selektywność działania zabezpieczeń jest konieczny dla prawidłowego funkcjonowania instalacji. Stosowanie układów bezpiecznik–wyłącznik, przy właściwym ich doborze, może zapewnić pełną wybiórczość działania tych aparatów, zarówno w zakresie prądów zwarciowych, jak i prądów przeciążeniowych. Spotykane w instalacjach układy, gdzie występują dwa wyłączniki instalacyjne połączone szeregowo, nie zapewniają wybiórczego działania. W praktyce niemożliwy jest taki ich dobór, aby zapewnić selektywność działania w przypadku pojawienia się zwarcia. Zastosowanie zabezpieczenia o innej charakterystyce nie wpływa na rzeczywisty czas wyłączania prądu zwarciowego. W przypadku wyłączników o charakterystyce C lub D nie występuje żadna zwłoka czasowa w ich działaniu przy przerywaniu zwarć.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU nr 75, poz. 690, z późn. zm.).
2. Schnider Electric, Electrical Installation Guide 2009.
3. B. Lejdy, Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005.
4. ETI Polam, http://www.etipolam.com.pl, katalog ASTI, 2015.
5. A. Książkiewicz, *Joule's heat generated during a short-circuit current flow in function of phase angle,* Computer Applications In Electrical Engineering, Poznań 2014.
6. A. Książkiewicz, *Finding short-circuit current time based on raw data,* Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering, 82/2015, s. 213–218.
7. A. Książkiewicz, *Let-through energy of miniature circuit breaker in function of phase angle of short-circuit current,* Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering, 78/2014, s. 59–64.

ABSTRACT

Miniature circuit breaker short-circuit coordination
Miniature Circuit Breakers are widely used apparatus as protection against short-circuit and overload currents. An important designing step of low-voltage electrical system is to ensure selective cooperation of the protection devices. Coordination between them has to be done in such a manner that the appliance closer to the fault must act before the appliance closer to the power source. In this article the rules for the selective coordination between MCB's and other protection devices is presented.

REKLAMA



mgr inż. Andrzej Solski – ASZMIA Kraków

Szczelność obudowy elektrycznych urządzeń rozdzielczych nn

Urządzenia rozdzielcze nn mogą nie posiadać obudowy, a mimo to pracować poprawnie i bezpiecznie. Rozwiązania mogą być różne, choćby wydzielenie pomieszczeń ruchu elektrycznego z czystym makrośrodowiskiem za pomocą zamków, blokad oraz administracyjnych ograniczeń dostępu. Niemniej uzus wskazuje na powszechne stosowanie obudów, jako że jest to rozwiązanie praktyczne i uzasadnione ekonomicznie. Ale jeśli już urządzenie ma obudowę, to jej szczelność i związane z nią walory ochronne powinny być jednoznacznie określone i egzekwowane na zgodność z obowiązującymi przepisami i oczekiwaniami użytkownika. Parametryzacja szczelności i klasyfikacja obudów zostały znormalizowane.

Trzy oczekiwania

Obudowa urządzenia rozdzielczego powinna:
1) chronić ludzi (i zwierzęta) przed dostępem do niebezpiecznych części urządzenia, grożących porażeniem elektrycznym, urazem fizycznym, poparzeniem i innymi szkodami;
2) chronić urządzenie (wszystkie jego wrażliwe komponenty) przed wnikaniem do wnętrza obcych ciał stałych;
3) chronić urządzenie (wszystkie jego wrażliwe komponenty) przed szkodliwymi skutkami wnikania do wnętrza wody.

W ochronie ludzi przed niebezpiecznymi częściami rozróżniamy dostęp wierzchem dłoni, palcem, narzędziem i drutem. Natomiast szczelność obudowy rozpatrujemy w jej elektrycznym aspekcie, analizując możliwość i konsekwencje przedostania się do wnętrza części dłoni oraz trzymanego w niej narzędzia i przewodu.

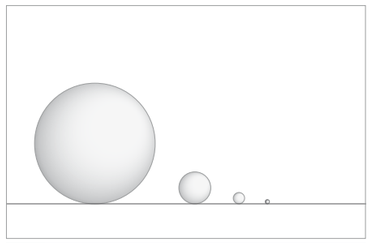
Ochrona urządzenia przed wnikaniem ciał stałych i wody jest związana z geometrycznym aspektem szczelności obudowy. Wszystkie otwory są sprawdzane pod kątem zatrzymywania drobin i pyłu ciał stałych oraz wody, przy równoczesnym przepuszczaniu powietrza, jeśli jest to wymagane.

Norma 60529

Kluczową rolę odgrywa norma 60529, wprowadzająca system oznaczania stopni ochrony zapewnianej przez obudowy, przy pomocy kodu IP. Norma podaje zasady klasyfikacji, specyfikuje wymagania, opisuje procedury badawcze oraz ustala warunki uznania. Aktualna krajowa norma PN-EN 60529:2003 [1] jest polską wersją aktualnej normy europejskiej EN [2], która z kolei jest identyczna z aktualną normą międzynarodową CEI/IEC [3]. Zatem normatywne przepisy dotyczące ochrony zapewnianej przez obudowy urządzeń elektrycznych są jednolite w zasięgu globalnym. Ponadto norma EN [2] nosi znamiona unijnego aktu prawnego, gdyż decyzją Komisji Europejskiej UE została uznana za normę zharmonizowaną.

Chciałoby się, by dokument normalizacyjny takiej rangi był rzetelny, tzn. napisany językiem precyzyjnym, opartym na zdefiniowanych pojęciach, żeby nie zawierał niedomówień, dwuznaczności i sprzeczności. Niestety, norma 60529 nie spełnia tych oczekiwań. Wprawdzie precyzyjnie definiuje „próbniki dostępu" i „próbniki przedmiotowe", ale potem woluntarystycznie żongluje tymi pojęciami, zamieniając je ze sobą i nie doprecyzowując, o które chodzi. A wszystko po to, by nie napisać wprost, że próbnikami przedmiotowymi są nie tylko metalowe kule o średnicy 50 (dawniej 52,5) oraz 12,5 mm, ale również… metalowe kulki o średnicy 2,5 oraz 1,0 mm. Że niby takie malutkie, że niepraktyczne w stosowaniu na dużej hali fabrycznej i wstyd się nimi posługiwać?

Dodatkowym kłopotem jest „grzech pierworodny" normy 60529, polegający na oznaczaniu jedną cyfrą charakterystyczną zarówno poziomu ochrony człowieka przed dostępem do części niebezpiecznych, jak też poziomu ochrony urządzenia przed wnikaniem ciał stałych. Do lat 70. XX w. jedna wspólna (nie do końca określona) procedura badawcza kończyła się ustaleniem jednej cyfry. Potem oczekiwania co do ochrony człowieka przed częściami niebezpiecznymi oraz ochrony urządzenia przed wnikaniem ciał obcych zaczęły się rozjeżdżać. Wprowadzono dwie procedury badawcze i cztery litery dodatkowe, ale kłopoty i ograniczenia pozostały (patrz casus „Klapki grawitacyjne").



Rys. 1. Próbniki przedmiotowe: kule probiercze ø 50 mm, ø 12,5 mm, ø 2,5 mm oraz ø 1,0 mm bez rękojeści

Artykuł nie zawiera treści sprzecznych z wymaganiami normatywnymi, niemniej niektóre z nich opisuje w odmienny sposób.

Zakres normy 60529

Stopnie ochrony IP zdefiniowane w normie 60529 [1] odnoszą się nie tylko do niskonapięciowych urządzeń rozdzielczych, ale do szerokiego spectrum urządzeń elektrycznych o napięciu do 72,5 kV oraz do obudów pustych. Muszą być honorowane wówczas, gdy norma 60529 [1] jest powołana przez normę produktową stosowaną w procedurze oceny zgodności. Takie powołania występują w przypadku wszystkich rodzajów rozdzielnic i sterownic nn, dla których normami produktowymi są kolejne arkusze normy 61439 [5, 6].

Wymagania przypisane różnym kodom IP odnoszą się wyłącznie do walorów ochronnych obudów, wyszczególnionych powyżej („Trzy oczekiwania"). Nie odnoszą się wprost do ochrony urządzenia przed udarami mechanicznymi, korozją, cieczami korozyjnymi, pleśniami, szkodnikami, promieniowaniem słonecznym, innym promieniowaniem elektromagnetycznym, oblodzeniem, wilgocią zewnętrzną i kondensacyjną, atmosferami wybuchowymi itd. Przeciwdziałanie ww. zagrożeniom powinno być realizowane równolegle z ustalaniem wymaganego stopnia ochrony IP obudowy, zgodnie z wymaganiami norm produktowych.

Norma 60529 [1] nie może być stosowana w oderwaniu od normy produktowej badanego urządzenia, która musi doprecyzowywać szczegółowe wymagania dotyczące eksponatów badawczych oraz warunków przeprowadzania testów.

Otwory

Zgodnie z zapisami normy 60529 [1], mianem „otwór" określany jest nie tylko każdy otwór intencjonalnie wykonany w obudowie, np. w celach komunikacyjnych lub wentylacyjnych, ale także każda szczelina łączeniowa występująca przy punktowym spawaniu, sczepianiu, nitowaniu, skręcaniu, zagniataniu itp., każdy uskok technologiczny oraz wszystkie nieciągłości konstrukcyjne wynikające z technologii łączenia różnych materiałów.

W przypadku obudów konstruowanych wielowarstwowo mogą występować otwory pośrednie, przesunięte względem siebie (tzw. otwory „nie na wprost"). W przypadku żaluzji, narożników drzwi i osłon wielokrotnie giętych oraz rozwiązań podobnych, pojawiają się otwory kręte. Oczywiście, wszystkie otwory przesunięte i kręte muszą spełniać te same wymagania co otwory w obudowach jednowarstwowych. Należy podkreślić, że przy badaniu otworów przesuniętych i krętych niektóre próbniki tracą swój symulacyjny charakter, co bardzo komplikuje procedury badawcze. Należy mieć świadomość występujących ograniczeń. Niestety, norma 60529 [1] bardzo ogólnikowo i niejednoznacznie odnosi się do takich przypadków.

Kod IP

Kod składa się z akronimu IP (*International Protection*), pierwszej cyfry charakterystycznej 1…6 (pisanej bezpośrednio po akronimie IP), drugiej cyfry charakterystycznej 1…9 (pisanej zawsze po pierwszej cyfrze) oraz litery dodatkowej A…D (występującej opcjonalnie po drugiej cyfrze charakterystycznej). Litery dodatkowe mogą być stosowane tylko w dwóch przypadkach, wyszczególnionych w normie 60529 [1]:
a) gdy wymagania dotyczące ochrony ludzi i zwierząt są wyższe, niż wynikałyby z pierwszej cyfry charakterystycznej (dobranej przez wzgląd na ochronę urządzenia przed ciałami obcymi);
b) gdy nie określamy ochrony urządzenia przed ciałami obcymi, a ograniczamy się do wymagań dotyczących bezpieczeństwa ludzi i zwierząt.

Brak wymagań w zakresie pierwszej i/lub drugiej cyfry charakterystycznej musi być markowany literą X, pisaną na pozycji cyfry zastępowanej. Po nieobecnej literze dodatkowej pozostaje puste miejsce. Przykładowo: IP2X, IPX3, IPXXB.

W wyjątkowych sytuacjach stosowana bywa litera uzupełniająca, umieszczana opcjonalnie po literze dodatkowej lub po drugiej cyfrze charakterystycznej (gdy litera dodatkowa nie występuje).

Pierwsza cyfra charakterystyczna i litera dodatkowa

Pierwsza cyfra charakterystyczna ma dwa aspekty znaczeniowe. Odnosi się (a) do ochrony ludzi i zwierząt przed kontaktem z częściami niebezpiecznymi (w tym ochrony przeciwporażeniowej), oraz (b) do ochrony wnętrza urządzenia przed obcymi ciałami stałymi. Natomiast litera dodatkowa dotyczy wyłącznie ochrony ludzi i zwierząt.

W **tabeli 1.** wymagania przypisane cyfrom 1, 2, 3, 4, 5, 6 zostały przedstawione w dwóch kolumnach, w rozbiciu na wymagania dotyczące aspektu ochrony ludzi i zwierząt oraz na wymagania dotyczące aspektu ochrony urządzenia przed wnikaniem obcych ciał stałych. Przy klasyfikowaniu obudowy na pierwszą cyfrę charakterystyczną należy potwierdzać spełnienie wymagań obu kolumn równocześnie. Natomiast wymagania przypisane literom A, B, C, D są zawarte tylko w jednej kolumnie, dotyczącej ochrony ludzi i zwierząt przed częściami niebezpiecznymi.

Próbniki

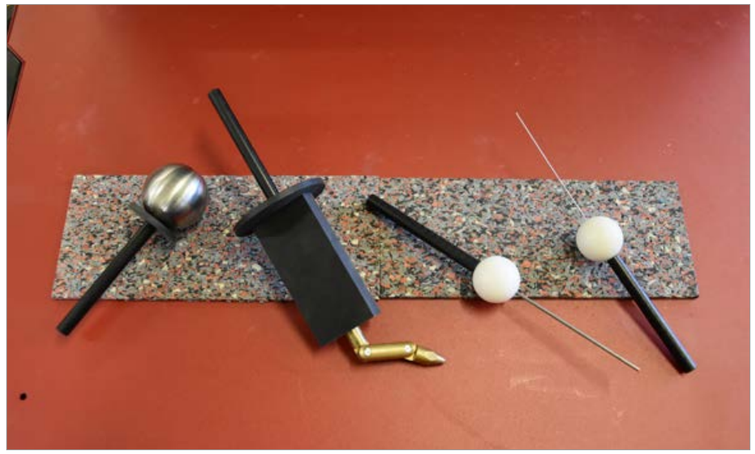
Normy 60529 [1] i 61032 [4] określają konstrukcje i wymiary próbników, przeznaczonych do weryfikowania ochrony zapewnianej przez obudowy w zakresie pierwszej cyfry charakterystycznej i litery dodatkowej. Wszystkie próbniki powinny być metalowe, a rękojeści próbników dostępu – izolacyjne.

Próbniki **dostępu** symulują dłoń człowieka, narzędzia i przewody. Przeznaczone są do sprawdzania odstępu od części niebezpiecznych. Są nimi:
- kula probiercza ø 50 mm z rękojeścią,
- przegubowy palec probierczy ø 12×80 mm o długości wnikania 80 mm,
- pręt probierczy ø 2,5×100 mm o długości wnikania 100 mm,
- drut probierczy ø 1,0×100 mm o długości wnikania 100 mm.

Próbniki dostępu mogą być wyposażone w przyłącze elektryczne 40…50 V 50 Hz, co umożliwia przeprowadzanie prób metodą obwodu sygnalizacyjnego.

Próbniki **przedmiotowe** symulują drobiny obcych ciał stałych. Przeznaczone są do sprawdzania możliwości wnikania obcych ciał stałych do wnętrza urządzenia. Są nimi:
- kula probiercza ø 50 mm bez rękojeści,
- kula probiercza ø 12,5 mm bez rękojeści,
- kulki probiercze ø 2,5 mm,
- kulki probiercze ø 1,0 mm.

Kulki probiercze ø 2,5 mm oraz ø 1,0 mm nadają się do stosowania w warunkach laboratoryj-



Fot. 1. Próbniki dostępu w wersji podstawowej (bez przyłączy obwodu sygnalizacyjnego): kula probiercza ø 50 mm z rękojeścią, palec probierczy ø 12×80 mm, pręt probierczy ø 2,5×100 mm, drut probierczy ø 1,0×100 mm

Pierwsze cyfry oraz litery dodatkowe	Ochrona ludzi i zwierząt (w tym ochrona przeciwporażeniowa)		Ochrona urządzeń przed wnikaniem obcych ciał stałych	
	Zakresy ochrony	Wymagania	Zakresy ochrony	Wymagania
0	Brak	Brak	Brak	Brak
1 A	Ochrona przed dostępem wierzchem dłoni	Kula probiercza ø 50 mm nie przechodzi całkowicie przez otwory w obudowie i zachowuje odstęp od części niebezpiecznych	Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o wielkości ø 50 mm i większej	Kula probiercza ø 50 mm nie przechodzi całkowicie przez otwory w obudowie
2 B	Ochrona przed dostępem palcem	Przegubowy palec probierczy ø 12×80 mm może wnikać (do wnętrza urządzenia) aż do jego płaszczyzny ograniczającej ø 50 mm, ale musi zachować odstęp od części niebezpiecznych[1)]	Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o wielkości ø 12,5 mm i większej	Kula probiercza ø 12,5 mm nie przechodzi przez otwory w obudowie
3 C	Ochrona przed dostępem narzędziem	Pręt probierczy ø 2,5×100 mm może wnikać (do wnętrza urządzenia) aż do jego powierzchni ograniczającej ø 35 mm, ale musi zachować odstęp od części niebezpiecznych	Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o wielkości ø 2,5 mm i większej	Kulka probiercza ø 2,5 mm nie przechodzi przez otwory w obudowie[2)] **Warunkowo:** pręt probierczy ø 2,5×100 mm przykładany we wszystkich wytypowanych miejscach nie przechodzi przez otwory w obudowie
4 D	Ochrona przed dostępem drutem	Drut probierczy ø 1,0×100 mm może wnikać (do wnętrza urządzenia) aż do jego powierzchni ograniczającej ø 35 mm, ale musi zachować odstęp od części niebezpiecznych	Ochrona przed obcymi ciałami stałymi o wielkości ø 1,0 mm i większej	Kulka probiercza ø 1,0 mm nie przechodzi przez otwory w obudowie[3)] **Warunkowo:** drut probierczy ø 1,0×100 mm przykładany we wszystkich wytypowanych miejscach nie przechodzi przez otwory w obudowie
5	Ochrona przed dostępem drutem	Jak dla cyfry 4 i litery D	Ochrona przed pyłem	Próba w komorze pyłowej, dla kategorii wymaganej przez normę produktową[4)] Talk może przedostać się do wnętrza urządzenia tylko w minimalnej ilości, która nie zakłóci prawidłowego działania urządzenia i nie obniży jego bezpieczeństwa[5)]
6	Ochrona przed dostępem drutem	Jak dla cyfry 4 i litery D	Pyłoszczelność	Próba w komorze pyłowej dla kategorii wymaganej przez normę produktową[6)] Talk nie może przedostać się w zauważalnej ilości

