



# Poradnik

## KABLE I PRZEWODY



**Ochrona  
przewodów  
od skutków zwarć  
w instalacjach  
elektrycznych  
niskiego napięcia**

**Metody ochrony  
kabli przed  
pożarem**

**Elektroenergetyczne  
i sygnalizacyjne linie  
kablowe.  
Projektowanie  
i budowa**

Partnerzy publikacji



NOWIMEX®



Redakcja



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

**Reklama:** Karolina Rosa, krosa@medium.media.pl

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



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

Spis treści

|                                                                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Metody ochrony kabli przed pożarem . . . . .                                                                                                                     | 4  |
| Wymagania dla kabli i przewodów wynikające z Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. (CPR) . . . . . | 6  |
| Przewody szynowe alternatywą dla kabli w budynkach . . . . .                                                                                                     | 12 |
| Ochrona przeciwpożarowa kabli . . . . .                                                                                                                          | 14 |
| Ochrona przewodów od skutków zwarć w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia . . . . .                                                                      | 18 |
| Deklaracje środowiskowe EPD (Environmental Product Declarations) . . . . .                                                                                       | 22 |
| Ochrona przeciwpożarowa kabli i przewodów – rozwiązania techniczno-budowlane . . . . .                                                                           | 24 |
| Bezpieczne prace ziemne: jak unikać uszkodzeń infrastruktury podziemnej? . . . . .                                                                               | 32 |
| Trasy kablowe w obiektach budowlanych – wymagania . . . . .                                                                                                      | 38 |
| Układanie kabli i przewodów, czyli jak prowadzić i oznaczać trasy kablowe? . . . . .                                                                             | 42 |
| Oznaczanie kabli i przewodów – zagadnienia wybrane . . . . .                                                                                                     | 46 |
| Szybciej, bezpieczniej, lepiej: profesjonalne i efektywne zarządzanie kablami . . . . .                                                                          | 48 |
| Instalacje PV a prowadzenie tras kablowych . . . . .                                                                                                             | 50 |
| Wybrane zagadnienia dotyczące prowadzenia tras kablowych w strefach pożarowych . . . . .                                                                         | 54 |
| Osprzęt kablowy – podstawowe wiadomości o mufach kablowych . . . . .                                                                                             | 56 |
| Możliwość zastosowania złączek szynowych (listwowych) do łączenia kabli i przewodów w rozdzielnicach nn . . . . .                                                | 58 |
| Taśmy TZe synonimem trwałości . . . . .                                                                                                                          | 60 |
| Sposoby oznaczania kabli i przewodów . . . . .                                                                                                                   | 62 |
| Drukarki etykiet . . . . .                                                                                                                                       | 64 |
| Trasy i korytka kablowe ze stali nierdzewnej . . . . .                                                                                                           | 66 |
| Mufy kablowe. Kluczowy element niezawodnych połączeń w instalacjach elektroenergetycznych . . . . .                                                              | 68 |
| Wymagania a możliwości osprzętu kablowego SN w perspektywie wzmożonego rozwoju sieci kablowych . . . . .                                                         | 70 |
| Cel i zakres badań kabli elektrycznych pod względem ich reakcji na ogień . . . . .                                                                               | 72 |
| Poprawność doboru przewodów instalowanych wewnątrz rozdzielnic jako warunek minimalizacji zagrożeń pożarowych . . . . .                                          | 76 |
| Uproszczony projekt rozbudowy elektroenergetycznej linii napowietrzno-kablowej . . . . .                                                                         | 84 |
| Katalog firm . . . . .                                                                                                                                           | 92 |



# Prosto i wygodnie z przewodem CENTER

Wybierz przewód NKT instal PLUS CENTER ODYp 3x2,5 450/750 V do montażu w gniazdkach elektrycznych, idealnie dopasowany do układu zacisków w gniazdku.

Kolejność żył w przewodzie jest zgodna z układem zacisków w gniazdku, dzięki temu instalacja przebiega szybko i bez konieczności przeplatania żył w puszcze. Przewód NKT instal PLUS CENTER to łatwość, szybkość i wygoda dla każdego instalatora.



nkt.com.pl

NKT S.A.  
ul. Gajowa 3, 43-254 Warszowice  
info.pl@nkt.com, T: +48 32 757 1700



# Metody ochrony kabli przed pożarem

Z pierwszymi większymi pożarami kabli zetknęliśmy się z chwilą wprowadzenia do produkcji kabli z tworzyw sztucznych. Przedtem kable produkowane były w izolacji papierowej i miały powłokę metalową. Duża ilość metalu w konstrukcji kabla utrudniała jego zapalenie. Pierwszy duży pożar kabli w Polsce powstał w grudniu 1970 r. w jednej z elektrowni. Wcześniej z problemem tym zetknęli się Węgrzy i w tym czasie mieli już pewne doświadczenia. Energopomiar zajął się wyjaśnieniem przyczyny powstania tego pożaru.

Kable, które uległy spaleni, miały izolację polwinitową. W owym czasie uważano, że kable o izolacji polwinitowej nie palą się. Nie było wówczas odpowiedniej normy na badanie podatności na palenie się kabli o izolacji z tworzyw sztucznych. Badania zostały wykonane według wymagań zawartych w normie przedmiotowej dla niepalnych przewodów górniczych w izolacji gumowej (OnG). Było dla nas zaskoczeniem, gdy okazało się, że kable w izolacji polwinitowej i powłoce polwinitowej zachowują się w czasie próby lepiej od przewodów niepalnych górniczych. Po odjęciu płomienia z kabli polwinitowych płomień natychmiast gasł, natomiast przewód niepalny górniczy podtrzymywał płomień przez kilkanaście sekund. Próba wykonana była na pojedynczym kablu i przewodzie. W konkretnym przypadku (we wspomnianej elektrowni) kable tego rodzaju zapaliły się i spaliły. Spaleniu uległy żyły aluminiowe, stopiły się pancerze stalowe. Postanowiliśmy zweryfikować wymagania zawarte w normie na niepalne przewody górnicze. Odtworzyliśmy rzeczywisty układ ułożenia kabli, jaki miał miejsce we wspomnianej elektrowni. Pod półką z kablami umieściliśmy wannę z ropą, którą zapaliliśmy. Gdy pierwsze kable na dolnej półce zapaliły się, usunęliśmy wannę z płonąącą ropą spod kabli. Płomień na kablach nie

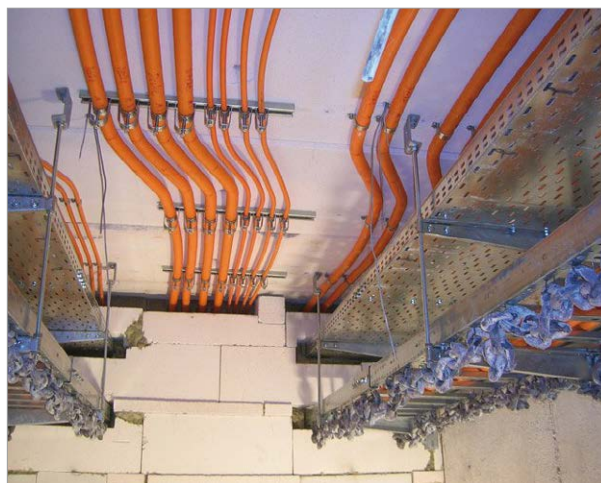
zgasł, a od kabli z dolnej półki zapaliły się kable na pozostałych półkach. Wszystkie kable spaliły się, mimo że próba przeprowadzona była na wolnym powietrzu i było dobre odprowadzenie ciepła od palących się kabli.

Doszliśmy do wniosku, że palące się kable będą podtrzymywały płomień, jeżeli ich temperatura będzie wyższa od temperatury zapalenia się polwinitu. W przypadku pojedynczego kabla odprowadzenie ciepła jest zbyt duże w stosunku do wytworzonego ciepła w procesie palenia się próbki. Ilość odprowadzonego ciepła zależy od powierzchni zewnętrznej próbki, a więc od średnicy próbki, zaś ilość ciepła wytworzonego – od masy spalanej próbki. Średnica badanej próbki kabli nie rośnie proporcjonalnie do masy próbki, dlatego kable w wiązce będą się paliły i podtrzymywały płomień. Na podstawie tych wyników opracowaliśmy metodę na sprawdzenie podatności kabli lub przewodów na rozprzestrzenianie się płomienia. Metoda została później wprowadzona do polskiej normy (PN).