Uwagi:
[1)] Badanie należy rozpocząć próbnikiem wyprostowanym, a następnie powtarzać próbnikiem zginanym na każdym przegubie stopniowo aż do kąta 90°.
[2)] Próbnikiem przedmiotowym przeznaczonym do weryfikacji pierwszej cyfry 3 jest kulka probiercza ø 2,5 mm. W warunkach przemysłowych używanie małych kulek ø 2,5 mm jest kłopotliwe, dlatego norma warunkowo zezwala na zastępowanie ich prętem probierczym ø 2,5×100 mm. W przypadku obudów jednowarstwowych z otworami prostymi, pręt ø 2,5×100 mm w zasadzie prawidłowo symuluje obce ciała stałe mieszczące się w kulkach ø 2,5 mm. Natomiast przy badaniu otworów przesuniętych i krętych, pręt probierczy ø 2,5×100 mm musi być ustawiany na kolejnych wytypowanych pozycjach, tak aby osiągnięta została prawidłowa symulacja kulistych ciał stałych ø 2,5 mm.
[3)] Próbnikiem przedmiotowym przeznaczonym do weryfikacji pierwszej cyfry 4 jest kulka probiercza ø 1,0 mm. W warunkach przemysłowych używanie malutkich kulek ø 1,0 mm jest bardzo kłopotliwe, dlatego norma warunkowo zezwala na zastępowanie ich drutem probierczym ø 1,0×100 mm. W przypadku obudów jednowarstwowych z otworami prostymi, drut ø 1,0×100 mm w zasadzie prawidłowo symuluje obce ciała stałe mieszczące się w kulkach ø 1,0 mm. Natomiast przy badaniu otworów przesuniętych i krętych, drut probierczy ø 1,0×100 mm musi być ustawiany na kolejnych wytypowanych pozycjach, tak aby osiągnięta została prawidłowa symulacja kulistych ciał stałych ø 1,0 mm.
[4)] Normy 61439 [5], [6] ark. 1. wymagają, by każda próba w komorze pyłowej na stopień IP5X była wykonywana w kategorii 2, tzn. bez różnicy ciśnienia pomiędzy wnętrzem badanej obudowy a wnętrzem komory.
[5)] Normy produktowe doprecyzowują warunki uznania: Norma 61439 [5] ark. 1. uznaje wynik badania za negatywny, jeśli talk jest widoczny na wyposażeniu elektrycznym w szkodliwej ilości. Norma 61439 [6] ark. 1. uznaje wynik badania za negatywny, jeśli talk widoczny na częściach izolacyjnych zmniejsza odstępy izolacyjne powierzchniowe (odległości pełzania) poniżej dopuszczalnych wymiarów.
[6)] Normy 61439 [5], [6] ark. 1. wymagają, by każda próba w komorze pyłowej na stopień IP6X była wykonywana w kategorii 1, tzn. z podciśnieniem w badanej obudowie.

Tab. 1. Stopnie ochrony oznaczone pierwszą cyfrą i literą dodatkową

nych, przy badaniu małych obudów. Natomiast w warunkach hali przemysłowej ich małe wymiary geometryczne stwarzają duże utrudnienia w przeprowadzaniu testów. Norma 60529 [1] zezwala na warunkowe zastępowanie małych kulek próbnikami dostępu, które wówczas stają się de facto zastępczymi próbnikami przedmiotowymi:

- zamiast kulek ø 2,5 mm można korzystać z pręta probierczego ø 2,5×100 mm,
- zamiast kulek ø 1,0 mm można korzystać z drutu probierczego ø 1,0×100 mm.

W przypadku obudów jednowarstwowych z otworami prostymi, pręt i drut probierczy w zasadzie dobrze symulują ciała stałe zawarte w kulkach ø 2,5 mm i ø 1,0 mm.

Przy badaniu obudów z pośrednimi otworami przesuniętymi (czyli ustawionymi „nie na wprost") oraz z otworami krętymi, należy przeprowadzać indywidualne analizy przypadku i ustalać wszystkie miejsca przyłożenia pręta lub drutu probierczego, tak aby w rezultacie wielokrotne wciskanie zastępczego próbnika stwarzało prawidłową symulację ciała obcego zawartego w kulce ø 2,5 mm lub ø 1,0 mm. Norma zaleca, by w skomplikowanych przypadkach posługiwać się dokumentacją konstrukcyjną obudowy. Norma sugeruje, że praktycznym rozwiązaniem problemu dostępności zastępczego próbnika do wszystkich wytypowanych miejsc jego przyłożenia, jest wykonanie specjalnych przejść technologicznych. W rezultacie, takie badanie staje się badaniem niszczącym, możliwym do wykonywania jedynie na specjalnym eksponacie badawczym.

Siły probiercze

Zgodnie z wymaganiami normy 60529 [1], próby polegają na wciskaniu próbników do wnętrza obudowy normatywnymi siłami probierczymi, przedstawionymi w **tabeli 2.** Jest to swoista weryfikacja wytrzymałości mechanicznej obudowy, niezależna od badań jej odporności na udarność, uderzenia, obciążenie statyczne, skręcanie itd. zapisanych w normach produktowych.

Odpowiedni odstęp

W wymaganiach dotyczących ochrony ludzi i zwierząt (**tab. 1., kol. 3.)** powtarza się sformułowanie o zachowaniu (właściwego) odstępu próbnika od części niebezpiecznych. W przypadku urządzeń niskonapięciowych to wymaganie sprowadza się do stwierdzenia, że próbnik nie dotyka części niebezpiecznych. Norma zaleca stosowanie metody obwodu sygnalizacyjnego, przy której kryterium uznania jest niezapalenie się lampki w czasie wymaganego manewrowania próbnikiem.

W przypadku części czynnych pokrytych izolacyjną powłoką lakierniczą lub galwaniczną oraz w przypadku nieprzewodzących niebezpiecznych części mechanicznych metoda obwodu sygnalizacyjnego jest nieprzydatna z przyczyn oczywistych. Chyba, że części niebezpieczne obłożymy metalową folią, umożliwiającą zapalenie się lampki po ich dotknięciu sondą próbnika.

W przypadku urządzeń wysokonapięciowych metodę obwodu sygnalizacyjnego należy stosować wyłącznie do sprawdzania odstępów od niebezpiecznych części ruchomych. Natomiast przy badaniu ochrony przeciwporażeniowej należy potwierdzać występowanie geometrycznych odstępów izolacyjnych powietrznych, wymaganych normami produktowymi.

Komora pyłowa

Urządzeniem probierczym do badania ochrony przed wnikaniem pyłu (pierwsza cyfra charakterystyczna 5 i 6) jest komora pyłowa, a medium – najczęściej talk. Norma 60529 [1] wymaga, by zewnętrzny wymiar drobin talku nie przekraczał 25 µm. We wnętrzu komory należy wytworzyć i utrzymywać (np. przy pomocy wibratora i pompy cyrkulacyjnej) zawiesinę pyłu talkowego w powietrzu, w proporcji 2 kg talku na każdy 1 m³ objętości komory. Próba polega na umieszczeniu eksponatu badawczego wewnątrz komory na okres 8 h przy braku różnicy ciśnień pomiędzy wnętrzem komory i wnętrzem eksponatu, co jest określane jako badanie kategorii 2. Zgodnie z wymaganiami norm 61439 [5], [6] badanie kat. 2 należy stosować przy kwalifikacji urządzenia na stopień IP5X.

Próbniki	Siły probiercze
Kula probiercza o średnicy 50 mm z rękojeścią	50 N
Kula probiercza o średnicy 50 mm bez rękojeści	
Kula probiercza o średnicy 12,5 mm	30 N
Przegubowy palec probierczy o średnicy 12 mm i długości 80 mm	10 N
Pręt probierczy o średnicy 2,5 mm i długości 100 mm	3 N
Drut probierczy o średnicy 1 mm i długości 100 mm	1 N

Tab. 2. Warunki badań próbnikami

W przypadku kwalifikacji urządzenia na stopień IP6X należy stosować badanie kategorii 1. Kategoria 1 wymaga zastosowania zaostrzonego narażenia na talk, realizowanego w postaci podciśnienia ≤ 2 kPa, wywołanego we wnętrzu eksponatu. Warunki tworzenia tego podciśnienia określa norma 60529 [1]. Czas trwania próby jest uzależniony od wywołanego podciśnienia i wynosi 2…8 h.

Zmiany kategorii badania, polegające na kwalifikacji urządzenia na stopień IP5X w kat. 1 lub na stopień IP6X w kat. 2, należy odnotowywać w raportach z badań. Każda kwalifikacja na stopień IP6X w kat. 2 jako słabsza od wymagań normatywnych musi skutkować częstymi inspekcjami i zabiegami serwisowymi, o czym użytkownik powinien być poinformowany w deklaracji zgodności i instrukcji obsługi urządzenia.

Wymiary geometryczne wnętrza komory pyłowej stanowią niejednokrotnie ograniczenie, utrudniające badanie dużych urządzeń. Norma 60529 [1] przewiduje trzy ścieżki łagodzące tę dolegliwość:

a) dopuszcza oddzielne badanie poszczególnych zamkniętych części obudowy;
b) dopuszcza badanie eksponatów, reprezentatywnych dla poszczególnych technik łączenia i uszczelniania obudowy (np. eksponat z drzwiami, eksponat z otworem wentylacyjnym, eksponat z wyprowadzeniami kablowymi itd.);
c) dopuszcza miniaturyzację obudów, z zachowaniem tej samej podatności na wchłanianie pyłu, co obudowa naturalnej wielkości. Utrzymanie tej samej podatności nie oznacza przeniesienia do zminiaturyzowanego eksponatu połączeń, mocowań i uszczelnień w ich naturalnej wielkości. Nie oznacza też jakiejkolwiek automatycznej (proporcjonalnej) ich miniaturyzacji. Problem jest skomplikowany i wymaga szczegółowych uzgodnień z laboratorium badawczym, tak by wynik próby wykonanej na eksponacie mógł być reprezentatywny dla obudowy w naturalnej wielkości.

Klauzula przypisania pierwszej cyfry

Niezwykle istotne znaczenie ma „klauzula przypisania pierwszej cyfry", zawarta w rozdziale 5. normy 60529 [1]. Brzmi ona następująco: **obudowa może mieć przypisany stopień oznaczony pierwszą cyfrą charakterystyczną tylko wtedy, gdy spełnia ona również wymagania przypisane wszystkim pierwszym cyfrom o niższej wartości**.

Zasadniczo norma zezwala na pomijanie prób, których pozytywny wynik jest oczywisty. Niemniej należy pamiętać, że sformułowanie „pozytywny wynik jest oczywisty" dotyczy nie tylko widocznej różnicy rozmiarów geometrycznych otworu i próbnika, ale również wytrzymałości obudowy na normatywne siły probiercze, różne dla różnych próbników. W szczególności badanie kulą probierczą ø 50 mm dociskaną siłą 50 N może powodować ugięcie ścianki obudowy, skutkujące chwilowym lub trwałym zbliżeniem do części niebezpiecznej.

Klapki grawitacyjne

Na rynku pojawiły się wentylatory wydmuchowe i wyjściowe kratki wentylacyjne **z klapkami grawitacyjnymi**, pozbawione mat filtracyjnych. Są przeznaczone do usuwania nagrzanego powietrza z wnętrza obudowy i czynią to bardzo efektywnie, gdyż brak mat filtracyjnych nie tłumi przepływu. Niestety, te wentylatory i kratki niezbyt dobrze mieszczą się w kryteriach uznawania, zapisanych w normie 60529 [1]. Wprawdzie przeszły z wynikiem pozytywnym badania typu na stopień ochrony IP54, niemniej należy podchodzić do nich ostrożnie i pragmatycznie. Umiejętnie wykorzystywać ich niewątpliwe wa-



Fot. 2. Rodzina wentylatorków i kratek wentylacyjnych z klapkami grawitacyjnymi



Fot. 3. Wentylatorek (z lewej) i kratka (z prawej) w położeniu poziomym, które umożliwia trwałe otwieranie klapek, ale nie jest położeniem pracy. Żaluzje odjęte. Za otwartymi klapkami widać ażurowe ścianki czołowe

lory eksploatacyjne, ale zawsze uzgadniać z użytkownikami ich zastosowanie.

Wentylatory i kratki z klapkami grawitacyjnymi bez mat filtracyjnych muszą pracować w położeniu pionowym – nabudowane na pionowych drzwiach i ścianach obudów. W takiej pozycji klapki funkcjonują prawidłowo: gdy wentylacja aktywna (mechaniczna) jest wyłączona, klapki pod wpływem własnego ciężaru opadają w dół, szczelnie zamykając wyjściowy otwór wentylacyjny w obudowie. Po uruchomieniu wentylacji aktywnej, wydech gorącego powietrza z wnętrza obudowy powoduje uniesienie się klapek do góry. Oczyszczanie powietrza wyrzucanego z obudowy nie ma większego sensu, stąd brak mat filtracyjnych, co zdecydowanie zwiększa efektywność chłodzenia.

Producent oferuje wentylatory i kratki wydechowe z klapkami grawitacyjnymi bez mat filtracyjnych w kilku rozmiarach geometrycznych. Gorące powietrze zawsze przepływa przez 4 przegrody wchodzące w skład konstrukcji wentylatora (przez ażurową ściankę tylną, ażurową ściankę czołową, przegrodę z klapkami oraz żaluzję) lub przez 3 przegrody w konstrukcji kratki (przez jedną ściankę ażurową, przegrodę z klapkami oraz żaluzję). Konstrukcja żaluzji powoduje, że przypisany wentylatorom i kratkom stopień IPX4 nie budzi zastrzeżeń. Spór toczy się o pierwszą cyfrę: czy stopień IP5X jest zawsze formalnie spełniony?

W stanie beznapięciowym nie działa wentylacja aktywna (nie pracują wentylatory), a opadnięte w dół klapki grawitacyjne skutecznie zapewniają stopień ochrony IP5X w obu jego aspektach. W takim stanie zostały przeprowadzone badania typu, gdyż były ku temu przesłanki:

» Norma 60529 [1] nie przesądza, w jakim stanie powinien znajdować się eksponat badawczy w czasie testów: czy ma być pod napięciem czy nie, czy jego części ruchome mają się poruszać czy nie itd. Te szczegółowe warunki badań są doprecyzowywane przede wszystkim przez normy produktowe.

» Normy produktowe przedmiotowych wentylatorów i kratek oraz normy produktowe urządzeń rozdzielczych nn wyraźnie dysponują wykonywanie badań typu „w stanie pozbawionym napięcia".

» Jeśli ustawienie eksponatu (względem ziemi) ma bezpośredni wpływ na wynik badania, eksponat w czasie badań musi być ustawiony w pozycji pracy.

W czasie działania wentylacji aktywnej, czyli przy uniesionych klapkach grawitacyjnych, ochrona przed wnikaniem obcych ciał stałych do wnętrza jest realizowana dwoma sposobami:

a) Wnikanie pyłu i drobin ciał stałych mieszczących się w kulkach o średnicy do kilku milimetrów (granica nieznormalizowana!) jest skutecznie uniemożliwiane przez strumień wydmuchiwanego gorącego powietrza. Wbrew obawom sceptyków, ochrona funkcjonuje bardzo skutecznie. Ponadto uzus potwierdził, że również malutkie owady (moskity, małe muchy, małe mrówki) nie są w stanie pokonać ciśnienia wydmuchu.

b) Ciała stałe o większych wymiarach, zwłaszcza posiadające zdolność przemieszczania się (większe owady: duże muchy, pszczoły, osy, duże mrówki) mogą sporadycznie przedzierać się przez strumień wydmuchiwanego powietrza, ale są zatrzymywane na ażurowej ściance czołowej.

Tak więc niby wszystko działa prawidłowo, ale niestety „klauzula przypisania pierwszej cyfry" (patrz powyżej) uniemożliwiłaby formalne uznanie testów na stopień IP5X, gdyby były robione „w stanie pod napięciem".

Inaczej przedstawia się ochrona ludzi przed częściami niebezpiecznymi:

1) Kratki wentylacyjne oczywiście nie zawierają części niebezpiecznych.
2) W przypadku wentylatorów o większych wymiarach geometrycznych przejście palca probierczego przez żaluzję zależy od jej wymiarów, natomiast zawsze palec probierczy zatrzymuje się na ażurowej ściance czołowej. Natomiast drut i pręt probierczy przechodzą przez żaluzję, otwarte klapki i ażurową ściankę czołową, ale nie zbliżają się do żadnej części niebezpiecznej. Zatem zapewniony jest stopień IPXXD.
3) W przypadku wentylatorków o małych wymiarach geometrycznych należy oddzielić zagadnienie ochrony przeciwporażeniowej (a) od problemu ochrony przed częściami ruchomymi (b):

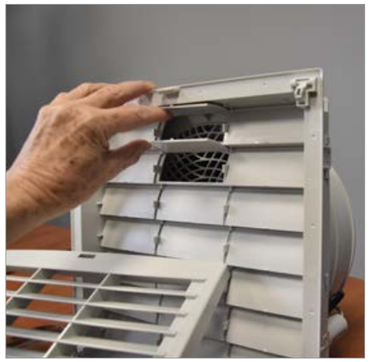
Druga cyfra charakterystyczna	Ochrona urządzeń przed wnikaniem wody	
	Warunek spełnienia dla wszystkich stopni: woda nie przedostaje się do wnętrza, ewentualnie jej niewielka ilość nie wywołuje szkodliwych skutków[1)]	
	Zakresy ochrony	Badania
0	Brak	Brak
1	Ochrona przed pionowo padającymi kroplami wody (deszcz bez wiatru)	Jednolity, pionowy opad kropli wody generowany przez „skrzynię kroplową". Eksponat ustawiony w położeniu pracy pod „skrzynią". Niewielki ruch eksponatu względem spadających kropli, np. ruch mimośrodowy na stole obrotowym lub ruch „skrzyni". Czas badania: 10 min.
2	Ochrona przed kroplami wody padającymi pionowo i ukośnie, w odchyleniu od pionu 0…15° (deszcz z wiatrem)	Jednolity, pionowy opad kropli wody generowany przez „skrzynię kroplową". Eksponat ustawiany nieruchomo pod „skrzynią", w czterech kolejnych różnych położeniach o wychyleniu 15° od pionu, w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach. Czas badania: 4×2,5 min = 10 min.
3	Ochrona przed natryskiwaniem wodą pionowo i ukośnie, w odchyleniu od pionu 0…60°	Natrysk wodą przez „rurę o ruchu oscylacyjnym" z otworami na łuku – 60°…0…+60°, wykonującą ruch oscylacyjny –60°…0…+60°. Eksponat ustawiany nieruchomo pod „rurą", w dwóch kolejnych różnych położeniach, przesuniętych względem siebie o kąt 90° w płaszczyźnie poziomej. Czas badania: 2×5 min = 10 min. **LUB** Natryskiwanie wodą przez operatora „końcówki wylotowej natryskującej", wykonującego równomierny natrysk w wymaganym zakresie. Eksponat ustawiony w położeniu pracy na terenie dostępnym dla operatora. Czas badania > 5 min, uzależniony od całkowitej powierzchni obudowy eksponatu. Rzetelność próby skażona czynnikiem ludzkim.
4	Ochrona przed bryzgami wody padającej pionowo i ukośnie, w odchyleniu od pionu 0…180°	Bryzganie wodą przez „rurę o ruchu oscylacyjnym" z otworami na łuku – 90°…0…+90°, wykonującą ruch oscylacyjny – 180°…0…+180°. Eksponat ustawiony nieruchomo pod „rurą". Czas badania: 10 min. **LUB** Bryzganie wodą przez operatora „końcówki wylotowej natryskującej", wykonującego równomierny rozbryzg w wymaganym zakresie. Eksponat ustawiony w położeniu pracy na terenie dostępnym dla operatora. Czas badania: jak dla cyfry 3. Rzetelność próby skażona czynnikiem ludzkim.
5	Ochrona przed strugą wody	Oblewanie strugą wody przez operatora „dyszy wylotowej węża" o średnicy 6,3 mm, równomiernie ze wszystkich kierunków. Eksponat ustawiony na terenie dostępnym dla operatora. Czas badania: ≥3 min, uzależniony od całkowitej powierzchni obudowy eksponatu.
6	Ochrona przed silną strugą wody	Oblewanie silną strugą wody przez operatora „dyszy wylotowej węża" o średnicy 12,5 mm, równomiernie ze wszystkich kierunków. Ustawienie eksponatu i czas badania: jak dla cyfry 5.
7	Ochrona przed płytkim i krótkotrwałym zanurzeniem	Całkowite, przypowierzchniowe zanurzenie eksponatu w basenie z wodą. Eksponat w pozycji pracy, lokowany na głębokościach 1000…150 mm pod poziomem wody. Czas badania: 30 min.
8	Ochrona przed głębokim i długotrwałym zanurzeniem	Zatopienie eksponatu na znacznej głębokości, wg szczegółowych uzgodnień z producentem.
9	Ochrona przed wysokociśnieniową strugą gorącej wody	Nie ma zastosowania do urządzeń rozdzielczych nn.

[1)] Sformułowanie: „woda nie wywołuje szkodliwych skutków" oznacza, że nie zakłóca prawidłowej pracy urządzenia, nie zmniejsza jego bezpieczeństwa, w szczególności nie gromadzi się na częściach izolacyjnych, nie wnika do wnętrza aparatów, nie gromadzi się w sąsiedztwie końcówek kablowych i jest rozwiązany problem jej usuwania z wnętrza obudowy (otwory odpływowe).
Norma 61439 [5] ark. 1 dodatkowo wymaga, by droga wnikania wody do wnętrza była znana, a woda miała kontakt wyłącznie z obudową i tylko w miejscach wykluczających pogorszenie bezpieczeństwa.
Norma 61439 [6] ark. 1 podobnie wymaga, by droga wnikania wody do wnętrza była znana, a woda miała kontakt wyłącznie z obudową. Ponadto żąda, aby z powodu wody nie uległy zmniejszeniu odległości izolacyjne powietrzne i powierzchniowe, a jeśli już się zmniejszą, by nadal spełniały wymagania normy w tym zakresie.

Tab. 3. Stopnie ochrony oznaczone drugą cyfrą charakterystyczną

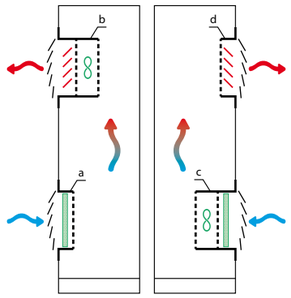
(a) Ochrona przeciwporażeniowa jest zawsze zapewniona w stopniu IPXXD, gdyż izolacja stała skutecznie osłania cały ustrój elektryczny wentylatora. Jakiekolwiek wątpliwości w tym zakresie, związane ze specjalnymi warunkami pracy, można eliminować poprzez zastosowanie bezpiecznego napięcia zasilania wentylatorów na poziomie ELV.

(b) Palec probierczy nie jest w stanie przejść przez ażurową ściankę czołową, natomiast drut i pręt probierczy przechodzą i mogą dotknąć łopatek wentylatorka, zatem ochrona przed częściami ruchomymi wentylatorka jest zapewniona na obniżonym poziomie IPXXB. Zastanówmy się, jakie są implikacje tego obniże-



Fot. 4. Wentylator z uchylonymi dwiema klapkami grawitacyjnymi. Żaluzja odjęta

nia. Normy 61439 [5], [6] ark. 1 w punkcie 10.3 wymagają, by stopień ochrony obudowy był ustalany wg kodu IP i weryfikowany zgodnie z procedurami normy 60529 [1]. Z kolei norma 60529 [1] w punkcie 3.1 uważa wentylatory nabudowane na obudowie rozdzielnicy za części tejże obudowy, a w rozdz. 1. wyklucza problem ochrony przed częściami ruchomymi takich wentylatorów ze swego zakresu stosowania. Zatem mamy prawo domniemywać, że zagrożenie ze strony części ruchomych wentylatorów, nabudowanych na obudowie rozdzielnicy, nie musi być brane pod uwagę przy ustalaniu stopnia ochrony rozdzielnicy. Ale to nie wszystko. Norma 60529 [1] podpowiada, że ochrona przed dostępem do łopatek wentylatorkowych jest przedmiotem norm produktowych. Natomiast normy produktowe 61439 [5], [6] ark. 1 w punkcie 8.2.2. dopuszczają lokalne obniżanie stopnia IP obudowy rozdzielnicy,



Rys. 2. Wentylacja wywiewna w szafie lewej: **a** – kratka wlotowa z matą filtracyjną; **b** – wentylator wydmuchowy z klapkami grawitacyjnymi. Wentylacja nawiewna w szafie prawej: **c** – wentylator nadmuchowy z matą filtracyjną; **d** – kratka wylotowa z klapkami grawitacyjnymi

pod warunkiem że obniżone stopnie zostaną zadeklarowane i nie będą wpływać negatywnie na użytkowanie rozdzielnicy. Wydaje się, że obniżona do poziomu IPXXB ochrona przed wirnikami małych wentylatorków nie wpływa negatywnie na użytkowanie rozdzielnicy. No, chyba że do rozdzielnicy będą mieć dostęp osoby trzecie, w tym dzieci. Problem pozostaje do indywidualnego rozstrzygania w relacji producent – użytkownik.

Chciałoby się napisać, że w czasie pracy małe wentylatorki z klapkami grawitacyjnymi bez mat filtracyjnych realnie osiągają stopień ochrony IP54B. Formalny problem polega na tym, że norma 60529 [1] zabrania używania takiego kodu, ponieważ litera dodatkowa może tylko podwyższać poziom ochrony przed dostępem do części niebezpiecznych (w stosunku do poziomu deklarowanego przez pierwszą cyfrę charakterystyczną), ale nie może go obniżać!

Druga cyfra charakterystyczna

Druga cyfra charakterystyczna odnosi się do ochrony wnętrza urządzenia przed wnikaniem wody. W **tabeli 3.** zostały przedstawione wymagania przypisane cyfrom 1…9, obejmujące zarówno przypadki oblewania eksponatu wodą, jak też zanurzania eksponatu w wodzie.

Ze względu na specyfikę „wpełzania" wody przez szczeliny, w procedurach badawczych pojawia się czynnik czasu trwania próby, a warunki spełnienia zawsze dopuszczają warunkowo przesączenie niewielkiej ilości wody do wnętrza – pod warunkiem „niewywoływania szkodliwych skutków" – patrz przypis w **tabeli 3.**

Wszystkie próby powinny być wykonywane wodą wodociągową o temperaturze zbliżonej do temperatury eksponatu, aby wykluczyć kondensację zniekształcającą wyniki badań.

Klauzula przypisania drugiej cyfry

Rozdział 6. normy 60529 [1] zawiera „klauzulę przypisania drugiej cyfry". Jest ona trochę bardziej skomplikowana od „klauzuli przypisania pierwszej cyfry" i brzmi następująco: **obudowa może mieć przypisany stopień oznaczony drugą cyfrą charakterystyczną tylko wtedy, gdy spełnia ona również wymagania przypisane wszystkim drugim cyfrom o niższej wartości, dotyczącym tego samego sposobu narażenia**.

Są dwa sposoby narażania: oblewanie eksponatu wodą (drugie cyfry 1…6 + 9) oraz zanurzanie eksponatu w wodzie (drugie cyfry 7 i 8). Zatem, zgodnie z klauzulą, obudowie można przypisać stopień IPX6 tylko wówczas, gdy spełnia wymagania stawiane drugim cyfrom 6, 5, 4, 3, 2 oraz 1. Natomiast stopień IPX8 może otrzymać obudowa, która spełnia wymagania stawiane drugim cyfrom 7 i 8.

Zazwyczaj spełnienie wymagań cyfry 5 lub 6 i równocześnie cyfry 7 lub 8 jest bardzo trudne w realizacji, gdyż uszczelki inaczej zachowują się przy aktywnym oblewaniu wodą, a inaczej reagują na ciśnienie Archimedesa. W szczególnych przypadkach, gdy obudowa przechodzi pomyślnie badania przypisane i oblewaniu i zanurzaniu, należy ją znakować podwójnym stopniem, np. IPX5/IPX7.

Normy produktowe

Normy produktowe różnych rodzajów rozdzielnic i sterownic nie narzucają urządzeniom konkretnych stopni IP. Od zbyt wielu czynników zależą decyzje w sprawie szczelności obudowy. Normy ustalają jedynie najniższe dopuszczalne stopnie, czyli dolne granice możliwego wyboru, pozostawiając go projektantowi i/lub producentowi urządzenia. Wymagania norm produktowych dotyczące stopni IP prezentuje **tabela 4.**

Należy podkreślić pełną spójność wymagań norm produktowych z zapisami norm zarządzających ochroną przeciwporażeniową: normy głównej 61140 [8] oraz normy grupowej 60364-4-41 [9].

Podział odpowiedzialności

W 2011 r. norma 61439 [5] wprowadziła podział odpowiedzialności pomiędzy producenta pierwotnego i producenta finalnego. Producentem pierwotnym jest każda organizacja, która cokolwiek zaprojektowała oraz sprawdziła i tę własność intelektualną udostępnia wytwórcy kompletnego urządzenia. W szczególności producentem pierwotnym jest organizacja, która opracowała i przebadała konstrukcję (rodzinę obudów, system rozdzielczy), a następnie sama z niej korzysta i/lub oferuje ją firmom trzecim w postaci materialnej (sprzedaż komponentów konstrukcyjnych) i/lub niematerialnej (licencja, know-how). Producentem finalnym, zwanym też producentem zestawu, jest każda organizacja biorąca odpowiedzialność za gotowe, wyposażone urządzenie. Najczęściej producentem finalnym jest rzeczywisty wytwórca kompletnego urządzenia, choć tak być nie musi.

Norma jednoznacznie dzieli odpowiedzialność: producent pierwotny odpowiada tylko i wyłącznie za swój wkład intelektualny potwierdzony udostępnionymi wynikami badań typu

Lp.	Normy	Urządzenia	Wymagania
1.	61439 [5] ark. 1. 61439 [6] ark. 1. Postanowienia ogólne, dotyczące wszystkich rodzajów urządzeń, o ile normy produktowe tego nie zmieniają	Urządzenia osłonięte klasy I	Co najmniej IP2X
		Urządzenia otwarte czołowo osłonięte	Co najmniej IPXXB od strony czoła
		Urządzenia napowietrzne bez ochrony dodatkowej (bez daszka)	Co najmniej IPX3
		Dachy (obudów) lokowane na wysokości ≤ 1,6 m powyżej posadzki	Co najmniej IPXXD
		Osłony wewnętrzne przyjmujące na siebie ochronę przeciwporażeniową po intencjonalnym rozszczelnieniu obudowy (np. po otwarciu drzwi)	Co najmniej IPXXB
		Urządzenia osłonięte klasy II	Co najmniej IP2XC
2.	61439 [5] ark. 2. 61439 [6] ark. 2. Norma produktowa rozdzielnic siłowych PSC	Człony wysuwne co najmniej w położeniu pracy	Co najmniej IP2X
		Przegrody podziału wewnętrznego (formy), wprowadzonego w celu ochrony przed częściami niebezpiecznymi (ochrony przeciwporażeniowej)	Co najmniej IPXXB
		Przegrody podziału wewnętrznego (formy), wprowadzonego w celu ochrony przed ciałami obcymi	Co najmniej IP2X
3.	61439 [6] ark. 2. Aneks DD Norma produktowa rozdzielnic PVA dla fotowoltaiki	Urządzenia zainstalowane na obszarze dostępnym dla osób postronnych	Co najmniej IP2XC
4.	61439 [5] ark. 3. Norma produktowa rozdzielnic DBO obsługiwanych przez osoby postronne	Urządzenia wnętrzowe	Co najmniej IP2XC
5.	61439 [5] ark. 4. Norma produktowa rozdzielnic ACS przeznaczonych na plac budowy	Urządzenia z zamkniętymi drzwiami	Co najmniej IP44
		Płyty robocze osłonięte drzwiami, jeśli drzwi można zamknąć we wszystkich stanach pracy	Co najmniej IP21
		Płyty robocze osłonięte drzwiami, jeśli drzwi nie zamykają się po podłączeniu odpływów	Co najmniej IP44
6.	61439 [5] ark. 5. Norma produktowa rozdzielnic dystrybucyjnych PENDA dla sieci publicznych	Urządzenia napowietrzne PENDA-0 publicznie dostępne, w czasie normalnej pracy	Co najmniej IP34D
		Urządzenia napowietrzne PENDA-0 publicznie dostępne, w czasie tymczasowego przyłączenia	Co najmniej IP23C
		Urządzenia napowietrzne PENDA-0 publicznie niedostępne	Co najmniej IP33
7.	61439 [5] ark. 7. Norma produktowa rozdzielnic AMHS dla marin i przystani, rozdzielnic ACCS dla kempingów i przyczep kempingowych, rozdzielnic AMPS dla placów targowych i innych terenów publicznych, rozdzielnic AEVCS dla stacji ładowania pojazdów elektrycznych	Urządzenia wnętrzowe, również po podłączeniu przewodów zasilających	Co najmniej IP41
		Urządzenia napowietrzne, również po podłączeniu przewodów zasilających	Co najmniej IP44
8.	G-50003 [7] Dodatkowe postanowienia dotyczące urządzeń górniczych	Urządzenia w przestrzeniach niezagrożonych wybuchem	Co najmniej IP54
		Osłony wewnętrzne przyjmujące na siebie ochronę przeciwporażeniową po intencjonalnym rozszczelnieniu obudowy (np. po odjęciu pokrywy)	Co najmniej IP3X

Tab. 4. Specyfikacja wymagań normatywnych dotyczących ustalania stopnia IP

oraz za dostawy materiałowe w zakresie nieobjętym ingerencją wytwórcy. Producent finalny odpowiada za całe, kompletne urządzenie wprowadzane na rynek.

Najczęściej popełniany błąd interpretacyjny polega na tym, że w relacji: dostawca konstrukcji – wytwórca urządzenia, dostawcę konstrukcji utożsamia się jednoznacznie z producentem pierwotnym, a wytwórcę urządzenia – z producentem finalnym. Tymczasem filozofia normy 61439 [5] jest inna. Po pierwsze: gdy producent pierwotny wytwarza kompletne urządzenie i bierze za nie odpowiedzialność, to – niezależnie od tego, że jest producentem pierwotnym – staje się również producentem finalnym. Po drugie: producent finalny będący wytwórcą staje się automatycznie producentem pierwotnym w zakresie wszystkich swoich własnych rozwiązań projektowo-konstrukcyjno-technologicznych. W szczególności staje się producentem pierwotnym w zakresie wszystkich zmian, wprowadzanych w pozyskanej konstrukcji.

W praktyce relacje pomiędzy partnerami wyglądają mniej więcej następująco: producent pierwotny dostarcza konstrukcję (obudowę, know-how) i ponosi za nią odpowiedzialność, m.in. odpowiada za zadeklarowany stopień IP dla wersji nieotworowanej. Wytwórca wykonuje w obudowie szereg otworów (pod lampki, przyciski, mierniki, dławnice kablowe, wentylatory, kratki wentylacyjne, osprzęt odwadniający itd.) i w zakresie swej ingerencji staje się producentem pierwotnym, odpowiedzialnym za deklarowany stopień IP w miejscach ingerencji.

Norma 61439 [5] wyraźnie określa obowiązki obu partnerów w tym zakresie. Pierwotny producent konstrukcji powinien wykonać badania typu, w ich ramach określić osiągnięty stopień IP i informację o nim przekazać producentowi finalnemu, będącemu wytwórcą. Producent finalny nie musi badań typu konstrukcji powtarzać, norma wręcz zaleca mu wykorzystanie informa-

cji pozyskanych od producenta pierwotnego. Natomiast po wykonaniu ingerencji w szczelność obudowy (po jej otworowaniu), producent finalny ma obowiązek zweryfikować te ingerencje w ramach obu procedur kontrolnych: procedury *design verification* zgodnie z zapisami rozdziału 10. norm 61439 [5], [6] oraz procedury *routine verification* opisanej w rozdziale 11. tychże norm.