Stwierdzona przez nas już w 1971 r. i następnie omawiana w publikacjach podatność na rozprzestrzenianie się płomienia kabli polwinitowych ułożonych w wiązce została również omówiona w 1982 r. podczas Ogólnosiwiatowej Konferencji Kablowej w Paryżu, gdzie, według wypowiedzi uczestników tej konferencji, okazała się dla wielu nowością i zaskoczeniem.

## Przyczyny powstawania pożaru kabli

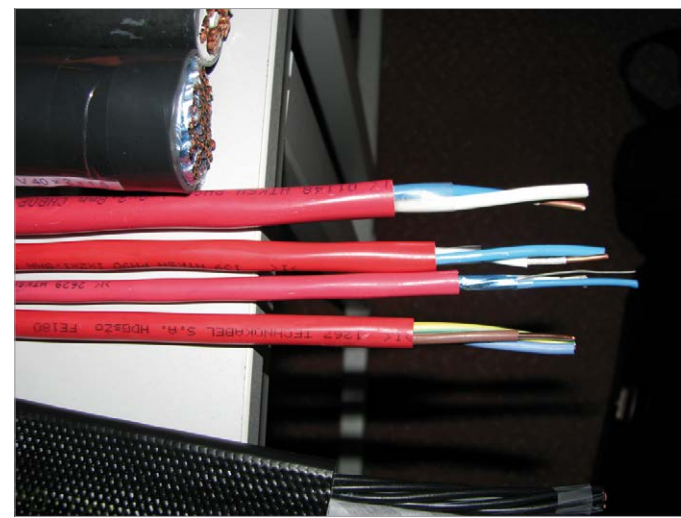
Najczęstszą przyczyną zapalenia się kabli jest zaproszenie ognia. Najbardziej podatne na



Zespół kabli ognioodpornych przygotowany do przeprowadzenia badań  
fot. BAKS

zapalenie się są kable sygnalizacyjne. Kable te mają małą masę niepalną, natomiast zawierają dużo materiału palnego. Wystarczy, że na ich powierzchni znajdzie się kłębek pakul z wytarcia rąk montera i kawałek rozżarzonego metalu ze spawanego elementu, a powstanie źródło ognia, od którego zapalą się kable (przykład wzięty z jednej z elektrowni).

Mało prawdopodobne jest, by kable o izolacji papierowej lub polwinitowej zapaliły się od przepływu prądu zwarcia wyłączonego w krótkim czasie. Takie badania zwarciowe z czasem wyłączenia podstawowego i rezerwowego wykonaliśmy w latach 70. na kablach tego typu przy dopuszczalnej gęstości prądu zwarcia i przy podwójnej gęstości prądu zwarcia. W kablu o izolacji polwinitowej nie nastąpiło zapalenie się kabla, natomiast w kablu o izolacji papierowej przy podwójnej gęstości prądu i czasie wyłączenia rezerwowego przez kilkanaście sekund paliła się małym płomieniem izolacja papierowa. Problem natomiast występuje w przypadku stosowania kabli o izolacji polietylenowej. W wielu przypadkach stwierdzono, że kable te uległy zapaleniu w wyni-



Przykładowe konstrukcje ognioodpornych przewodów elektroenergetycznych  
fot. K. Kuczyński

ku przepływu prądu ziemnozwarciowego, w dwóch przypadkach o wartości 25 A. W obu z nich spaliło się około 130 kabli. W tym samym zakładzie przy dopalaniu kabla 20 kV prądem o wartości 0,8 A i napięciu 4 kV nastąpiło zapalenie się kabla i w efekcie spaliło się prawie 80 kabli.

Inaczej należy podejść do zagadnienia zwarć niewyłazonych. Nawet nieduży prąd płynący przez uszkodzoną izolację w instalacji niskiego napięcia może zainicjować zapalenie się kabla lub przewodu i być przyczyną pożaru. Takie przypadki miały miejsce w elektrowniach.

## I Srodki zaradcze

Po pożarze pojazdu kosmicznego na platformie startowej w USA, w którym zginęło trzech kosmonautów (lata 60.), a przyczyną którego było zapalenie się kabli, opracowano w Ameryce środek o nazwie Flammastik do pokrywania kabli i przewodów w celu ich ochrony przed ogniem.

Środek ten był badany w naszym laboratorium kablowym (lata 70.), stwierdziliśmy jednak, że jest mało przydatny do ochrony kabli przed rozprzestrzenianiem się płomienia. W pojeździe kosmicznym środek ten spełniał swoje zadanie, ponieważ nałożony na przewody lub kable chronił je od ognia zewnętrznego, utrudniając ich zapalenie. W przypadku palenia się kabli wytworzone ciepło powoduje rozkład termiczny tworzywa izolacji, powłoki i elementów wypełniających, a powstałe gazy powodują rozerwanie nałożonej warstwy ochronnej, podtrzymując ogień i powodując dalsze jego rozprzestrzenianie.

W międzyczasie powstało wiele środków ogniochronnych do powlekania kabli, z których

większość badaliśmy w naszym laboratorium. Wszystkie mają podobną wadę, w czasie pożaru nałożone warstwy ulegają rozerwaniu, co umożliwia dalsze rozprzestrzenianie się płomienia.

Uzasadnione jest stosowanie tych środków do pokrywania kabli sygnalizacyjnych w miejscach, gdzie możliwe jest zaproszenie ognia. Natomiast pokrywanie kabli elektroenergetycznych ułożonych pojedynczo w pomieszczeniach kablowych lub na wolnym powietrzu jest bezcelowe, gdyż aby je zapalić, trzeba byłoby użyć palnika gazowego.

Zarówno normy krajowe, jak i norma międzynarodowa IEC rozróżniają cztery kategorie badań: A, B, C, D, które różnią się ilością masy palnej w próbce badanych kabli. W normach tych jest to duże przeoczenie, gdyż nie uwzględniają one ilości materiałów niepalnych (metal) w badanych próbkach kabli. Inaczej będą zachowywały się kable o małych przekrojach żył roboczych, a inaczej o przekrojach bardzo dużych.

Prawie niezawodnym sposobem uniemożliwiającym rozprzestrzenianie się płomienia na kablach jest stosowanie kabli samogasnących, na których płomień nie przemieszcza się poza źródło ognia. Taki rodzaj kabli opracowaliśmy wspólnie z ERG w Krywałdzie, który przeszedł wszystkie badania z wynikiem pozytywnym.

## Na czym polega mechanizm samogaśnięcia?

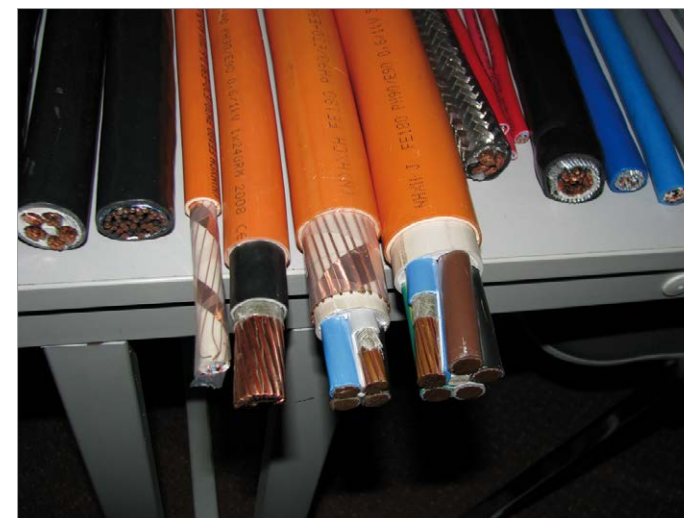
Do mieszanki polwinitu oponowego dodaliśmy pewien procent trójtlenku antymonu. W procesie palenia się kabla trójtlenek antymonu łączy się z chlorem wydzielanym z izolacji i powłoki tworząc trójtlenek antymonu. Otulina tego gazu wokół palących się kabli uniemożliwia dostęp tlenu do ognia i płomień

gaśnie. Szereg badań wykonanych różnymi metodami potwierdził skuteczność tego sposobu ochrony kabli przed rozprzestrzenianiem się płomienia. Nowy rodzaj kabla nie miał gorszych właściwości elektrycznych i mechanicznych od kabla, którego izolacja i powłoka wykonane są ze zwykłego polwinitu. Trójtlenek antymonu dodany był tylko do polwinitu oponowego, którego właściwości nie były gorsze od polwinitu typu SOS.

Koszty produkcji tego kabla były wyższe tylko o 5% od ceny podstawowej kabla wykonanego ze zwykłego polwinitu.

## Wpływ pokrycia kabli farbą ogniochronną na ich obciążalność

Pozornie wydawałoby się, że nałożenie na powłokę zewnętrzną kabli warstwy o dużej oporności cieplnej spowoduje zmniejszenie ich obciążalności. Wykonane badania na kablach typu YAKY 4x10 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV wykazały w badaniach porównawczych (kable pokryte środkiem ogniochronnym i kable niepokryte), że kable pokryte środkiem ogniochronnym można obciążyć kilka procent więcej od kabli niepokrytych, by uzyskać tę samą temperaturę żyły roboczej. Środki ogniochronne są koloru białego. Gdy w dalszej części próby kable pokryte posypaliśmy miazgą węglową, uzyskaliśmy jeszcze większą obciążalność. Pozorną nieprawidłowość można wytłumaczyć tym, że zewnętrzna powłoka polwinitowa kabla jest gładka, a nawet szklista, i mimo koloru czarnego odprowadza gorzej ciepło od warstwy środka ogniochronnego nałożonego na kabel. Środek ten ma powierzchnię chropowatą. Nałożenie warstwy miazgi węglowej potwierdziło wpływ koloru na odprowadzanie ciepła.



Przykłady konstrukcji ognioodpornych kabli elektromagnetycznych  
fot. K. Kuczyński



Zespół kablów po badaniu odporności ogniowej  
fot. BAKS

# Wymagania dla kabli i przewodów wynikające z Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. (CPR)

## Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Unii Europejskiej nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. nazywane Construction Products Regulation, w skrócie CPR, wymusza na wszystkich producentach kabli, oferujących swoje wyroby na rynku Unii Europejskiej, badanie wyrobów pod względem reakcji na ogień. Jego celem jest podniesienie bezpieczeństwa budynków przez stosowanie przebadanych i sklasyfikowanych przewodów oraz kabli elektrycznych stosowanych do budowy instalacji elektrycznych.

Norma PN-EN 13501-1+A1:2010 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień [6], określa zasady kwalifikacji wyrobów budowlanych i elementów budynków ze względu na ich reakcję na ogień. Wprowadzenie takiego podziału umożliwia ocenę wpływu poszczególnych materiałów na szybkość rozwoju pożaru oraz szybkość i szkodliwość wydzielanych toksyn, będących produktami rozkładu termicznego spalanych materiałów.

Klasyfikację materiałów budowlanych z punktu widzenia odporności na ogień zgodnie z normą [6], przedstawia **tabela 1**.

## Charakterystyka wybranych materiałów izolacyjnych stosowanych do budowy przewodów i kabli elektrycznych

Dla potrzeb oceny przewodów i kabli elektrycznych pod względem rozprzestrzeniania płomienia oraz emisji spalin, którą charakteryzuje przezroczystość, toksyczność i korozyjność, prowadzi się badania i ocenia poszczególne wskaźniki. Do najważniejszych należą:

1. **palność materiału** określana za pomocą wskaźnika tlenowego **LIO** (ang. Limiting Oxygen Index). Wskaźnik ten stanowi wyrażone w procentach najmniejsze stężenie tlenu w mieszaninie z azotem wprowadzonej w temperaturze  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , do aparatu służącego wyznaczaniu LIO, przy którym palenie się materiału w określonych warunkach badania jest zaledwie podtrzymywane. W zależności od wartości wskaźnika LIO charakteryzuje się materiał izolacji jako:
  - » LIO < 23 – materiał łatwo zapalny, rozprzestrzeniający płomień,
  - » LIO 24-28 – materiał trudno zapalny w małym stopniu rozprzestrzeniający płomień,
  - » LIO 29-35 – materiał organicznie niezapalny, samogasnący nierozprzestrzeniający płomień,
  - » LIO > 36 – materiał niezapalny, co jest równoznaczne z nierozprzestrzenianiem płomienia. Przykładowe wartości wskaźnika **LIO** oraz temperatury topnienia wybranych materiałów przedstawia **tabela 2**.

2. **dymotwórczość** – określa ilość dymów powstających przy spalaniu przewodów lub kabli. Dym jest to rozproszony aerozol unoszący się w powietrzu składający się z fazy rozpraszającej (ośrodek gazowy) oraz fazy rozproszonej zawierającej drobiny w stanie ciekłym oraz drobiny w stanie stałym, które mogą być obłepione substancją smolistą. Skład chemiczny dymu zależy od spalnego materiału. Ogólnie można powiedzieć, że dym stanowi niespalone cząstki materiału, które przy silnym napływie powietrza do objętego pożarem pomieszczenia mogą ulegać detonacyjnemu spalaniu zwanemu rozgorzeniem. Określa się całkowitą ilość wydzielanego dymu z próbki objętej badaniem oraz intensywność jego wydzielania w czasie 1 minuty,

3. **gęstość optyczna dymu** – parametr badany w celu oceny możliwości orientowania się

ludzi podczas ewakuacji w płonącym budynku. Wyznacza się go zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 61034 Pomiar wielkości dymów wydzielanych przez palące się przewody lub kable w określonych warunkach [6].

Badanie polega na przepuszczaniu wiązki światła o wyjściowej światłości kierunkowej  $I_0$  przez dym znajdujący się w komorze badawczej na odcinku  $d = 1250$  mm. O ekstynkcji decyduje współczynnik tłumienia  $\alpha$ , zależny od gęstości optycznej dymu. Na bazie uzyskanych danych oblicza się wskaźnik z wykorzystaniem poniższego wzoru i porównuje z wartościami określonymi w normie:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha d}$$

Za wynik pozytywny uznaje się:

- » przy spalaniu pojedynczego przewodu:  $I > 0,7 \cdot I_0$ ,
- » przy spalaniu wiązki przewodów lub kabli:  $I > 0,5 \cdot I_0$ .

4. **toksyczność** – obrazuje stopień zagrożenia ludzi uwięzionych w płonącym budynku oraz ratowników. Gazy pożarowe powstające wskutek termicznego rozkładu materiałów palnych zawierają szereg trujących substancji, wśród których szczególnie niebezpieczny jest tlenek węgla CO oraz dwutlenek azotu  $\text{NO}_2$ . Płonący polichlorek wydzielają chlor Cl i chlorowodór HCl. Szczególnie niebezpieczne są poliuretany, które podczas spalania wydzielają cyjanowodór HCN, potocznie nazywany kwasem pruskim, którego śmiertelna dawka wynosi 1 mg/1 kg masy ciała człowieka. Dym może wytwarzać substancje narkotyczne oraz podrażniające. Rozgrzane cząstki dymu wdychane przez człowieka oprócz zatrucia prowadzą do poparzeń narządów wewnętrznych.

5. **korozyjność spalin** – miara zagrożenia wrażliwego wyposażenia obiektu wtórnymi następstwami pożaru. Zagrożenie korozyj-

ne jest nieduże, jeżeli roztwór wodny, w próbie wykonanej zgodnie z wymaganiami normy IEC 60754-2:2014-11 Badanie gazów wydzielających się podczas spalania materiałów pobranych z kabli i przewodów. Część 2: Oznaczanie kwasowości (przez podanie pH) i konduktywności [5], ma pH większy niż 4,3 oraz konduktywność elektryczną mniejszą niż  $10 \mu\text{S}/\text{mm}$ .