Cechy „interfejsowe"

Jak już wspomniano, stopień ochrony IP nie jest ani jedyną, ani najważniejszą cechą charakteryzującą urządzenia. Takich ważnych cech, sparametryzowanych lub nie, jest więcej. Wyliczają je normy 61439 [5], [6] w rozdziale 5. jako *interface characteristics* (cechy „interfejsowe"). Z kolei w rozdziale 6. odnajdujemy zalecenie, by były one przekazywane użytkownikowi w celu ułatwienia dialogu i uzgodnień, co z kolei ma sprzyjać prawidłowej koordynacji urządzenia z siecią oraz środowiskiem pracy.

Stopni ochrony nie można ustalać w oderwaniu od pozostałych cech urządzenia, gdyż są one ze sobą powiązane i wzajemnie uzależnione.

Elastyczne podejście?

Norma 61439 [6] ark. 1. wprowadza koncepcję elastycznego podejścia do warunków uznawania wyników badań na pył (IP5X, IP6X) i wodę (IPX2…IPX9). Stwierdza, że badania te są badaniami przyspieszonymi i nie odzwierciedlają realnych warunków pracy urządzenia w czasie rzeczywistym. A w rzeczywistości zanieczyszczanie pyłem i/lub wodą następuje powoli i można je sukcesywnie usuwać podczas regularnego serwisowania. Wydaje się, że do takiego złagodzenia warunków uznawania mogłoby dojść tylko przy badaniu konkretnego kompletnego urządzenia w konkretnej lokalizacji, gdyby producent potrafił przekonać partnerów o możliwości, nieuchronności i skuteczności przeprowadzania częstych okresowych zabiegów czyszczących.

Próby skorzystania z tej sugestii będą możliwe dopiero wówczas, gdy norma produktowa 61439 [6] ark. 2. (z 2021 r.) zostanie zharmonizowana z unijnymi dyrektywami.

Podsumowanie

Obudowy odgrywają kluczową rolę w ochronie przeciwporażeniowej. Są najpopularniejszym rozwiązaniem ochronnym, stosowanym do ochrony podstawowej, czyli w warunkach normalnych (przy braku zakłóceń). Niemniej należy pamiętać, że ochrona przeciwporażeniowa jest tylko fragmentem wymaganej ochrony przed częściami niebezpiecznymi. Części niebezpieczne to oczywiście części czynne grożące porażeniem, ale też części ruchome, części nagrzewające się do wysokich temperatur, emitujące silne promieniowanie elektromagnetyczne w różnych zakresach częstotliwości, generujące łuki łączeniowe i zwarciowe itd. Podejmując decyzję o wymaganym stopniu ochrony IP, należy brać pod uwagę wszystkie ww. aspekty ochrony ludzi i zwierząt przed zagrożeniami stwarzanymi przez rozdzielnicę.

Równolegle, zadaniem obudowy o właściwie dobranym stopniu IP jest ochrona rozdzielnicy przed niekorzystnymi wpływami zewnętrznymi. Najczęściej polegają one na wnikaniu do wnętrza obcych ciał stałych i wody. Ostrość tych narażeń zależy od warunków pracy, rodzajów środków transportowych i warunków transportu oraz warunków składowania i montażu na obiekcie, zwłaszcza znajdującym się jeszcze w fazie budowy.

Materiał i konstrukcja obudowy oraz stopień jej szczelności IP odgrywają również istotną rolę w rozpraszaniu ciepła Joulle'a, generowanego przez pracującą rozdzielnicę. Inaczej rzecz ujmując, obudowa i jej szczelność mają nieuchronny wpływ na osiągi eksploatacyjne rozdzielnicy. Ponadto wielkość i lokalizacja otworów wentylacyjnych w obudowie decydują o wymianie gazowej pomiędzy mikrośrodowiskiem a makrośrodowiskiem urządzenia, co skutkuje wydalaniem lub gromadzeniem we wnętrzu ciepła i wilgoci kondensacyjnej.

W związku z powyższym każda decyzja ustalająca stopień IP jest kompromisem pomiędzy sprzecznymi przesłankami i konsensusem, gdy podejmowana jest zespołowo. Zasada lansowana przez niedouczonych „fachowców", że im wyższy stopień IP, tym lepsza rozdzielnica, jest oczywiście błędna i absurdalna. Intuicyjnie wyczuwamy, że wyższy stopień ochrony IP zazwyczaj polepsza, a na pewno nigdy nie pogarsza ochrony przeciwporażeniowej i ochrony urządzenia przed wnikaniem ciał stałych i wody. Natomiast czasami zapominamy o negatywnych skutkach zbyt wysokiego stopnia IP, takich jak to, że nadmierna szczelność wyraźnie pogarsza rozpraszanie ciepła Joulle'a, powoduje nadmierne wzrosty temperatury i okresowe gradienty ciśnienia, skłonność do gromadzenia wody kondensacyjnej, nieuzasadniony wzrost kosztów, a w skali globalnej nadmierne zużycie surowców naturalnych.

Ostateczna decyzja co do stopnia (stopni) IP powinna uzyskać aprobatę użytkownika (najczęściej jego przedstawiciela w osobie projektanta), ponieważ to użytkownik będzie przez długie lata eksploatacji urządzenia odpowiadać – prawnie i moralnie – za szeroko pojęte bezpieczeństwo eksploatacyjne, uwarunkowane m.in. szczelnością obudowy.

Niezmienna aktualność normy 60529 [1], [2], [3] trwa od ćwierćwiecza. Jej lektura zawsze była trudna i uciążliwa, a na niedoświadczonego czytelnika czyhały różne pułapki interpretacyjne. Postęp technologiczny ostatnich lat wygenerował nowe wątpliwości (przykład: „Klapki grawitacyjne"). Gdy na początku XXI w. Polska przygotowywała się do przystąpienia do Unii Europejskiej, wówczas szkolono nas, polskich inżynierów, w zakresie stosowania unijnego prawodawstwa technicznego. Już wtedy funkcjonowało ono w formule „nowego i globalnego podejścia", która obowiązek nadążania za postępem technologicznym złożyła na barki normalizacji europejskiej. Czy zharmonizowana norma europejska 60529 [2] spełnia ten obowiązek? Wydaje się, że po wielu latach obowiązywania zasługuje ona na przeredagowanie, a być może również uzupełnienie (rozszerzenie) odpowiadające wyzwaniom XXI w.

Literatura

1. Polska Norma PN-EN 60529:2003 *Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP).*
2. European Standard EN 60529:1991+A1:2000 *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).*
3. International Standard IEC 60529:1989 + AMD1:1999 *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).*
4. Polska Norma PN-EN 61032:2001 *Ochrona osób i urządzeń za pomocą obudów. Próbniki do sprawdzania.*
5. Polska Norma wieloarkuszowa PN-EN 61439 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe.*
6. Polska Norma wieloarkuszowa PN-EN IEC 61439 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe.*
7. Polska Norma PN-G-50003:2003 *Ochrona pracy w górnictwie. Urządzenia elektryczne górnicze. Wymagania i badania.*
8. Polska Norma PN-EN 61140:2016-07 *Ochrona przed porażeniem prądem elektrycznym. Wspólne aspekty instalacji i urządzeń.*
9. Polska Norma PN-HD 60364-4-41 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*

GEWISS

Kompleksowe systemy dla bezpiecznych, nowoczesnych i niezawodnych instalacji elektrycznych.

SERIA QDX

QDX 4000H
QDX 1600H
QDX 630H
QDX 630L

WYTRZYMAŁOŚĆ I NIEZAWODNOŚĆ
bezpieczna praca instalacji

KOMPATYBILNOŚĆ
spójny system

SZYBKI MONTAŻ
bez śrub, bez narzędzi

MODUŁOWA KONSTRUKCJA
elastyczna rozbudowa

KOMPLEKSOWE ROZWIĄZANIE
dla bezpiecznej, nowoczesnej i niezawodnej dystrybucji energii.

Rozwiązania, na których możesz polegać.

www.gewiss.com/pl/pl/

mgr inż. Julian Wiatr

Uproszczony projekt rozdzielnicy głównej kompleksu użyteczności publicznej ze źródłem zasilania awaryjnego, stacją ładowania pojazdów elektrycznych oraz rozdzielnicą napięcia gwarantowanego i rozdzielnicą klimatyzacji

Podstawa opracowania

1. Zlecenie inwestora.
2. Warunki techniczne zasilania, wydane przez OSD.
3. Wizja lokalna w terenie.
4. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. z 2023 roku poz. 875 z późniejszymi zmianami).
5. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 roku w sprawie wymagań technicznych dla stacji i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego (Dz.U. z 2019 roku poz. 1316 z późniejszymi zmianami).
6. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 marca 2023 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. z 2023 roku poz. 819).
7. 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).
8. Norma PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie.*
9. Norma PN-HD 60364-5-54:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-54: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Uziemienia, przewody ochronne i przewody połączeń ochronnych.*
10. Norma PN-HD 60364-4-442:2016 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Część 4-442: Ochrona przed przepięciami. Ochrona przed przepięciami atmosferycznymi lub łączeniowymi.*
11. Norma PN-HD 60364-5-53:2016 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-53: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Aparatura rozdzielcza i sterownicza.*
12. Norma N SEP-E 002 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych.*
13. Norma PN-HD 60364-4-41:2017-09 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*
14. Norma PN-HD 60364-5-56:2019-01 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-56: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje bezpieczeństwa*.
15. Norma PN-HD 60364-7-722:2019-01 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 7-722: Wymagania dotyczące specjalnych lokalizacji lub instalacji. Zasilanie pojazdów elektrycznych.*
16. Katalogi producentów kabli oraz producentów osprzętu kablowego.
17. Uzgodnienie z rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń ppoż. oraz rzeczoznawcą ds. ergonomii i bhp.

Wyciąg z warunków technicznych zasilania

Ze stacji transformatorowej SN/nn „Bydgoska" o mocy 630 kVA należy wyprowadzić kabel zasilający o żyłach aluminiowych i izolacji z igielitu usieciowanego, o przekroju według obliczeń, lecz nie mniejszym od 120 mm^2. W linii ogrodzenia kompleksu należy zainstalować złącze kablowe typu KRSN-PP wraz z układem pomiarowym półpośrednim. Dopuszczalny współczynnik mocy, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 23 marca 2023 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. z 2023 roku poz. 819), powinien być nie mniejszy od $\text{tg}\varphi = 0{,}4$ ($\cos\varphi = 0{,}93$). Zasilanie kompleksu należy realizować na napięciu 3×230/400 V.

Opis stanu istniejącego

Do pomieszczenia RGK został doprowadzony kabel WLZ: 4×[2×(BiT1000FR-150)], wyprowadzony ze złącza kablowego z układem pomiarowym, zainstalowanego w linii ogrodzenia kompleksu (projekt zasilania kompleksu został opublikowany w numerze 10/2024).

Opis stanu projektowanego

W pomieszczeniu Rozdzielni Głównej Kompleksu (**rys. 2.**) należy zainstalować:

- Rozdzielnicę Główną Kompleksu (RGK), wykonaną zgodnie z **rysunkiem 3.**, **rysunkiem 4.**, **rysunkiem 5.** oraz **rysunkiem 6.**,
- Rozdzielnicę Napięcia Gwarantowanego (RNG), wykonaną zgodnie z **rysunkiem 7.**,
- zasilacz UPS 3×230/400 V o mocy wyjściowej 30 kVA, wraz z układem bypass,
- układ detekcji stężenia wodoru H_2 oraz sterowania wentylacją,
- Rozdzielnicę Potrzeb Własnych (RPW) – **rysunek 9.**,
- Rozdzielnicę Klimatyzacji (RKlim.) – **rysunek 10.**,
- Rozdzielnicę Rppoż. (w warunkach niepożarowych obciążenie rozdzielnicy wynosi 5 kW – osobne opracowanie, nieobjęte artykułem).

Projektowany obiekt będzie rezerwowany przez kontenerowy zespół prądotwórczy 3×230/400 kV o mocy 250 KVA. Zespół prądotwórczy należy zainstalować na fundamencie stanowiącym opracowanie branży konstrukcyjno-budowlanej, w miejscu wskazanym na **rysunku 1.** Energię z generatora zespołu prądotwórczego do RGK należy wyprowadzić kablem 4×[Bit 1000 FR 1×185], układanym wzdłuż trasy określonej na **rysunku 1.** Kabel należy układać na głębokości 80 cm, na podsypce piasku o grubości 10 cm. Po ułożeniu kabla należy w odstępach co 10 m nałożyć opaski kablowe zawierające następujące informacje: typ kabla – długość – trasa – rok ułożenia – symbol wykonawcy.

Po ułożeniu kabla należy zasypać wykop warstwą piasku o grubości 10 cm, warstwą rodzimego gruntu o grubości 30 cm, ułożyć taśmę kablową koloru niebieskiego i zasypać wykop, doprowadzając nawierzchnię do stanu pierwotnego sprzed wykopu. Pod drogą kabel należy układać w rurach osłonowych SRS ∅150. Przepusty kablowe należy uszczelnić, by zapobiec przedostawaniu się wody i gazów. Kabel YKYżo 5×10 – zasilania potrzeb własnych zespołu prądotwórczego – należy wyprowadzić z RGK i wprowadzić na zaciski zasilania potrzeb własnych zespołu prądotwórczego. Kabel należy układać wspólnie z kablem zasilania awaryjnego RGK. Rezystancja uziemienia punktu neutralnego uzwojeń generatora zespołu prądotwórczego $R_B \leq 5\,\Omega$. Zespół prądotwórczy (pozostaje na majątku i w eksploatacji inwestora) stanowi źródło zasilania awaryjnego, uruchamiane automatycznie w przypadku przerwy w dostawie energii z sieci elektroenergetycznej. Rozdzielnica Klimatyzacji jest objęta zrzutem obciążenia realizowanym automatycznie przez sterownik SZR sieć/zespół prądotwórczy, przez wysterowanie rozłącznika zainstalowanego w RKlim. Po powrocie napięcia w sieci elektroenergetycznej następuje automatyczne załączenie RKlim. na zasilanie energią elektryczną dostarczaną z SEE. RGK jest wyposażona w dwuobwodowy przeciwpożarowy wyłącznik prądu. PWP1 umożliwia wyłączenie urządzenia powszechnego użytku, pozostawiając pod napięciem urządzenia przeciwpożarowe. Natomiast do PWP2 ma dostęp tylko dowódca akcji ratowniczo-gaśniczej. Jego uruchomienie powoduje wyłączenie spod napięcia urządzeń przeciwpożarowych. Magazyn energii projektowanego zasilacza UPS 3×230/400 V o mocy 30 kVA, sprawności $\eta = 0{,}9$ oraz współczynniku zniekształceń $W = 0{,}9$, stanowi jedną gałąź szeregowo połączonych akumulatorów typu NPL 100-12 w liczbie 34, przy rozładowaniu do napięcia odcięcia $U_k = 1{,}7$ V/ogniwo (przy zasilaniu odbiorników przyłączonych do RNG). Wszystkie projektowane rozdzielnice, instalowane w budynku, należy wykonać w drugiej klasie ochronności. W miejscu wskazanym na **rysunku 1.** należy zainstalować stację ładowania pojazdów elektrycznych typu Garo LS 4-2×11 kW. Kabel zasilający stację ładowania typu YKYżo 5×10 należy wyprowadzić z RGK. Stacja jest przeznaczona do obsługi samochodów służbowych i umożliwia jednoczesne ładowanie dwóch pojazdów.

Projektowany układ detekcji stężenia wodoru H_2, wraz z układem sterowania wentylacją pomieszczenia RGK należy wykonać zgodnie z **rysunkami 8a** oraz **8b**.

Uwaga! W artykule pominięto schematy montażowe projektowanych rozdzielnic.