## Charakterystyka wybranych materiałów izolacyjnych stosowanych do budowy przewodów i kabli elektrycznych

**Polichlorek winylu** bez specjalnych dodatków jest materiałem palnym, łatwo zapalnym, rozprzestrzeniającym płomień. Po wprowadzeniu zmiekkaczy w ilości (20–45)% jest stosowany jako **polwinil** na izolację powłok i przewodów. Około 60% masy stanowi chlor, który jest gazem silnie trującym. Rozgrzany wydzielają chlor (Cl) oraz chlorowodór (HCl), który w połączeniu z wodą tworzy kwas solny. W temperaturze  $(200\text{--}300)^\circ\text{C}$  zachodzi piroliza, czyli rozpad termiczny cząstek związku chemicznego o większej masie na cząstki o mniejszej masie. W czasie pożaru spalające się zmiekkacze wydzielają czarny, nieprzejrzysty dym oraz toksyczne gazy. Masa wytwarzanego kwasu solnego sięga 20% masy spalnego polwinilu. Masa spalnego 1 kg polwinilu całkowicie zadymia pomieszczenie o kubaturze  $500 \text{ m}^3$ . W czasie pożaru chlorowodór ze związkami wapnia tworzy sole dyfundujące w głąb betonu, atakujące zbrojenie. Powstające opary chlorowodoru powodują korozyję wszystkich metalowych elementów wyposażenia budynku. W celu zmniejszenia propagacji płomienia stosuje się polwinil trudno zapalny z ograniczonym rozprzestrzenianiem płomienia (oznaczenie: **FR** – Flame Retardant). Ten rodzaj polwinilu zawiera dodatki zwane powszechnie uniepalniaczami, które w temperaturze  $(200\text{--}300)^\circ\text{C}$  uwalniają parę wodną odbierającą ciepło w endotermicznej reakcji dehydratacji.

**Politetrafluoroetylen** (PTFE, teflon) – zawiera fluor oraz inhibitory palności na bazie bromu. Właściwości tego materiału są podobne do polichloru winylu.

**Guma etylenowo-propylenowa** **EPR** – odporna na przeginięcie i przemieszczanie. Jest przydatna w instalacjach górniczych oraz tymczasowych.

**Tworzywa bezhalogenkowe** – wykonywane są na bazie czystych węglowodorów. Podczas pożaru nie wydzielają halogenów oraz siarki i nie tworzą kwasów (HCl lub HBr). Ich roz-

| Oznaczenie wg RMI [2] |                      | Klasyfikacja wg PN-EN 13501-1+A1:2010 |                             |                        |
|-----------------------|----------------------|---------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| Określenia podstawowe | Określenia dodatkowe | Podstawowa                            | Dymienie                    | Płonące krople/cząstki |
| Niepalne              | —                    | A1                                    | —                           | —                      |
|                       |                      | A2                                    | s1, s2, s3                  | d0                     |
| Niezapalne            | —                    | A2                                    | s1, s2, s3                  | d1, d2                 |
|                       |                      | B                                     | s1, s2, s3                  | d0, d1, d2             |
| Trudo zapalne         | —                    | C                                     | s1, s2, s3                  | d0, d1, d2             |
|                       |                      | D                                     | s1                          | d0, d1, d2             |
| Łatwo zapalne         | —                    | D                                     | s2, s3                      | d0, d1, d2             |
|                       |                      | E                                     | —                           | —                      |
|                       |                      | E                                     | —                           | d2                     |
| —                     | Niekapiące           | A1                                    | —                           | —                      |
|                       |                      | A2; B; C; D                           | s1, s2, s3                  | d0                     |
| —                     | Samogasnące          | Co najmniej E                         | —                           | —                      |
| —                     | Intensywnie dymiące  | A2; B; C; D                           | s3                          | d0, d1, d2             |
|                       |                      | E                                     | —                           | —                      |
|                       |                      | E                                     | —                           | d2                     |
|                       |                      | F                                     | Właściwości nieokreślone**) |                        |

<sup>\*)</sup> Klasyfikacja nie dotyczy materiałów podłogowych

<sup>\*\*)</sup> Wyroby klasy F uważa się za łatwo zapalne, intensywnie dymiące i kapiące. Jeżeli nie podano klasy wyrobu, należy przyjąć klasę F. A1 – niepalne wyroby i elementy budynku; s1 – mała emisja dymu; s2 – średnia emisja dymu; s3 – duża emisja dymu; d0 – brak płonących kropli lub cząstek stałych; d1 – niewiele płonących kropli lub cząstek; d2 – wiele płonących kropli lub cząstek stałych.

Tab. 1. Klasyfikacja materiałów budowlanych z punktu widzenia odporności na ogień<sup>\*)</sup>

| Materiał                                | Wskaźnik tlenowy LIO, w [%] | Temperatura topnienia, w [°C] |
|-----------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Polietylen (PE)                         | 18                          | 105–130                       |
| Polietylen usieciowany (XLPE)           | 19                          | –                             |
| Guma etylenowo-poliprenowa (EPR)        | ≤22                         | 210                           |
| Polwinil (zmiekkony polichlorek winylu) | 24–35                       | > 140                         |
| Guma silikonowa                         | 25–35                       | –                             |

Tab. 2. Wskaźnik LIO oraz temperatura topnienia wybranych materiałów stosowanych do budowy kabli i przewodów

kładowi termicznemu towarzyszy wydzielanie pary wodnej oraz dwutlenku węgla. Ilość chloru wydzielanego w czasie spalania nie przekracza 0,2% a fluoru 0,1%. Wydzielanie toksycznych gazów, jak np. CO, jest minimalne (do halogenków zaliczamy grupę minerałów obejmujących chlorki, fluorki, bromki i jodki, a więc sole kwasów fluorowodorowego, chlorowodorowego (solnego), bromowodorowego i jodowodorowego).

**Guma silikonowa** – w temperaturze przekraczającej  $600^\circ\text{C}$  ulega ceramizacji, zachowując właściwości izolacyjne.

**Polietylenowinyloacetat** **EVM** – materiał niezapalny, nierozprzestrzeniający płomienia, zawiera dodatki uwodnionego tlenku glinu lub magnezu, wskaźnik tlenowy **LIO** = 38.

**Polieteroeteroketon** **PEEK** – materiał organicznie niezapalny, samogasnący nierozprzestrzeniający płomienia. Jest to tworzywo termoplastyczne o wskaźniku tlenowym **LIO** = 35.

## Wymagania stawiane przewodom i kablom elektrycznym

Szczegóły dotyczące badań wyrobów oraz zasad klasyfikacji są określone w dwóch normach PN-EN 13501-6:2014 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 6: Klasyfikacja na podstawie wyników badań reakcji na ogień kabli elektrycznych [4] oraz PN-EN 50575:2015 Kable i przewody elektroenergetyczne, sterownicze i telekomunikacyjne. Kable i przewody do zastosowań ogólnych w obiektach budowlanych o określonej klasie odporności pożarowej [2]. Normy te odnoszą się do konkretnych metod badawczych określających reakcję na ogień wyrobów oraz przywołują zasady klasyfikacji wyrobów. Określenie klasy reakcji na ogień opiera się przede wszystkim na badaniu zgodnie z normą EN 50399 [8] oraz PN-EN 60332-1-2:2010 Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych. Część 1-2: Sprawdzanie od-





porności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia. Metoda badania płomieniem mieszan-kowym 1 kW [9]. Badania pozwalają na sklasyfikowanie wyrobów w jednej z poniższych klas:

**A<sub>car</sub> B1<sub>car</sub> B2<sub>car</sub> C<sub>car</sub> D<sub>car</sub> E<sub>car</sub> F<sub>ca</sub>.**

Współcześnie stosowane materiały pozwalają na produkcję kabli, których reakcja na ogień mieści się w klasach od F<sub>ca</sub> (najniższa) do B2<sub>ca</sub> (najlepsza).