Obliczenia

Obliczenia mocy zapotrzebowanej czynnej i biernej poszczególnych rozdzielnic przyłączonych do RGK:

– Rozdzielnica Główna Kompleksu (RGK), bez Rozdzielnicy UPS oraz Rozdzielnicy Klimatyzacji:

- Moc czynna zapotrzebowana dla rozdzielnicy R1: 13 kW, przy $\cos\varphi = 0{,}8$:

$$Q_1 = P_1 \cdot \text{tg}\varphi_{z1} = P_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_{z1}} - 1} = 13 \cdot \sqrt{\frac{1}{0{,}8^2} - 1} = 9{,}75\ \text{kvar}$$

- Moce oraz współczynnik $\cos\varphi$ dla pozostałych rozdzielnic zasilanych z RGK zostały podane w poniższych tabelach (dla RGK $\Rightarrow k_{Z1} = 0{,}55$):

Rozdzielnica	R1	R2	R3	R4	R5 (SŁSE)	R6	R7	R8	$R_{ppoż.}$
Moc czynna P_i, w [kW]	13,0	3,0	45,8	10,4	22,0	4,3	10,2	5,1	5,0
$\cos\varphi_i$	0,8	0,9	0,75	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8
$\text{tg}\varphi_i$	0,75	0,48	0,88	0,75	0,48	0,48	0,75	0,75	0,75
Moc bierna Q_i, w [kvar]	9,75	1,44	40,31	7,80	10,56	2,07	7,65	3,83	3,75

$$P_1 = \sum_{i=1}^{8} P_i + R_{ppoż.} = 118{,}8\ \text{kW}$$

$$Q_1 = \sum_{i=1}^{8} Q_i + Q_{ppoż.} = 87{,}16\ \text{kvar}$$

$$P_{z1} = k_{z1} \cdot P_1 = 0{,}55 \cdot 118{,}8 = 65{,}34\ \text{kW}$$

$$Q_{z1} = k_{z1} \cdot Q_1 = 0{,}55 \cdot 87{,}17 = 47{,}95\ \text{kvar}$$

$$\text{tg}\varphi_{z1} = \frac{Q_{z1}}{P_{z1}} = \frac{47{,}95}{65{,}34} \approx 0{,}73 \Rightarrow \cos\varphi_1 = 0{,}8$$

- Rozdzielnica Klimatyzacji (współczynnik zapotrzebowania $k_{Z2} = 1$):

Nr JZ klimatyzatora	1-6	7; 8
Moc czynna P_i, w [kW]	6×15=90	2×5=10
$\cos\varphi_i$	0,9	0,8
$\text{tg}\varphi_i$	0,48	0,75
Moc bierna Q_i, w [kvar]	43,2	7,5

$$P_{Z2} = 90 + 10 = 100\ \text{kW}$$

$$Q_{Z2} = 43{,}2 + 7{,}5 = 50{,}7\ \text{kvar}$$

$$\text{tg}\varphi_{Z2} = \frac{Q_{Z2}}{P_{Z2}} = \frac{50{,}7}{100} \approx 0{,}51 \Rightarrow \cos\varphi_{Z2} = 0{,}89$$

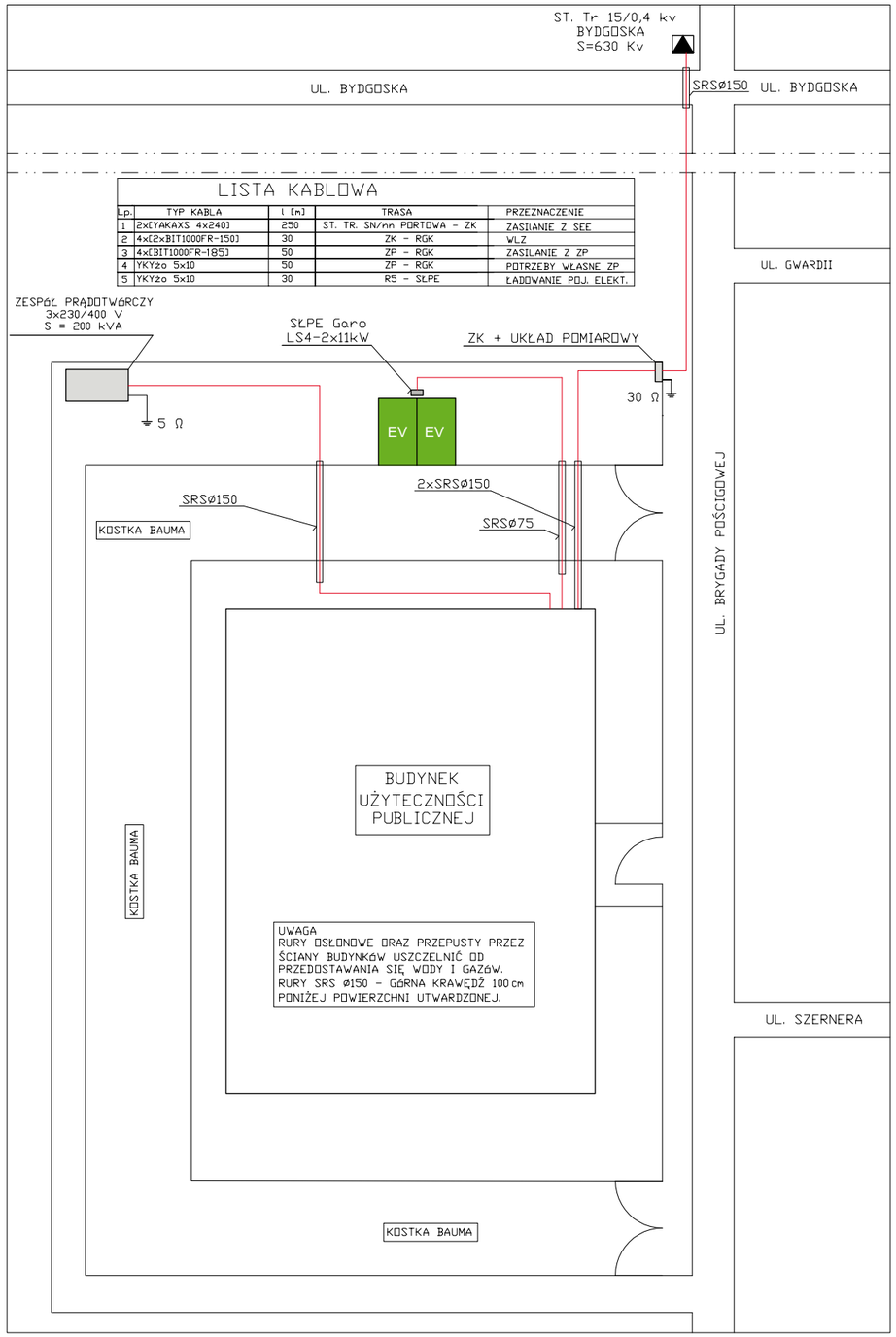
- Rozdzielnica napięcia gwarantowanego, zasilana przez UPS:

Nr rozdzielnicy	R1	R2	R3	Klim
Moc czynna P_i, w [kW]	5,1	5,1	3,1	3,1
$\cos\varphi_i$	0,8	0,8	0,8	0,9
$\text{tg}\varphi_i$	0,75	0,75	0,75	0,48
Moc bierna Q_i, w [kvar]	5,17	3,83	2,7	1,49

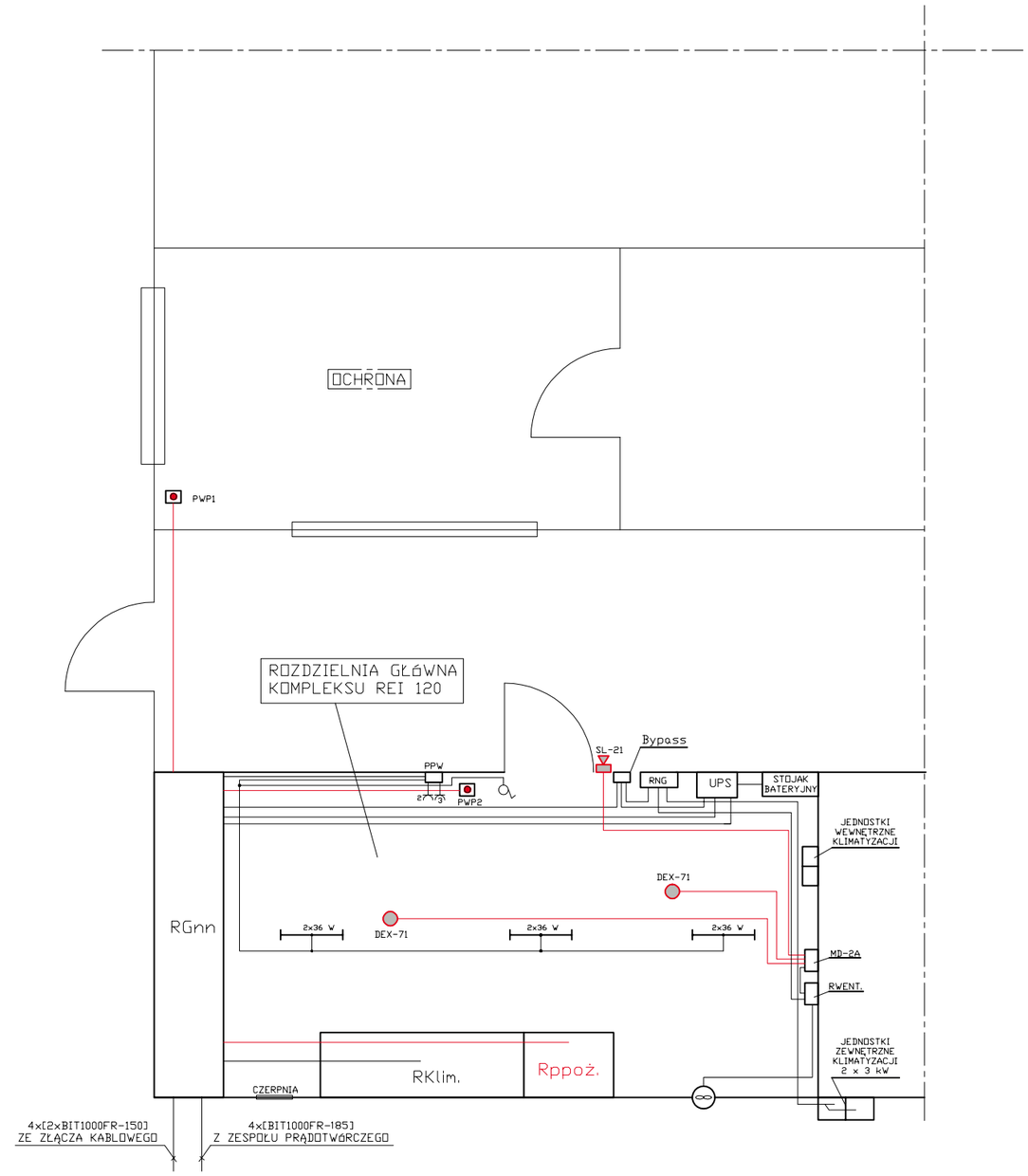
$$P_{Z3} = \sum_{i=1}^{3} P_i + P_{klim} = 16{,}4\ \text{kW}$$

$$Q_{Z3} = \sum_{i=1}^{3} Q_i = 13{,}2\ \text{kvar}$$

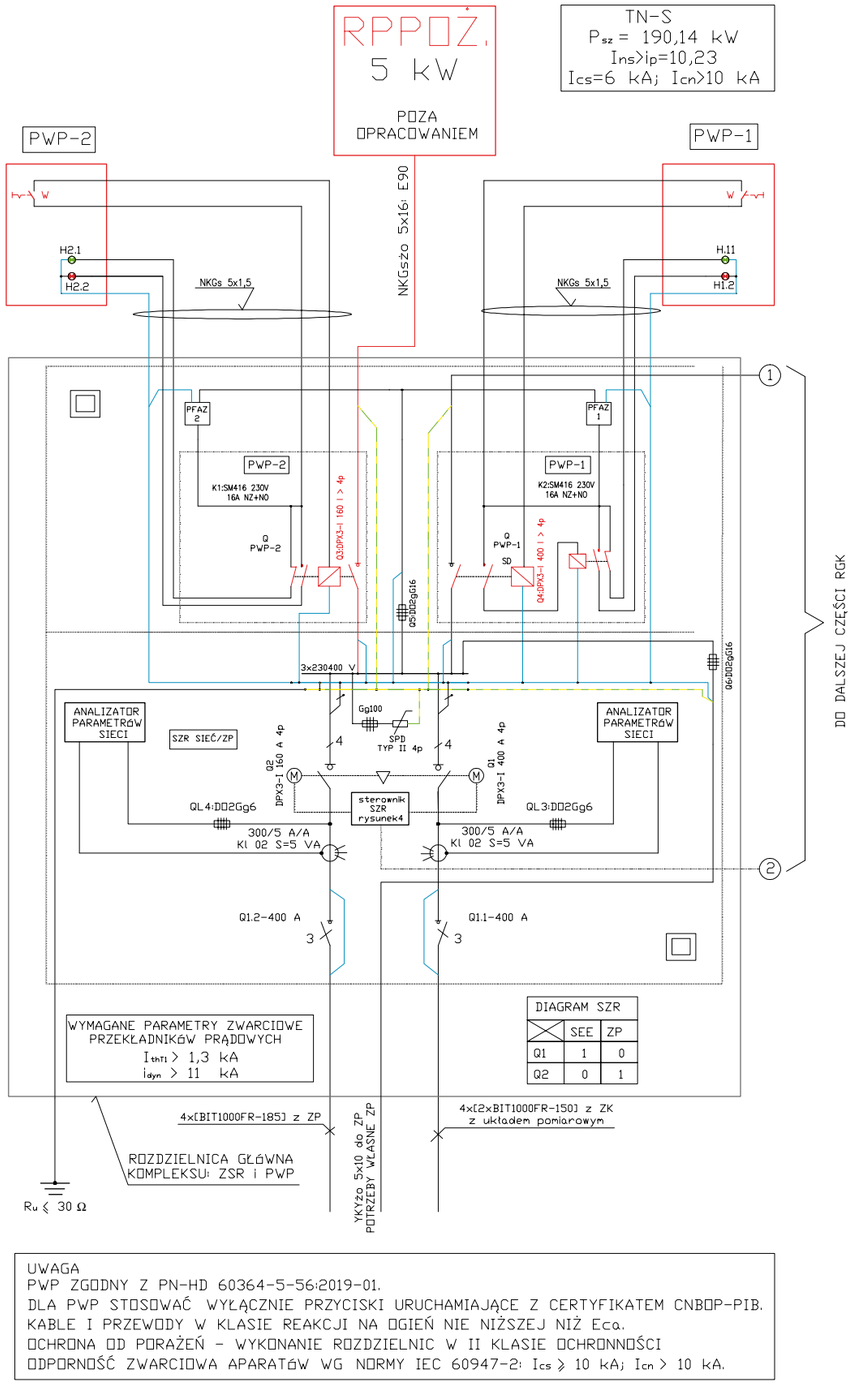
$$\text{tg}\varphi_{Z3} = \frac{Q_Z}{P_Z} = \frac{13{,}2}{16{,}4} = 0{,}8 \Rightarrow \cos\varphi_{Z3} = 0{,}78$$



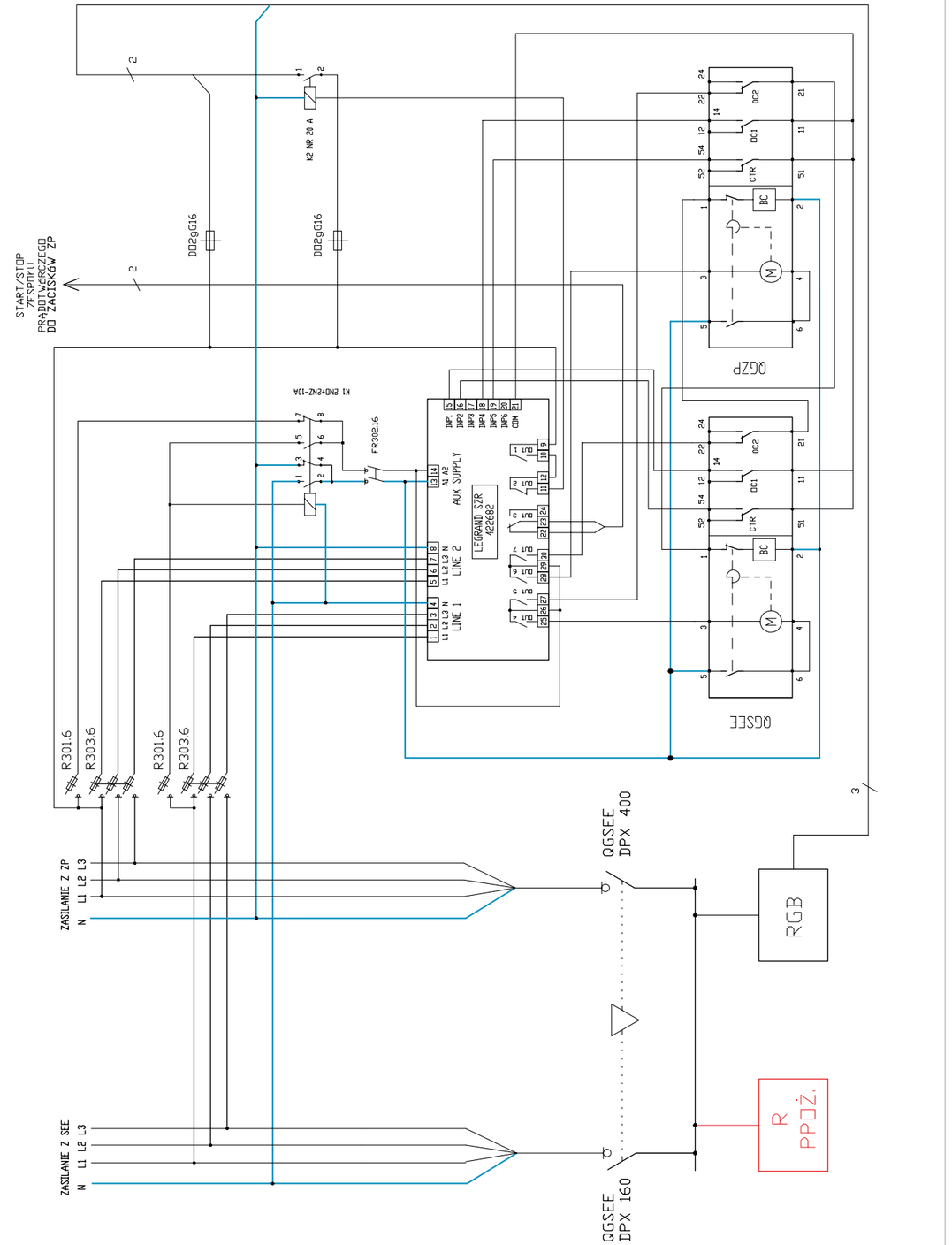
Rys. 1. **Plan zasilania kompleksu** rys. J. Wiatr



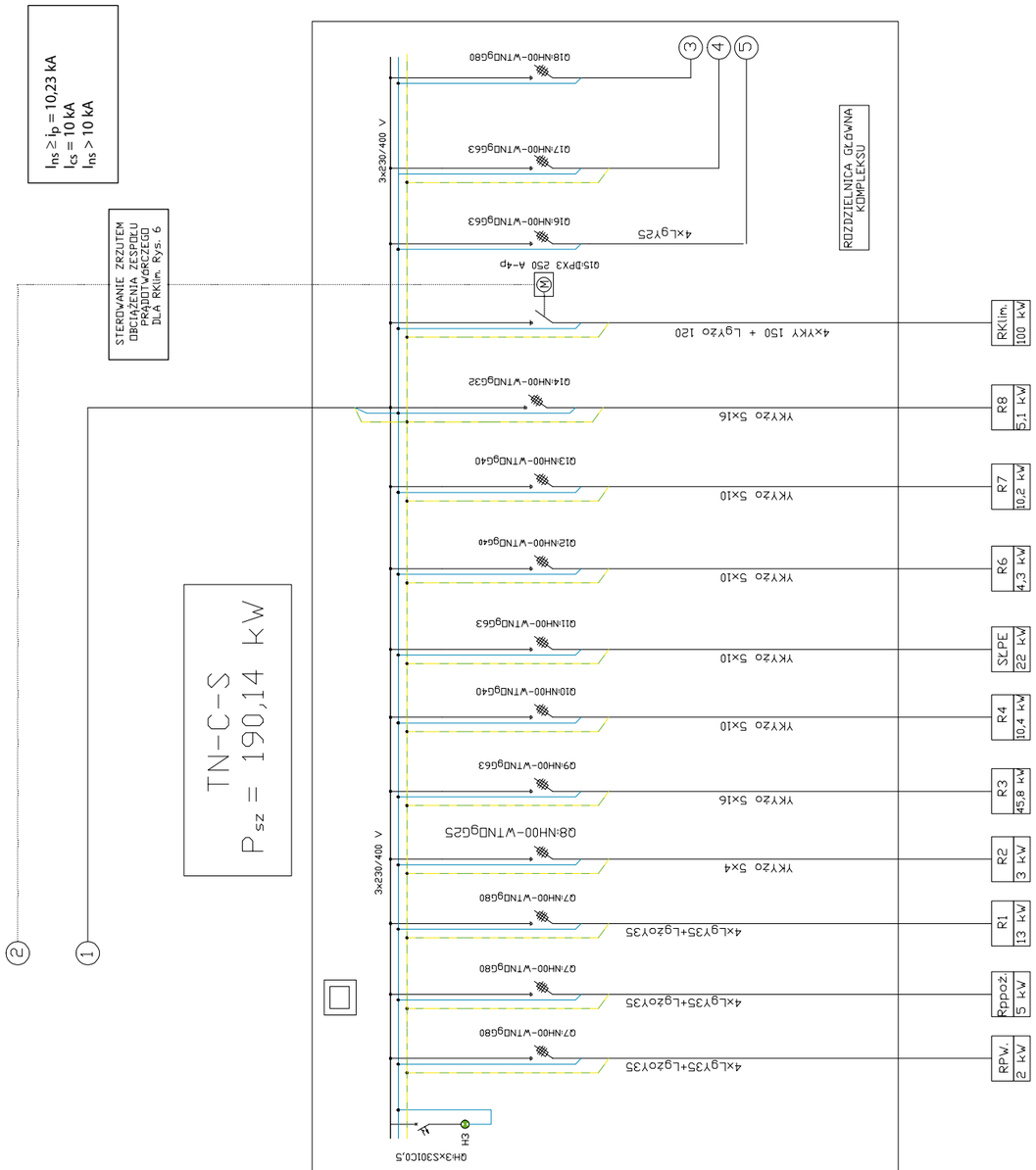
Rys. 2. **Plan instalacji RGK** rys. J. Wiatr



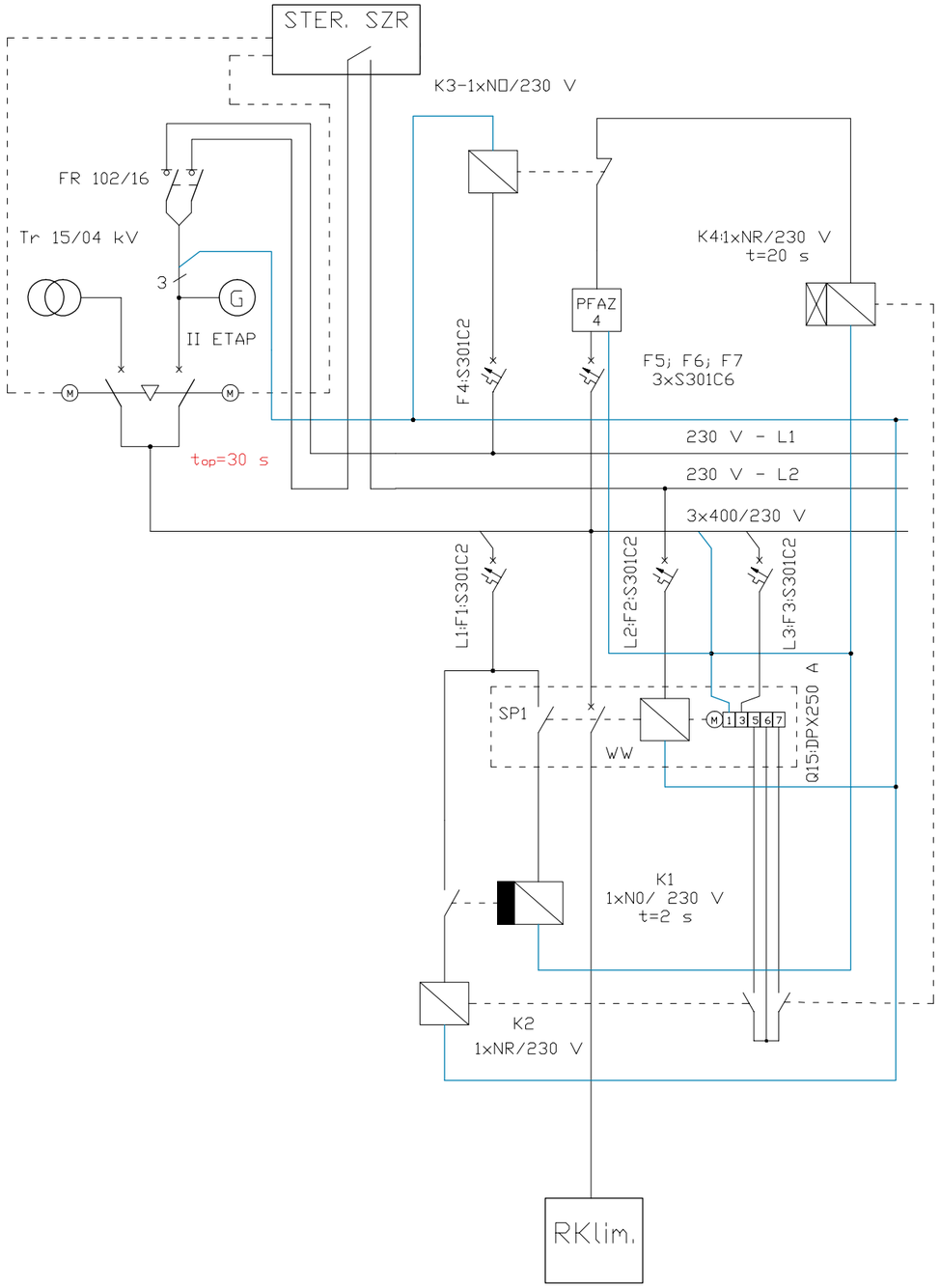
Rys. 3. Schemat zasilania RGK. Układ automatyki SZR oraz PWP rys. J. Wiatr



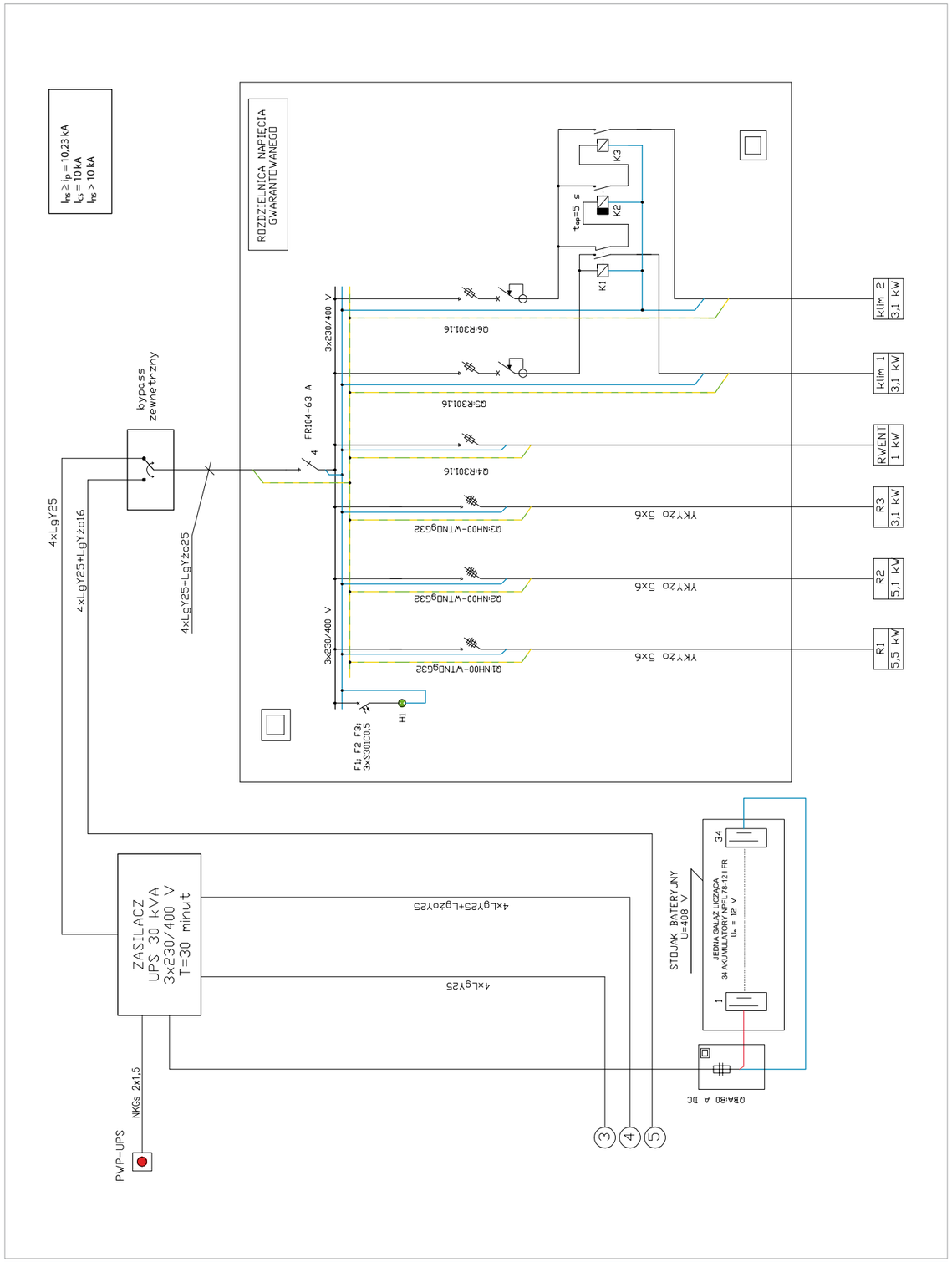
Rys. 4. Schemat ideowy układu SZR sieć-ZP rys. J. Wiatr



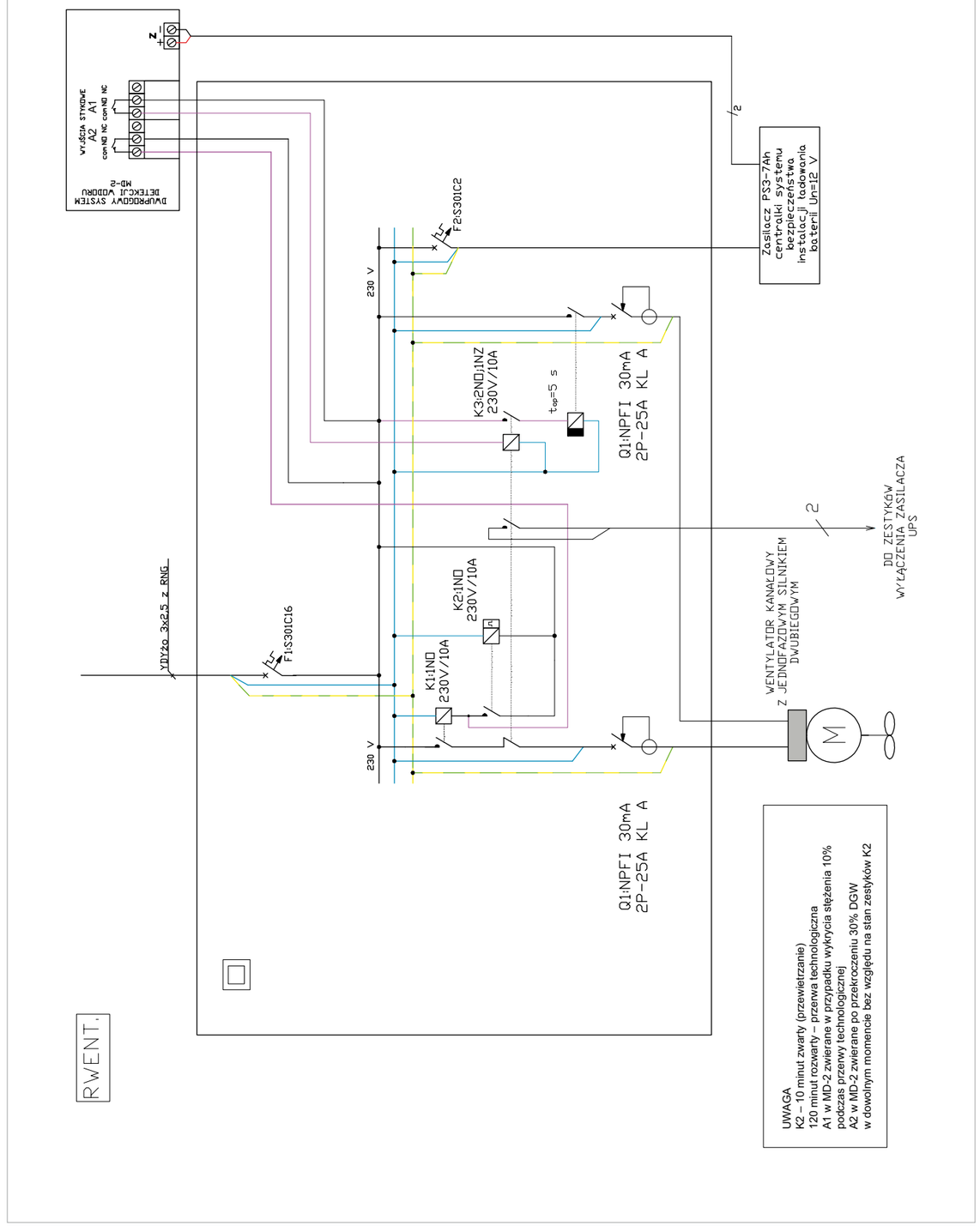
Rys. 5. Schemat ideowy RGK bez automatyki SZR oraz PWP rys. J. Wiatr



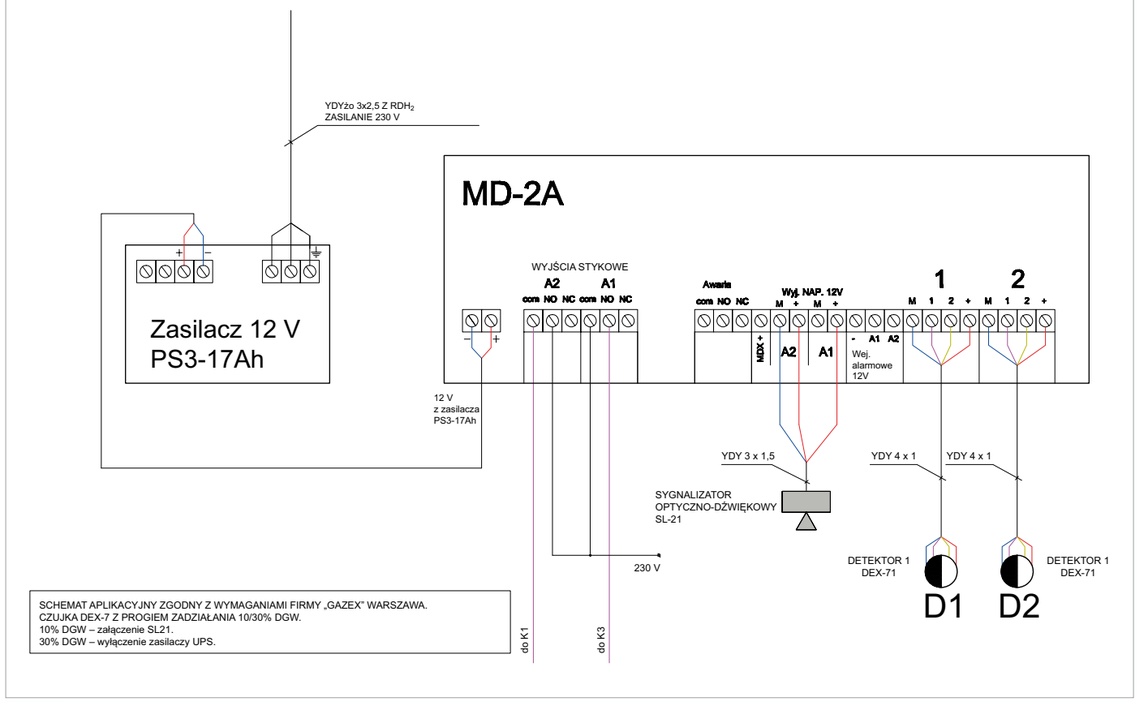
Rys. 6. Schemat automatyki zrzutu obciążenia RKlim. rys. J. Wiatr