Dlatego też w najbliższym czasie będą dostępne na rynku kable i przewody sklasyfikowane w jednej z poniższych klas:

**B2<sub>car</sub> C<sub>car</sub> D<sub>car</sub> E<sub>car</sub> F<sub>ca</sub>.**

Dodatkowo normy PN-EN 13501-6 i PN-EN 50575 [2] wprowadzają możliwość klasyfikacji dodatkowej pozwalającej szczegółowo opisać reakcję wyrobów na ogień. Klasyfikacja dodatkowa opisuje gęstość dymu emitowanego przez kable i przewody podczas pożaru, kwasowość produktów spalania oraz możliwość spadania gorących kropli z palącego się materiału.

Kryteria klasyfikacji oparte zostały na wynikach badań wg norm PN-EN 50399 [8], PN-EN 50754 [9] oraz PN-EN 61034 [7]:

**Wydzielanie dymu według PN-EN 50399 [8]:**

s1 = TSP<sub>1200s</sub> < 50 m<sup>2</sup> i max SPR < 0,25m<sup>2</sup>/s

s1a=s1 i transmisji według PN-EN 61034-2>80%

s1b=s1 i transmisji według PN-EN 61034-2 ≥ 60% <80%

s2 = TSP<sub>1200s</sub> < 400 m<sup>2</sup> i max SPR < 0,15 m<sup>2</sup>/s

s3 = nie s1 lub s2

**Kwasowość według PN-EN 60754 [5]:**

a1 – konduktywność < 2,5 μS/mm i pH > 4,3

a2 – konduktywność < 10 μS/mm i pH > 4,3

a3 – nie a1 lub a2.

**Płonące krople i odpady według PN-EN 50399 [8]:**

d0 – brak płonących kropli i odpadów w ciągu 1200 s

d1 – brak płonących kropli i odpadów płonących dłużej niż 10 s w ciągu 1200 s,

d2 – nie d0 lub d1.

W ten sposób otrzymujemy pełną klasyfikację reakcji na ogień kabla lub przewodu, która może wyglądać przykładowo w następujący sposób:

**B2<sub>ca</sub>, s1a, d0, a1.**

Powyższy przykład pokazuje najwyższą możliwą w tej chwili klasyfikację dla kabli i przewodów zbudowanych w oparciu o materiały izolacyjne termoplastyczne. Dodatkowo, norma PN-EN 50575-2015 Kable i przewody elektroenergetyczne, sterownicze i telekomunikacyjne. Kable i przewody do zastosowań ogólnych w obiektach budowlanych o określonej klasie odporności pożarowej [2] opisuje szczegółowo, jakie jednostki badawcze mają brać udział w badaniach wyrobów, w jaki sposób producent klasyfikuje wyrób i jakie dokumenty potwierdzające klasyfikację mają zostać dostarczone przez producenta przy wprowadzaniu wyrobu na rynek Unii Europejskiej.

Wyroby sklasyfikowane w najwyższych klasach muszą zostać przebadane przez Jednostkę Notyfikowaną z zastosowaniem systemu oceny 1+. Wiąże się to ze stałym nadzorem produkcyjnym w zakładzie produkcyjnym. System oceny 1+ ma zastosowanie przy wyrobach sklasyfikowanych jako:

**B2<sub>car</sub>, C<sub>ca</sub>.**

Obecnie w Polsce działają dwie Jednostki Notyfikowane mogące dokonać oceny wyrobów w systemie 1+ (Instytut Techniki Budowlanej i Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowy Instytut Badawczy).

Wyroby o klasie reakcji na ogień **D<sub>car</sub>, E<sub>ca</sub>** są klasyfikowane przez Laboratorium Notyfikowane z zastosowaniem systemu oceny 3. System 3 nie wymaga stałego nadzoru produkcyjnego przez jednostkę certyfikującą. Obecnie w Polsce działają dwa Laboratoria Notyfikowane mogące dokonywać klasyfikacji kabli z zastosowaniem systemu oceny 3. Wyroby o najniższej klasie reakcji na ogień **F<sub>ca</sub>** są klasyfikowane w systemie oceny 4, czyli na podstawie badań przeprowadzonych



| Rodzaj budynku                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Klasa reakcji na ogień kabli i innych przewodów |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Budynki mieszkalne jednorodzinne, zagrodowe i rekreacji indywidualnej, do trzech kondygnacji nadziemnych łącznie                                                                                                                                                                                                                  | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki mieszkalne i administracyjne, w gospodarstwach leśnych do trzech kondygnacji naziemnych łącznie                                                                                                                                                                                                                           | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące do dwóch kondygnacji naziemnych łącznie o kubaturze do 1500 m³ przeznaczone do celów turystyki i wypoczynku                                                                                                                                                                                                 | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące do dwóch kondygnacji naziemnych łącznie, w zabudowie jednorodzinnej i zagrodowej w gospodarstwach leśnych                                                                                                                                                                                                   | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące do dwóch kondygnacji naziemnych łącznie o kubaturze brutto do 1000 m³, przeznaczone do wykonywania zawodu lub działalności usługowej i handlowej, także z częścią mieszkalną                                                                                                                                | E <sub>ca</sub>                                 |
| Garaże wolno stojące o liczbie stanowisk postojowych większej niż 2                                                                                                                                                                                                                                                               | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące o kubaturze do 1500 m³ służące hodowli inwentarza                                                                                                                                                                                                                                                           | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wysokościowe (WW) o wysokości ponad 55 m nad poziom terenu                                                                                                                                                                                                                                                                | D <sub>ca</sub> -s2, d1, a3                     |
| Budynki wysokie (W) o wysokości ponad 25 m do wysokości 55 m nad poziom terenu lub mieszkalne o liczbie kondygnacji ponad 9 do 18 łącznie                                                                                                                                                                                         | D <sub>ca</sub> -s2, d1, a3                     |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL I – zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzeznaczone przede wszystkim do użytku przez ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych | D <sub>ca</sub> -s2, d1, a2                     |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL II – przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się                                                                                                                                                                                                | D <sub>ca</sub> -s2, d1, a2                     |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL III – użyteczności publicznej niezakwalifikowane do kategorii ZL I oraz ZL II                                                                                                                                                                                                             | D <sub>ca</sub> -s2, d1, a2                     |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL IV – mieszkalne                                                                                                                                                                                                                                                                           | D <sub>ca</sub> -s2, d1, a2                     |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL V – zamieszkania zbiorowego niezakwalifikowane do kategorii ZL I oraz ZL II                                                                                                                                                                                                               | D <sub>ca</sub> -s2, d1, a2                     |
| Budynki PM (produkcyjne lub magazynowe) IN (inwentarskie)                                                                                                                                                                                                                                                                         | E <sub>ca</sub>                                 |

Tab. 7. Wymagana klasa reakcji na ogień kabli i innych przewodów ogólnego przeznaczenia zainstalowanych poza obrębem dróg ewakuacyjnych w budynkach określonego rodzaju

| Rodzaj budynku                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Klasa reakcji na ogień kabli i innych przewodów |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Budynki mieszkalne jednorodzinne, zagrodowe i rekreacji indywidualnej, do trzech kondygnacji nadziemnych łącznie                                                                                                                                                                                                                  | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki mieszkalne i administracyjne, w gospodarstwach leśnych do trzech kondygnacji naziemnych łącznie                                                                                                                                                                                                                           | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące do dwóch kondygnacji naziemnych łącznie o kubaturze do 1500 m³ przeznaczone do celów turystyki i wypoczynku                                                                                                                                                                                                 | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące do dwóch kondygnacji naziemnych łącznie, w zabudowie jednorodzinnej i zagrodowej w gospodarstwach leśnych                                                                                                                                                                                                   | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące do dwóch kondygnacji naziemnych łącznie o kubaturze brutto do 1000 m³, przeznaczone do wykonywania zawodu lub działalności usługowej i handlowej, także z częścią mieszkalną                                                                                                                                | E <sub>ca</sub>                                 |
| Garaże wolno stojące o liczbie stanowisk postojowych większej niż 2                                                                                                                                                                                                                                                               | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wolno stojące o kubaturze do 1500 m³ służące hodowli inwentarza                                                                                                                                                                                                                                                           | E <sub>ca</sub>                                 |
| Budynki wysokościowe (WW) o wysokości ponad 55 m nad poziom terenu                                                                                                                                                                                                                                                                | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |
| Budynki wysokie (W) o wysokości ponad 25 m do wysokości 55 m nad poziom terenu lub mieszkalne o liczbie kondygnacji ponad 9 do 18 łącznie                                                                                                                                                                                         | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL I – zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania 50 osób niebędących ich stałymi użytkownikami, a nieprzeznaczone przede wszystkim do użytku przez ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL II – przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się                                                                                                                                                                                                | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL III – użyteczności publicznej niezakwalifikowane do kategorii ZL I oraz ZL II                                                                                                                                                                                                             | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL IV – mieszkalne                                                                                                                                                                                                                                                                           | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |
| Budynki o kategorii zagrożenia ludzi ZL V – zamieszkania zbiorowego niezakwalifikowane do kategorii ZL I oraz ZL II                                                                                                                                                                                                               | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |
| Budynki PM (produkcyjne lub magazynowe) IN (inwentarskie)                                                                                                                                                                                                                                                                         | B2 <sub>ca</sub> -s1b, d1, a1                   |

Tab. 8. Wymagana klasa reakcji na ogień kabli i innych przewodów ogólnego przeznaczenia zainstalowanych w obrębie dróg ewakuacyjnych w budynkach określonego rodzaju

przez producenta bez udziału Jednostki Notyfikowanej lub Laboratorium Notyfikowanego.

Producent, wprowadzając kabel lub przewód elektryczny na rynek, który będzie przeznaczony do stosowania jako wyrób budowlany, oprócz obowiązków wynikających z Dyrektywy

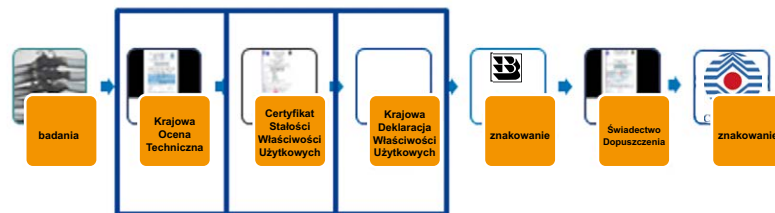
Niskonapięciowej w odniesieniu do wyrobów znakowanych znakiem CE, będzie zobowiązany do przedstawienia Deklaracji Właściwości Użytkowych (ang. Declaration of Performance (DoP)), wynikających z postanowień CPR [1]. W odniesieniu do wyrobów znakowanych znakiem B do-

kument ten nazywa się Krajową Deklaracją Właściwości Użytkowych i jest oznaczany w skrócie jako KDWU. Dokument ten opisuje klasę reakcji na ogień wyrobu oraz niezbędne informacje opisujące sposób uzyskania klasyfikacji. **Zakres informacji, które muszą zostać umieszczo-**

do 31 grudnia 2016 roku:



od 1 stycznia 2017 roku:



Rys. 1. Ścieżka oceny zgodności dla kabli i przewodów stosowanych w obwodach bezpieczeństwa rys. J. Wiatr

**ne w DoP**, szczegółowo opisuje norma PN-EN 50575 [2]. Każdy z wyrobów będzie musiał być oznakowany w sposób jednoznacznie opisujący jego klasę reakcji na ogień. Wzory etykiet dla kabli i przewodów zostały przedstawione w normie PN-EN 50575 [2]. Ponadto kable i przewody muszą być odpowiednio odcenowane w zakresie deklarowanej klasy reakcji na ogień. Ostatecznym terminem wprowadzenia zmian w oznakowaniu produktów był 1 lipca 2017. Data ta wynika z wykazu norm zharmonizowanych z rozporządzeniem CPR. Po tym terminie producenci są zobowiązani do znakowania we właściwy sposób wszystkich kabli przeznaczonych do pracy w instalacjach zapewniających zasilanie i transmisję sygnału w budynkach i przedstawienia Deklaracji Właściwości Użytkowych na te wyroby. Brak Deklaracji Właściwości Użytkowych na kabel lub przewód jako wyrób budowlany po 1.07.2017 będzie skutkował brakiem możliwości wprowadzenia na rynek Unii Europejskiej jako wyrób budowlany, a w konsekwencji brakiem możliwości zastosowania kabla/przewodu w obiekcie budowlanym. Należy jednak pamiętać, że wymóg ten dotyczy jedynie kabli do stosowania w budynkach jako element tego budynku. Nie ma obowiązku badania i klasyfikowania kabli, które nie są wyrobami budowlanymi (nie są częścią instalacji budynku) lub mają zastosowanie poza obiektami budowlanymi (np. przewody stosowane do budowy instalacji pojazdów samochodowych).

Rozporządzenie CPR pozostawia krajom członkowskim kwestię określenia wymagań dla typów/rodzajów budynków i nie narzuca żadnych wymagań w stosunku do kabli przez powiązanie ich z typami budynków. Przyjęcie

określonego typu przewodu lub kabla w budynku może wynikać z analizy ryzyka prowadzonej przez projektanta lub z innych dokumentów formalnoprawnych, jak np. rozporządzenia Ministra Infrastruktury [10]. Każdy z krajów członkowskich ma wprowadzić odpowiednie wymagania dla budynków we własnym zakresie. Pierwsze propozycje zostały określone przez Polską Izbę Gospodarczą Elektrotechniki (PIGE), co zaowocowało wprowadzeniem normy N SEP-E-007:2017-09 Instalacje elektryczne i teletechniczne w budynkach. Dobór kabli i innych przewodów ze względu na ich reakcję na ogień [6], określając wymagania minimalne klas reakcji na ogień dla kabli w różnych rodzajach budynków. Norma ta znacznie ułatwi pracę projektantów, gdyż obecnie ogólne wskazania w tym zakresie można znaleźć w § 258 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury [10], z którego wynika zakaz używania pewnej grupy kabli i przewodów z uwagi na palność, dymotwórczość i toksyczność. Ponieważ klasa reakcji na ogień kabla lub przewodu jest ściśle powiązana z materiałami niemetalicznymi użytymi do jego produkcji, należy się spodziewać, że wymagania przypisane budynkom będą określały, jakie materiały będą używane do produkcji kabli i przewodów instalacyjnych. Rodzaj materiału konstrukcyjnego ma wpływ zarówno na klasę reakcji na ogień, jak i na klasyfikację dodatkowe. Dlatego konsekwencją przyjętych w najbliższym czasie wymagań dla budynków będą wyższe ceny instalacji elektrycznych w budynkach, których koszt w dużej mierze zależy od cen stosowanych kabli i przewodów.

W tabelach 3–6 zostały przedstawione wymagania podstawowe oraz dodatkowe, jakie

muszą spełnić kable i przewody zakwalifikowane do odpowiedniej klasy reakcji na ogień.

Nowe rozporządzenie CPR [1] nie dotyczy kabli i przewodów z podtrzymaniem funkcji (FE180/PH90/E90), ponieważ norma PN-EN 50575 [2], zharmonizowana z tym rozporządzeniem, wyłącza je ze swojego zakresu. Do klasyfikowania kabli bezpieczeństwa pożarowego powstanie osobna norma. Norma PN-EN 50575 [2] ze swojego zakresu wyłącza kable i przewody stosowane w instalacjach bezpieczeństwa niezależnie od tego, czy pracują w obwodach, którym stawia się wymaganie odporności ogniowej, czy też nie. Norma nie obejmuje swym zakresem kabli i przewodów stosowanych w instalacjach bezpieczeństwa niezależnie od tego, czy mają odporność ogniową, czy nie. Dopóki nie zostaną one objęte klasyfikacją, obowiązują w stosunku do nich dotychczasowe regulacje krajowe, czyli są dopuszczane do stosowania na podstawie aktualnych Aprobatach Technicznych i Świadectw Dopuszczenia wydanych przez CNBOP-PIB.