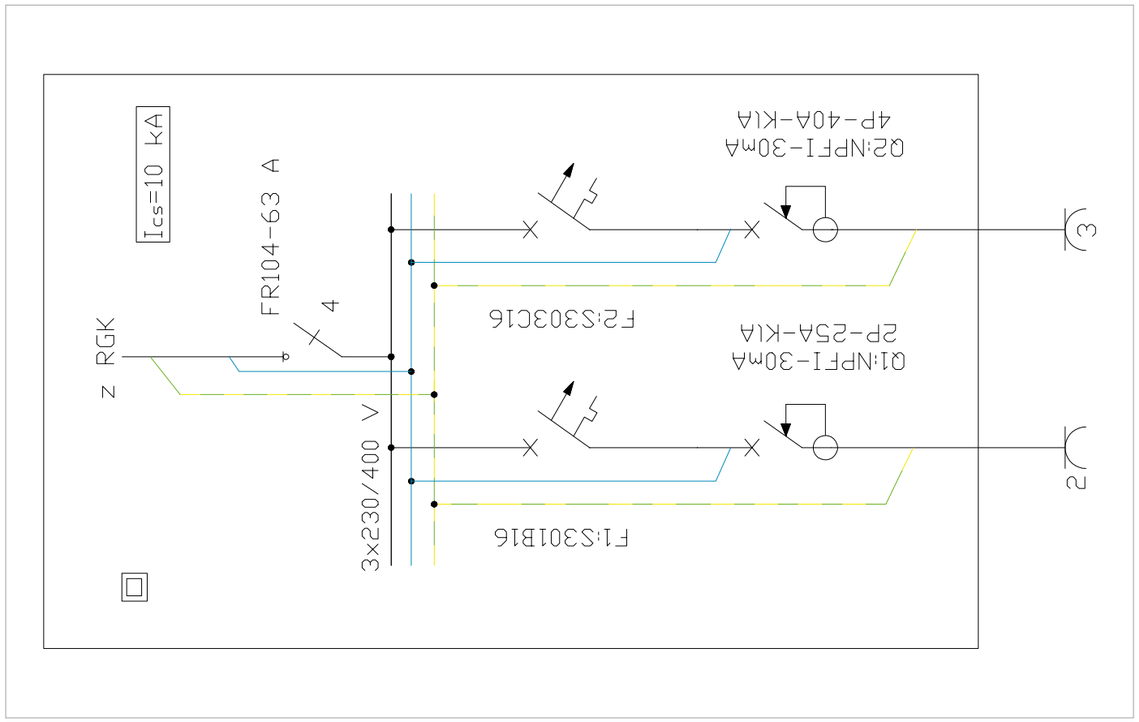
Rys. 7. Schemat ideowy RNG rys. J. Wiatr



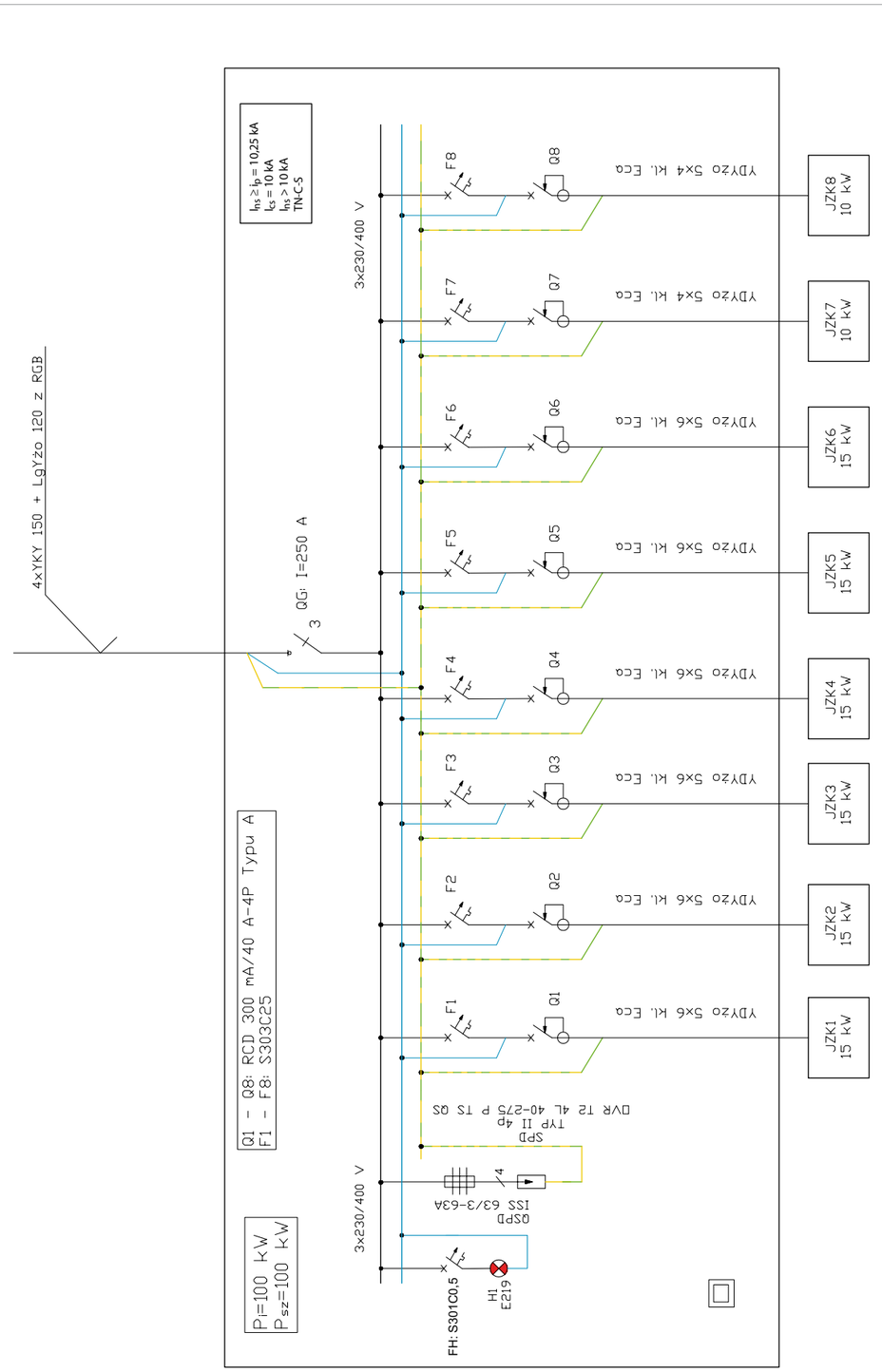
Rys. 8a Schemat automatyki wentylacji RGKJ rys. J. Wiatr



Rys. 8b Schemat aplikacyjny centralki wykrywania stężenia wodoru H_2 rys. J. Wiatr



Rys. 9. Schemat ideowy RPW rys. J. Wiatr



Rys. 10. Schemat ideowy RKlim. rys. J. Wiatr

$$S_{Z1} = \sqrt{16,4^2 + 13,2^2} \cong 21,06 < S_{UPS} = 30\,kVA$$

Moc zapotrzebowana przez zasilacz UPS:

$$P_{ZUPS} = P_{Z3} = \frac{P_{wyjUPS}}{\eta \cdot W} + \frac{0,25 \cdot P_{wyj}}{W} = \frac{16,4}{0,9 \cdot 0,9} + \frac{0,25 \cdot 16,4}{0,9} = 24,8\,kW$$

$$Q_{ZUPS} = Q_{Z3} = P_{zwejUPS} \cdot tg\varphi_{Z3} =$$

$$= 24,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{\cos^2\varphi_{Z3}} - 1} = 24,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,78^2} - 1} = 19,9\,kvar$$

$$S_{UPS} = \sqrt{24,8^2 + 19,9^2} = 31,78\,kVA \Rightarrow S_{UPS} = 40\,kVA$$

Dobór baterii akumulatorów do zasilacza UPS 30 kVA oraz ich zabezpieczeń:

$$k_x = \frac{U_{nUPS}}{U_{n\,Akum.}} = \frac{400}{12} = 33,34 \Rightarrow 34 \text{ baterie połączone szeregowo w gałęzi.}$$

Wymagana liczba gałęzi równoległych „x" oraz moc czynna w pojedynczej gałęzi P_{1g}.

Na podstawie tabeli stałomocowego rozładowania, zamieszczonej w DTR producenta (https://www.enerblock.pl/images/design/pdfy/2021-06-11/JDG12-130.pdf, dostęp: 26.12.2024 r.):

FV/Czas	15 min	30 min	1 h	2 h	3 h	5 h	8 h	10 h	20 h
1,60 V	323	202	125	71,5	52,2	35,0	23,5	19,9	10,7
1,65 V	318	200	124	71,4	51,6	34,8	23,3	19,7	10,7
1,70 V	314	**200**	123	71,1	51,3	34,5	23,2	19,5	10,6
1,75 V	312	199	122	70,7	51,0	34,3	23,0	19,3	10,6
1,80 V	295	194	121	70,5	50,8	33,9	22,9	19,1	10,5
1,85 V	264	178	112	67,3	48,3	32,4	22,1	18,8	10,4

$$P_{ogn.dysp.} = 200\,W/\text{ogniwo} \,/\, U_k = 1,7V_{/t=30min.}$$

$$P_{ogn.wym.} = \frac{S_{UPS} \cdot \cos\varphi_{Z3}}{\eta \cdot n \cdot k_x} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 0,78}{0,9 \cdot 6 \cdot 34} \approx 183,6\,W/\text{ogniwo}$$

$$x = \frac{P_{ogn.wym.}}{P_{ogn.dysp.}} = \frac{183,6}{200} \cong 0,918 \Rightarrow 1$$

Zatem x = 1 → gałąź złożona z 34 baterii typu NPL 100-12, przy dopuszczalnym rozładowaniu do napięcia odcięcia U_k = 1,7 V/ogniwo.

Prądy zwarciowe na podstawach zabezpieczeń baterii akumulatorów:

$R_w = 4,5\,m\Omega$ – na podstawie DTR akumulatora

$$R_{BA} = k_x \cdot R_w = 34 \cdot 4,5 = 153\,m\Omega$$

$$I_k = \frac{U_n}{R_{BA}} = \frac{400}{0,153} = 2614,38\,A$$

Spodziewany prąd obciążenia baterii oraz wymagany prąd znamionowy zabezpieczenia bezpiecznikiem topikowym DC:

$$P_{g1} = P_{ogndysp} \cdot k_X \cdot n = 200 \cdot 34 \cdot 6 = 40800\,W/gał.$$

$$I_{B1g} = \frac{P_{g1}}{U_{nUPS}} = \frac{40800}{400} = 102\,A \Rightarrow \text{WTN gBat100}$$

Ponieważ obciążenie jest mniejsze od znamionowego obciążenia zasilacza UPS, czas pracy przy zasilaniu bateryjnym będzie większy od 30 min. Pozwala to na przyjęcie zabezpieczenia baterii bezpiecznikami WTNgBat100.

Moc całkowita zapotrzebowana przez RGK:

$$P_Z = P_{Z1} + P_{Z2} + P_{ZUPS} = 65,34 + 100 + 24,8 = 190,14\,kW$$

$$Q_Z = Q_{Z1} + Q_{z2} + Q_{ZUPS} = 47,95 + 50,70 + 19,90 = 118,55\,kvar$$

$$S_Z = \sqrt{P_Z^2 + Q_Z^2} = \sqrt{190,14^2 + 118,55^2} = 224,07\,kVA$$

$$tg\varphi_Z = \frac{Q_Z}{P_Z} = \frac{118,55}{190,14} \approx 0,62 \Rightarrow \cos\varphi = 0,85$$

$$I_B = \frac{S_Z}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{224070}{\sqrt{3} \cdot 400} = 323,81\,A \Rightarrow I_n = 400\,A$$

UWAGA!

Konieczna jest kompensacja mocy biernej dla uzyskania współczynnika zgodnego z wymaganiami Rozporządzenia Ministra Środowiska i Klimatu z dnia 23 marca 2023 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego (Dz.U. z 2023 roku poz. 819). Dobór układu kompensacji mocy biernej należy przeprowadzić po uruchomieniu instalacji i wykonaniu pomiarów tygodniowych obciążeń w celu ustalenia rzeczywistych wymagań w tym zakresie.

Dobór mocy zespołu prądotwórczego:

Ponieważ inwestor nie określił szczegółowej charakterystyki obciążenia, określaną moc zespołu prądotwórczego należy traktować jako dobór wstępny, wymagający skorygowania po ustaleniu szczegółowej charakterystyki obciążenia. Ze względu na występowanie odbiorników nieliniowych, przyjęto szacunkową wartość współczynnika zniekształceń W = 0,7.

$$P_{zZP} = P_{z1} + P_{ZUPS} = 65,34 + 24,80 = 90,14\,kW$$

$$Q_{zZP} = Q_{Z1} + Q_{ZUPS} = 47,95 + 19,90 = 67,85\,kvar$$

$$tg\varphi_Z = \frac{Q_{zZP}}{P_{ZZP}} = \frac{67,85}{90,14} = 0,75 \Rightarrow \cos\varphi_Z \approx 0,80$$

$$p = \frac{\cos\varphi_Z}{\cos\varphi_{nG}} = \frac{0,80}{0,80} = 1 \Rightarrow p = 1$$

$$S_{minZP} = \frac{P_Z}{\cos\varphi_Z \cdot p \cdot W} = \frac{90,14}{0,8 \cdot 1 \cdot 0,7} \approx 161\,kVA \Rightarrow 200\,kVA$$

Dobór kabla zasilania awaryjnego:

$$I_{BG} = \frac{S_{nG}}{\sqrt{3} \cdot U_{ng}} = \frac{200000}{\sqrt{3} \cdot 400} = 289,02 \Rightarrow I_{nG} = 300\,A$$

$$I_Z \geq \frac{k_2 \cdot I_{nG}}{1,45} = \frac{1,45 \cdot 300}{1,45} = 300\,A$$

Wymagania spełni kabel 4×[Bit 1000 FR – 1×185] o obciążalności długotrwałej:

$$I_Z = I_{z3} \cdot \sqrt[3]{2} \cdot 1,18 \cdot 0,6 = 343 \cdot \sqrt[3]{2} \cdot 1,18 \cdot 0,6 = 305,96\,A > 300\,A$$

Sprawdzenie dobranego kabla z warunku spadku napięcia:

$$R_k = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{50}{55 \cdot 185} = 0,0049\,\Omega$$

$$X_k = 0,08 \cdot l = 0,08 \cdot 0,05 = 0,004\,\Omega$$

$$\cos\varphi_Z = 0,8$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_B}{U_n} \cdot \left(R_k \cdot \cos\varphi_Z + X_k \sin\varphi_Z\right) =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 289,02}{400} \cdot \left(0,0049 \cdot 0,8 + 0,6 \cdot 0,004\right) \approx 0,79\% \ll 5\%$$

Sprawdzenie doboru WLZ oraz zabezpieczeń toru zasilania kompleksu:

$$1,2 \cdot I_B = 1,2 \cdot 322,81 \approx 387,37\,A \leq I_n = 400\,A$$

Należy przyjąć zabezpieczenie WTN2gG 400, instalowane w Rnn stacji transformatorowej „Bydgoska". W złączu kablowo-pomiarowym dla uzyskania wybiórczości zabezpieczeń należy zainstalować zwory liniowe ZL-400. Przyjęty współczynnik 1,2 pozwala skompensować ewentualne niedoszacowanie obliczonej mocy zapotrzebowanej i ma charakter praktyczny (normy nie przewidują tego współczynnika).

Wymagana dopuszczalna długotrwała obciążalność prądowa, z uwzględnieniem przeciążalności, wynosi:

$$I_z \geq \frac{k_2 \cdot I_n}{1,45} = \frac{1,\cdot 400}{1,45} = 441,38\,A$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków rezystywności cieplnej gruntu, obciążalności czwartej żyły oraz sposobu ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel 2×YAKXS 4×240:

$$I_z = 1,18 \cdot 0,91 \cdot 2 \cdot 253 \cdot 0,85 = 461,84\,A > 441,38\,A$$

Sprawdzenie dobranego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$R_k = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{250}{33 \cdot 2 \cdot 240} = 0,0158\,\Omega$$

$$X_k = x' \cdot l = 0,08 \cdot 0,25 = 0,020\,\Omega$$

$$\cos\varphi_Z = 0,85 \Rightarrow \sin\varphi_Z = \sqrt{1 - \cos^2\varphi_Z} = \sqrt{1 - 0,85^2} = 0,53$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_B}{U_n} \cdot \left(R_k \cdot \cos\varphi_Z + X_k \sin\varphi_Z\right) =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 387,37}{400} \cdot \left(0,0158 \cdot 0,85 + 0,020 \cdot 0,53\right) = 4,03\% < 5\%$$

Zgodnie z wytycznymi biur projektowych, **warunek spełniony**.

Uwaga! Złącze kablowo-pomiarowe zostanie wykonane w drugiej klasie ochronności. Minimalny promień gięcia $12 \cdot \phi = 12 \cdot 55,5 = 666$ mm, czyli w zaokrągleniu R = 70 cm.

Sprawdzenie doboru kabla WLZ (kabel został dobrany w artykule opublikowanym w „elektro.info" numer 10/2024):

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków rezystywności cieplnej gruntu, przy sposobie ułożenia D1 kabla w ziemi, warunki spełni kabel 4×[2×BiT1000FR-150] wykonany w 5. klasie giętkości, przystosowany do układania w ziemi.

$$I_{z1} = \sqrt[3]{2} \cdot I_{z2} = \sqrt[3]{2} \cdot 306 = 385,35\,A$$

$$I_z = 1,18 \cdot 2 \cdot 385,53 \cdot 0,6 \cdot 0,85 \approx 464\,A > 441,38\,A$$

Sprawdzenie dobranego kabla z warunku na spadek napięcia:

$$R_k = \frac{l}{\gamma \cdot S} = \frac{20}{55 \cdot 300} = 0,0012\,\Omega$$

$$X_k = x' \cdot l = 0,08 \cdot 0,02 = 0,0016\,\Omega$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot I_B}{U_n} \cdot \left(R_k \cdot \cos\varphi_Z + X_k \sin\varphi_Z\right) =$$

$$= \frac{\sqrt{3} \cdot 100 \cdot 387,37}{400} \cdot \left(0,0012 \cdot 0,85 + 0,0016 \cdot 0,53\right) = 0,32\% < 1\%$$

$$\Delta U_c = 4,03 + 0,32 = 4,35\% < 5\%$$

Warunek spełniony.

Uwaga!

RGB zostanie wykonana w drugiej klasie ochronności. Minimalny promień gięcia $15 \cdot \phi = 15 \cdot 23 = 345$ mm, czyli w zaokrągleniu R = 35 cm.

Spodziewane prądy zwarciowe, dla zwarć symetrycznych w RGK – wymagania dla doboru odporności zwarciowej aparatów instalowanych w RGK:

Parametry zwarciowe transformatora o mocy 630 kVA, na podstawie tabeli 10.31 zamieszczonej w publikacji J. Wiatr, pt. „Dobór przewodów i kabli niskiego napięcia", Grupa Medium Sp. z o. o. Sp. K., Warszawa 2024:

$$Z_T = 0,0168\,\Omega;\ R_T = 0,0030\,\Omega;\ X_T = 0,0165\,\Omega$$

$$Z_{k3} = \sqrt{(R_T + R_{KZ} + R_{WLZ})^2 + (X_T + X_{KZ} + X_{WLZ})^2} =$$

$$= \sqrt{(0,0030 + 0,0158 + 0,0012)^2 + (0,0165 + 0,020 + 0,0016)^2} = 0,043\,\Omega$$

$$I''_{k3} = \frac{c_{max} \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{k3}} = \frac{1,1 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 0,043} = 5914,78\,A \Rightarrow I''_k = 6\,kA$$

Należy przyjąć aparaty elektryczne o wytrzymałości zwarciowej $I_{CS} \geq 6$ kA oraz bezpieczniki topikowe $I_{cn} > 6$ kA przy $\cos\varphi \leq 0,85$.

$$R_k = R_T + R_{KZ} + R_{WLZ} = 0,0030 + 0,0158 + 0,0012 = 0,020\,\Omega$$

$$X_k = X_T + X_{KZ} + X_{WLZ} = 0,020 + 0,0176 + 0,0016 = 0,0381\,\Omega$$

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \cdot \frac{R_k}{X_k}} = 1,02 + 0,98 \cdot e^{-3 \frac{0,0381}{0,0200}} = 1,22$$

$$10 \cdot T = 10 \cdot \frac{X_k}{\omega \cdot R_k} = \frac{10}{2\pi f} \cdot \frac{0,0381}{0,0200} = 0,061s \ll T_k = 0,1s \Rightarrow I_{th} \approx I''_{k3} = 6\,kA$$

$$I_{cs} = 10\,kA;\quad I_{cn} > 10\,kA$$

$$i_p = \sqrt{2} \cdot \kappa \cdot I''_{k3} = \sqrt{2} \cdot 1,22 \cdot 6 \approx 10,23\,kA \Rightarrow I_{nz} \geq i_p = 10,23\,kA$$

Wymagany przekrój kabla ze względu na prądy zwarciowe:

» dla kabla zasilającego kompleks: **(2×YAKXS 4×240)**:

$$\geq \frac{1}{k}\sqrt{\frac{I^2 t_w}{1}} = \frac{1}{74} \cdot \sqrt{\frac{1600000}{1}} = 17,1mm^2 \Rightarrow 25\,mm^2 \ll 480\,mm^2$$

» dla WLZ: **4×[2(BiT1000FR-150)]**:

$$S \geq \frac{1}{k}\sqrt{\frac{I^2 t_w}{1}} = \frac{1}{115} \cdot \sqrt{\frac{1600000}{1}} = 11mm^2 \Rightarrow 16\,mm^2 \ll 300\,mm^2$$

Uwaga!
Przy spodziewanej wartości początkowego prądu zwarcia $I_k^{"} = 6$ kA, zgodnie z charakterystyką $i_o = F(I_k^{"})$ bezpiecznika topikowego WTN2gG400, nie nastąpi ograniczenie prądu udarowego i_p. Dla doboru wymaganej odporności zwarciowej aparatów instalowanych w RGB należy przyjąć wartość prądu wyznaczoną na podstawie obliczeń $i_p = 10{,}23$ kA. Przy spodziewanej wartości prądu $I_k^{"} = 10{,}23$ kA czas trwania zwarcia, gwarantujący spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia, nie przekroczy 0,1 s. Do wyznaczenia wymaganego przekroju głównej szyny RGB wykonanej z Cu oraz wymaganego krótkotrwałego prądu cieplnego (1-sekundowego) I_{thT1} przekładników prądowych, zostanie przyjęta katalogowa całka Joule'a I^2t_w bezpiecznika WTN2gG400.

Przekładniki prądowe instalowane w RGB: 300/5 A/A; kl. 02; S = 5 VA

$$I_{thT1} \geq \sqrt{\frac{I^2 t_w}{1}} = \sqrt{\frac{1600000}{1}} \approx 1265\ \text{A} \Rightarrow I_{thT1} \cong 1{,}3\ \text{kA}$$

Znamionowy krótkotrwały prąd cieplny (1-sekundowy):

$$I_{thT1} \geq 1{,}3\ \text{kA}$$

Znamionowy prąd dynamiczny:

$$I_{dyn} \geq i_p = 10{,}23\ \text{kA}$$

Wymagania dla aparatów instalowanych w RGB:
Ponieważ w **RGB**: $T_k < 0{,}1$ s:

$$T_k \leq T_n \Rightarrow I_{cw/Tk} = I_{cw/Tn} \geq I_{th} \approx I_k^{"} = 6\ \text{kA}$$

Uwaga!
$I_{cw/Tn}$ – krótkotrwały prąd zwarciowy wytrzymywany w czasie T_n, zwany prądem n-sekundowym, w którym badana jest odporność zwarciowa przez producenta, w [kA],
T_k – spodziewany czas trwania zwarcia, w [s],
I_{th} – prąd zwarciowy zastępczy cieplny, w [kA],
k – jednosekundowa odporność zwarciowa, w [A/mm^2],
I^2t_w – katalogowa całka Joule'a, w [A^2·s],
l – długość obwodu, w [m],
$I_k^{"}$ – początkowy prąd zwarciowy, w [kA],
T – elektromagnetyczna stała obwodu zwarciowego, w [s],
$\cos\varphi_z$ – spodziewany współczynnik mocy narzucony przez zasilane odbiorniki, w [-],
$\cos\varphi_k$ – współczynnik mocy obwodu zwarciowego, zasilania RGB, w [-],
R_{lk} – rezystancja linii kablowej, w [Ω],
X_{lk} – reaktancja linii kablowej, w [Ω].

Dobór przewodów zasilających poszczególne rozdzielnice przyłączonego RGK:
» Rozdzielnica klimatyzacji:

$$I_B = \frac{P_{z2}}{\sqrt{3}\cdot U\cdot\cos\varphi_{z2}} = \frac{100000}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0{,}89} \approx 162{,}37\ \text{A}$$

$$I_B = 162{,}37 \leq I_n = 200\ \text{A} \leq I_z$$

$$I_z \geq \frac{k_2\cdot I_n}{1{,}45} = \frac{1{,}6\cdot 200}{1{,}45} = 220{,}69\ \text{A}$$

Zgodnie z normą PN-HD 60364-5-52:2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie*, po uwzględnieniu krajowych warunków temperatury otoczenia oraz obciążenia czwartej żyły, przy sposobie ułożenia B2, warunki spełni kabel: YKLY 5×150, o dopuszczalnej długotrwałej obciążalności prądowej wynoszącej:

$$I_z = 1{,}06\cdot 0{,}91\cdot 240 = 230{,}5\ \text{A} > 220{,}69\ \text{A}$$

Uwaga! Pozostałe przewody zasilające projektowane rozdzielnice, zasilane z RGK, oraz ich zabezpieczenia zostały określone na rysunkach.

Sprawdzenie ochrony przeciwporażeniowej przez samoczynne wyłączenie dla zasilacza UPS:
» Zasilanie z sieci elektroenergetycznej:

$$Z_{k1} = \sqrt{\left[0{,}0030 + 2\cdot\left(0{,}0158 + 0{,}0012 + \frac{15}{55\cdot 25}\right)\right]^2 + \left[0{,}0165 + 2\cdot(0{,}020 + 0{,}0016)\right]^2} = 0{,}084\ \Omega$$

$$I_{k1} = \frac{0{,}8\cdot U_0}{Z_{k1}} = \frac{0{,}8\cdot 230}{0{,}084} = 2190{,}47\text{A} > I_{a/WTNgG63A/T\leq 0{,}2\,s} = 636{,}3\ \text{A}$$

» Zasilanie z generatora zespołu prądotwórczego:

$$Z_{k1G} = Z_{kG1} = \frac{1}{3}\cdot\frac{U_{nG}^2}{S_{nG}} = \frac{1}{3}\cdot\frac{0{,}4^2}{0{,}2} = 0{,}267\ \Omega$$

$$R = \frac{50}{55\cdot 185} = 0{,}005\ \Omega$$

$$X = 0{,}08\cdot 0{,}05 = 0{,}004$$

$$Z_{k1} = \sqrt{\left[2\cdot(0{,}005 + 0{,}011)\right]^2 + \left[0{,}267 + 2\cdot(0{,}004)\right]^2} \approx 0{,}277\ \Omega$$

$$I_{k1} = \frac{0{,}8\cdot U_0}{Z_{k1}} = \frac{0{,}8\cdot 230}{0{,}277} \approx 664{,}26\ \text{A} > I_{a/WTNgG63A/T\leq 0{,}2\,s} = 636{,}3\ \text{A}$$

Warunek samoczynnego wyłączenia zostanie zachowany przy zasilaniu z SEE oraz ZP.

Sprawdzenie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w układzie zasilania potrzeb własnych zespołu prądotwórczego:

$$R_{kp\,w\,ZP} = \frac{l}{\gamma\cdot S} = \frac{50}{55\cdot 10} = 0{,}091\Omega$$

Uwaga! Dla Cu o przekrojach do 50 mm^2 oraz Al o przekrojach do 70 mm^2 można pominąć reaktancję ze względu na to, że jest czterokrotnie mniejsza od rezystancji.

$$Z_{k1} = \sqrt{\left[0{,}0030 + 2\cdot(0{,}0158 + 0{,}0012 + 0091)\right] + \left[0{,}0165 + 2\cdot(0{,}020 + 0{,}0016)\right]^2} = 0{,}227\ \Omega$$

$$I_{k1} = \frac{0{,}8\cdot U_0}{Z_{k1}} = \frac{0{,}8\cdot 230}{0{,}227} = 810{,}57\ \text{A} > I_{a/WTNgG25A/T\leq 0{,}2\,s} = 200\ \text{A}$$

Warunek samoczynnego wyłączenia jest zachowany.

Dobór kabla do zasilania stacji ładowania samochodów elektrycznych:
» Zasilanie z SEE:

$$P_{z\,SŁ} = 2\cdot 11 = 22\ \text{kW}$$

$$I_B = \frac{P_{z\,SŁ}}{\sqrt{3}\cdot U_n\cdot\eta\cdot\cos\varphi} = \frac{22000}{\sqrt{3}\cdot 400\cdot 0{,}9\cdot 0{,}9} \approx 39{,}25\ \text{A} \Rightarrow \text{WTNgG50}$$

$$I_B = 39{,}25\ \text{A} \leq I_n = 50 \leq I_z$$

$$I_z \geq \frac{k_2\cdot I_n}{1{,}45} = \frac{1{,}6\cdot 50}{1{,}45} \geq 55{,}18\ \text{A}$$

Sprawdzanie dobranego kabla z warunku spadku napięcia:

$$\Delta U = \frac{P\cdot l\cdot 100\%}{\gamma\cdot S\cdot U^2} = \frac{22000\cdot 50\cdot 100}{55\cdot 10\cdot 400^2} = 1{,}25\% < 4\%$$

Sprawdzenie samoczynnego wyłączenia:

$$R_{SŁ} = \frac{30}{55\cdot 10} \approx 0{,}055\ \Omega$$

$$R_k = R_T + 2\cdot(R_{KZ} + R_{WLZ} + R_{SŁ}) =$$

$$= 0{,}0030 + 2\cdot(0{,}0158 + 0{,}0012 + 0{,}055) = 0{,}147\ \Omega$$

$$X_k = X_T + 2\cdot(X_{KZ} + X_{WLZ}) = 0{,}0165 + 2\cdot(0{,}020 + 0{,}0016) = 0{,}0597\ \Omega$$

$$Z_{k1} = \sqrt{0{,}147^2 + 0{,}059^2} = 0{,}159\ \Omega$$

$$I_{k1} = \frac{0{,}8\cdot U_0}{Z_{k1}} = \frac{0{,}8\cdot 230}{0{,}159} = 1157{,}23\ \text{A} > I_{a/T\leq 0{,}4\,s} = 435\ \text{A}$$

Warunek zostanie spełniony.
» Zasilanie z ZP:

$$Z_G \approx X_G = \frac{1}{3}\cdot\frac{U_{nG}^2}{S_{nG}} = \frac{1}{3}\cdot\frac{0{,}4^2}{0{,}25} \approx 0{,}214\ \Omega$$

$$R_G = 0{,}3\cdot X_G = 0{,}0642\ \Omega;\quad R_{ZA} = \frac{30}{55\cdot 150} = 0{,}0036\ \Omega$$

$$R_k = R_G + 2\cdot(R_{ZA} + R_{SŁ}) = 0{,}0642 + 2\cdot(0{,}0036 + 0{,}055) = 0{,}1814\ \Omega$$

$$X_k = X_G = 0{,}214\ \Omega$$

$$Z_{k1} = \sqrt{0{,}1814^2 + 0{,}214^2} = 0{,}281\Omega$$

$$I_{k1} = \frac{0{,}8\cdot U_0}{Z_{k1}} = \frac{0{,}8\cdot 230}{0{,}281} = 654{,}8\ \text{A} > I_{a/T\leq 0{,}4\,s} = 435\ \text{A}$$

Warunek zostanie spełniony.

Uwagi końcowe

1. Ochrona przeciwporażeniowa wszystkich rozdzielnic instalowanych w budynku, przy uszkodzeniu – II klasa ochronności.
2. Rozdział PEN na PE oraz N w RGB, zgodnie z **rysunkiem 3.**
3. Rezystancja uziemienia zacisku PEN w RGB: $R_A \leq 30\,\Omega$.
4. Rezystancja uziemienia punktu neutralnego generatora zespołu prądotwórczego $R_B \leq 5\ \Omega$.
5. Po uruchomieniu instalacji budynku należy wykonać pomiary na potrzeby przyjęcia układu kompensacji mocy biernej, który pozwoli na utrzymanie wartości współczynnika mocy określonej w warunkach technicznych zasilania, wydanych przez OSD.
6. Przed wykonaniem instalacji zespołu prądotwórczego należy uzgodnić instrukcję współpracy zespołu prądotwórczego z siecią elektroenergetyczną, wraz z układem współpracy zespołu z siecią elektroenergetyczną i Operatorem Sieci Dystrybucyjnej (przykładowa instrukcja współpracy ZP z SEE została opublikowana w numerze 11/2024 „elektro.info").
7. Montaż oraz uruchomienie stacji ładowania samochodów elektrycznych realizuje serwis dostawcy.
8. Po wykonaniu projektowanych elementów należy przeprowadzić badania odbiorcze, zgodnie z wymaganiami normy PN-HD 60364-6:2016-07 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 6: Sprawdzanie.*
9. Po uruchomieniu stacji ładowania samochodów elektrycznych, przed oddaniem do eksploatacji, należy zgłosić stację do odbioru w Urzędzie Dozoru Technicznego.

REKLAMA



NOWOŚĆ!

Julian Wiatr

Metodyka zasilania urządzeń przeciwpożarowych w energię elektryczną oraz dopuszczanie wyrobów budowlanych w ochronie przeciwpożarowej

Zasilanie urządzeń elektrycznych w czasie pożaru to zagadnienie, które w równej mierze dotyczy zarówno strażaków, jak i elektryków. Często w praktyce pojawiają się problemy z interpretacją niektórych przepisów zawartych w normach i rozporządzeniach. Najnowsza publikacja opisuje wybrane zagadnienia, które wymagają szerszego wyjaśnienia i mogą być przydatne strażakom i elektrykom w ich praktyce projektowej.

Materiały uzupełniające obejmują dodatki i załączniki dotyczące: ochrony przeciwporażeniowej w sieci o układzie zasilania IT, badania stanu technicznego instalacji elektrycznych niskiego napięcia, ochrony sprzętu i urządzeń elektrycznych przez obudowy, kodowania barwami elementów manipulacyjnych czy zabezpieczenia instalacji elektrycznych niskiego napięcia od skutków zwarć łukowych.

To kompendium wiedzy dla strażaków i elektryków, które pozwoli zoptymalizować wybrane elementy procesu projektowania instalacji elektrycznych, które muszą pracować w czasie pożaru. Cennym uzupełnieniem książki są liczne przykłady rachunkowe oraz rysunki ilustrujące opisywane zagadnienia.

Publikacja pod patronatem miesięcznika elektro info

zamówienia:
www.ksiegarniatechniczna.com.pl

FINDER POLSKA Sp. z o.o.
62-080 Sady, ul. Logistyczna 27
tel. 61 865 94 07, faks 61 865 94 26
finder.pl@findernet.com
www.findernet.com/pl/poland

GEWISS Polska Sp. z o.o.
00-867 Warszawa, ul. Chłodna 51
tel. 22 299 44 42
gewiss-pl@gewiss.com
www.gewiss.com

INCOBEX Sp. z o.o.
Michała Grażyńskiego 71
43-300 Bielsko-Biała
tel.: (33) 822-70-63, 82-82-400
office@incobex.pl
www.incobex.pl

MERSEN Polska Sp. z o.o.
ul. Walerego Sławka 3A,
30-633 Kraków
Biuro.POLSKA@mersen.com

Nowimex s.c.
02-969 Warszawa, ul. Kremowa 65A
tel. 22 816 85 79
faks 22 816 85 34
info@nowimex.com.pl
www.nowimex.com.pl

Zakład Elektroniczny „POLLIN”, Wojciech Polak
02-793 Warszawa, ul. J. Żabińskiego 4
tel. 22 649 94 90, 22 648 55 58
tel. kom. 502 208 115
sprzedaz@pollin.pl
www.pollin.pl

Producent Rozdzielnic Elektrycznych Edward Biel
Piekary 363
32-060 Liszki k. Krakowa
tel./faks 12 429 73 43
biuro@prebiel.pl
www.prebiel.pl

SIBA Polska Sp. z o.o.
ul. Warszawska 300 D
05-082 Stare Babice
tel. 22 832 14 77
siba@siba-bezpieczniki.pl
www.siba-bezpieczniki.pl

SONEL S.A.
58-100 Świdnica
ul. Wokulskiego 11
tel. 74 884 10 53
bok@sonel.pl
www.sonel.pl

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

ZNAKDIRECT Sp. z o.o.
ul. Grzybowska 80/82
00-844 Warszawa
www.znakdirect.pl

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