Rozporządzenie wprowadza obowiązek wystawiania od 1 lipca 2017 roku Deklaracji Właściwości Użytkowych przez producenta na podstawie klasyfikacji przeprowadzanej przez Laboratorium Notyfikowane lub Notyfikowaną Jednostkę Certyfikującą. Powstają nowe etykiety produktowe. Wymagania w zakresie klas odporności pożarowej budynków zgodne z normą N SEP-E-007:2017-09 Instalacje elektryczne i teletechniczne w budynkach. Dobór kabli i innych przewodów ze względu na ich reakcję na ogień, przedstawiają **tabela 7.** oraz **tabela 8.**

Dla kabli i przewodów o klasie reakcji na ogień  $A_{ca}$ ,  $B1_{ca}$ ,  $B2_{ca}$ ,  $C_{ca}$  producent zobowiązany jest do uzyskania certyfikatu stałości właściwości użytkowych. O możliwości zastosowania kabla lub przewodu będzie decydowała data produkcji. Kable i przewody wyprodukowane po 1 lipca 2017 roku będą musiały być zgodne z normą PN-EN 50575 [2]. Warto podkreślić, że z zakresu normy są wyłączone kable i przewody stosowane w instalacjach bezpieczeństwa (niezależnie od tego, czy mają odporność ogniową, czy nie). Ponadto zgodnie z § 258 rozporządzenia [10] stosowanie wyrobów łatwo zapalnych w określonych miejscach jest zabronione. Na **rysunku 1.** została przedstawiona ścieżka oceny zgodności dla kabli i przewodów stosowanych w instalacjach bezpieczeństwa.


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


PN-EN 60332-3

kable uniepalnione

- do instalowania w obiektach przemysłowych o podwyższonych wymaganiach przeciwpożarowych,
- możliwość ograniczonego rozprzestrzeniania się pożaru dzięki właściwościom specjalnego uniepalnionego tworzywa



PN-EN 60754

kable bezhalogenowe

- do instalowania w miejscach o podwyższonych wymaganiach przeciwpożarowych np. budynki użyteczności publicznej, wieżowce, zakłady chemiczne, elektrownie, elektrociepłownie



PN-EN 60811-44

kable olejoodporne

- stosowane w warunkach częstej styczności z materiałami ropopochodnymi np. na stacjach benzynowych, rafineriach, zakładach chemicznych, tłoczniach ropy i gazu, podziemnych magazynach gazu i ropy

CPR

**Drut-Plast Cables Sp. z o.o.** to polski producent kabli i przewodów specjalizujący się w dostawach wysokiej jakości produktów dla przemysłu wydobywczego, hutniczego, petrochemicznego oraz energetycznego. Produujemy:

- ✓ kable sterownicze
- ✓ kable sygnalizacyjne

- ✓ kable energetyczne
- ✓ kable górnicze

# Kable

o podwyższonej  
klasie reakcji  
na ogień





# Przewody szynowe – alternatywą dla kabli w budynkach

Produkowane współcześnie przewody szynowe (powszechnie nazywane szynoprzewodami) charakteryzują się wysoką niezawodnością oraz wysokim stopniem ochrony realizowanej przez obudowy. W wykonaniu specjalnym mogą być wodoodporne. Główną ich zaletą jest prosty montaż oraz możliwość przesyłu dużych mocy. Są bardzo elastyczne, jeśli chodzi o konfigurację torów zasilających, co jest bardzo istotne w budownictwie przemysłowym. To wszystko powoduje, że stają się w wielu przypadkach alternatywą dla kabli.

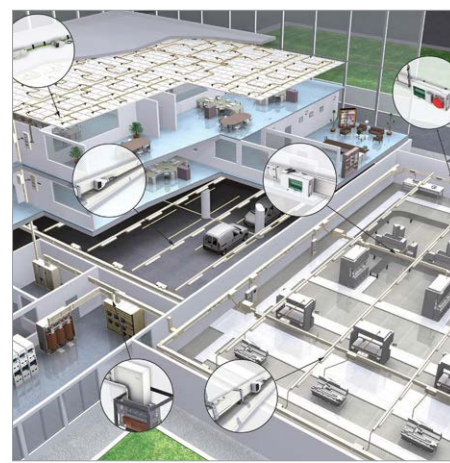
Przewody szynowe odgrywają coraz większą rolę w budownictwie przemysłowym o dużej gęstości obciążenia powierzchniowego i zmiennym profilu produkcji. Ich niewątpliwą zaletą jest możliwość łatwej zmiany konfiguracji układu zasilanych odbiorników. Pierwotnie używano ich jako elementy wyposażenia rozdzielnic oraz stacji transformatorowych. Obecnie służą do zasilania i rozdziału energii elektrycznej, przesyłania informacji i/lub sterowania oraz zasilania opraw oświetleniowych. W tej chwili znajdują również zastosowanie w budownictwie mieszkaniowym. Doskonale sprawdzają się w budynkach wysokich oraz wysokościowych, gdzie występuje znaczne zapotrzebowanie mocy. Dzięki możliwości pionowego prowadzenia ciągów instalacyjnych łatwo można doprowadzić energię elektryczną na najwyższe kondygnacje bez potrzeby stosowania kabli o znacznych przekrojach poprzecznych. Przewody szynowe stały się ciekawą alternatywą dla zasilania urządzeń w centrach przetwarzania informa-

cji, gdzie występuje duże zapotrzebowanie na moc dla potrzeb zasilanych odbiorników energii elektrycznej. Wymogi, jakim muszą odpowiadać przewody szynowe, zostały zawarte w normie PN-EN 61439-6:2013-03P *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 6: Systemy przewodów szynowych*, która zastąpiła poprzednią wersję oznaczoną jako PN-EN 60439-2:2004 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 2: Wymagania dotyczące przewodów szynowych*.

## Zasilanie odbiorników

**Przewody szynowe** to sztywny układ przewodzący, służący do zasilania urządzeń jedno- lub trójfazowych za pomocą jednej linii. Przewody szynowe składają się z:

- » toru przewodzącego,
- » elementów transpozycyjnych do zmiany położenia przewodów fazowych,
- » elementów kompensacyjnych, giętkich i redukujących,
- » elementów do odbioru i rozdziału mocy,



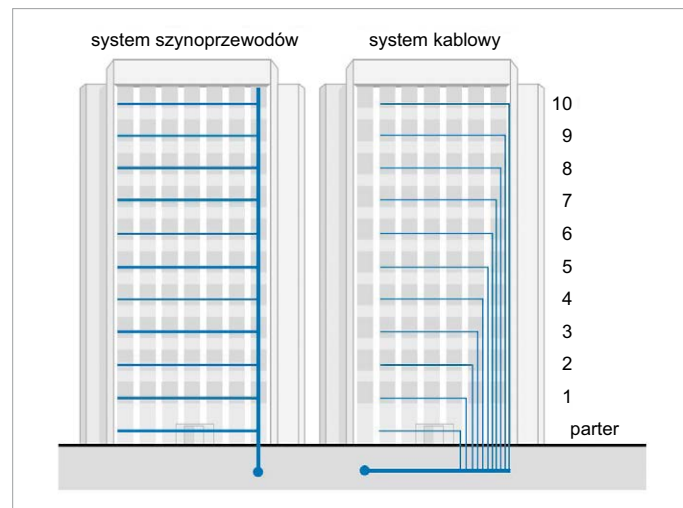
Układy przewodów szynowych zasilających różne odbiorniki. Źródło: BEAMA Limited

- » izolacji i izolatorów przepustowych,
- » obudowy.

W handlu dostępne są przewody szynowe o prądach znamionowych od 1000 do 6300 A. Do budowy torów przewodzących wykorzystuje się miedź, aluminium lub duraluminium. Powszechnie dostępne są przewody szynowe



Skrzynki odpływowe montowane na gniazda szynoprzewodu. Źródło: Eaton



Przewód szynowy w porównaniu z kablem przy instalacji pionowej. Źródło: Eaton



Przewód szynowy oświetleniowy. Źródło: GTV



Przewody szynowe dużej mocy. Źródło: ZPUE

magistralne oraz rozdzielcze, których prądy znamionowe nie przekraczają 1000 A.

Skrzynki odpływowe wyposaża się w bezpieczniki lub rozłączniki bezpiecznikowe o prądzie znamionowym nieprzekraczającym 200 A lub wyłączniki nadprądowe o prądzie znamionowym nie wyższym od 400 A. W przewodach szynowych pracujących w układzie rozdzielczym stosuje się układy cztero- lub pięcioprzewodowe. W przewodach szynowych czteroprzewodowych przewodem ochronnym PE jest stalowa obudowa, której poszczególne elementy dla lepszej przewodności łączone są płaskownikami miedzianymi. W instalacjach, gdzie występuje duża zawartość wyższych harmonicznych, przewód neutralny ma większy przekrój niż przewody fazowe. W przypadku zasilania odbiorników wrażliwych na zakłócenia wprowadzane przez pola elektromagnetyczne stosuje się izolowany od obudowy przewód ochronny PE.

Przewody szynowe ślizgowe służące do zasilania odbiorników ruchomych produkowane są na prądy znamionowe do 400 A. Do zasilania odbiorników oświetleniowych używa się przewodów szynowych oświetleniowych produkowanych na prądy znamionowe o wartości nieprzekraczającej 100 A. Ich konstrukcja oprócz dostarczania energii do zasilania odbiorników oświetleniowych umożliwia mocowanie tych odbiorników.

Przewody szynowe coraz powszechniej znajdują zastosowanie w układach dystrybucji energii elektrycznej w budynkach mieszkalnych. System przewodów szynowych mieszkaniowych przeznaczony jest głównie do zasilania odbiorników małej mocy, takich jak gniazda wtyczkowe, lub do bezpośredniego zasilania odbiorników małej mocy. Zakres prądowy tych przewodów wynosi (20–160) A.

Przewody szynowe wykonuje się jako kompaktowe o wysokim stopniu upakowania ele-

mentów wyposażenia gwarantującego pełną izolację torów przewodzących. Dzięki temu uzyskuje się mniejsze reakcje, co przekłada się na jakość dostarczanej energii elektrycznej do zasilanych odbiorników (spadek napięcia oraz warunki ochrony przeciwporażeniowej realizowanej przez samoczynne wyłączenie). Stalowa obudowa torów przewodzących minimalizuje wartość pola elektromagnetycznego w jego otoczeniu. Z tego względu przewody szynowe o dużych prądach znamionowych mogą być bezpiecznie montowane z oprowadzaniem strukturalnym i sieciowym, gdyż nie zakłócają ich pracy.

Przewody szynowe oferowane są z różnymi elementami wyposażenia, co ułatwia planowanie przebiegu ich trasy oraz sposób przyłączenia odbiorników. Są one wyposażane w niezbędny do przesyłania i dystrybucji energii elektrycznej osprzęt: łączniki kątowe pionowe i poziome, skrzynki odpływowe z aparatami zabezpieczającymi (bezpieczniki, rozłączniki bezpiecznikowe, wyłączniki kompaktowe), izolatory sekcji oraz pełny zestaw elementów do montażu poziomego lub pionowego.

## Montaż

Konstrukcje przewodów szynowych są samoobsługowe, co znacznie ułatwia ich montaż. Wszystkie elementy są testowane i certyfikowane. Projektowane są w taki sposób, aby całkowicie wyeliminować możliwość pomyłki podczas instalowania przyłączy. Połączenia elastyczne między modułami umożliwiają dowolną zmianę kierunku przebiegu ciągu przewodów. Łączenie modułów szynowych z jednostkami zasilającymi i osłonami końcowymi odbywa się bez narzędzi poprzez wtykane szybkozłącza. Łącząc moduły szynowe ze skrzynkami zasilającymi czy płytami przepustowymi, zatrzymuje się urządzenie blokujące. Elementy odpływowe

zbudowane z materiału izolacyjnego służą do poboru prądu z gniazd odpływowych na modułach szynowych. Można je zamontować bez odłączania napięcia.

Przewody szynowe w porównaniu z kablami elektroenergetycznymi mają wiele zalet. Izolowane tory przewodzące umieszczone wewnątrz kompaktowej obudowy zajmują znacznie mniej miejsca niż tradycyjne trasy kablowe. Modułowa budowa przewodów szynowych sprawia, że można je stosować w różnych budynkach, dowolnie konfigurować, a w razie konieczności zdemontować i przenieść w inne miejsce. Są to systemy pozwalające na elastyczne konfigurowanie tras przesyłu energii. Charakteryzuje je większa wytrzymałość mechaniczna w stosunku do kabli elektroenergetycznych przy minimalnym optymalnym układzie mocowań. Zasilanie bezpośrednio ze skrzynek przyłączeniowych przewodów szynowych pozwala ograniczyć liczbę rozdzielnic oraz kanałów lub korytek przewodowych.

Niewątpliwą zaletą przewodów szynowych jest eliminacja przewodów i kabli układanych równolegle, co występuje przy przesyłach dużych mocy i wprowadza szereg ograniczeń wielokrotnie opisywanych wcześniej w „elektro.info”.

Lepsze parametry elektryczne przewodów szynowych, takie jak niższa reakcja oraz mniejsze straty mocy w stosunku do kabli elektroenergetycznych, pozwalają na ograniczenie kosztów eksploatacyjnych o względną wartość (5–10)%. Czas montażu przewodów szynowych jest średnio dwa razy krótszy od montażu tradycyjnych tras przewodowych, a ich estetyczny wygląd zachęca do stosowania tych rozwiązań.

Oprac. na podstawie materiałów firm: Eaton, ETI Polam, Schneider Electric, Siemens, ZPUE.



# Ochrona przeciwpożarowa kabli

Ochrona przeciwpożarowa kabli i przewodów jest kluczowym elementem zapewniającym bezpieczeństwo w budynkach użyteczności publicznej oraz instalacjach i obiektach przemysłowych. Zastosowanie skutecznej ochrony przeciwpożarowej zapobiega rozprzestrzenianiu się ognia, co minimalizuje ryzyko awarii, strat materialnych, które mogą również prowadzić do zagrożenia życia ludzkiego. W tym celu firma DRUTPLAST Cables postawiła na badania kabli i przewodów pod względem ich reakcji na ogień, mając na celu zapewnienie i zwiększenie bezpieczeństwa pożarowego. Celem tych badań jest określenie, jak kable zachowują się w warunkach pożaru i jakie środki ochronne mogą być konieczne, aby ograniczyć ryzyko wybuchu pożaru oraz minimalizować jego skutki.

Rozróżniamy kilka typów konstrukcji (powłok) kabli ogólnie stosowanych w przemyśle oraz budownictwie ogólnym. Mogą to być tworzywa np. PVC (polichlorek winylu), HF – halogen free (bezhalogenowe), XLPE (polietylen usieciowany), PE (polietylen), PP (polipropylen), EPR (guma etylenowo-propylenowa), PUR poliuretan i wiele innych tworzyw izolacyjnych, wypełniających czy powłokowych, które mają różne właściwości wytrzymałości ogniowej, korozyjnej oraz dymotwórczej.

Obowiązujące badania i normy dla kabli i przewodów:

- » PN-EN 60332-1-2, IEC 60332-1-2, EN 60332-1-2, VDE 0482-332-1-2,
- » PN-EN 60332-3-24; Kat. C, IEC 60332-3-24, EN 60332-3-24, VDE 0482-332-3-24,
- » PN-EN 60332-3-23; Kat. B, IEC 60332-3-23, EN 60332-3-23, VDE 0482-332-3-22,
- » PN-EN 60332-3-22; Kat. A, IEC 60332-3-22, EN 60332-3-22, VDE 0482-332-3-22,
- » PN-EN 60754-2, EN 60754-2, IEC 60254-2, EN 50267-2-2, PN-EN 50267-2-3 i VDE 0482-267 część 2-1, 2-2 i 2-3,
- » PN-EN 61034-2, EN 61034-2, IEC 61034-2, VDE 0482-1034-2,
- » PN-EN 50399, EN 50399,
- » PN-EN 50200, PN-EN 60331-1, IEC 60331-1, EN IEC 60331-1,
- » PN-IEC 60331-21 i 23, IEC 60331-21 i 23, VDE 0472-814, BS 6387 Kat. Z,
- » PN-EN 50200, EN 50362, PN-EN IEC 60331-1, EN IEC 60331-1,
- » PN-EN 50200 Annex E lub BS 6387, VdS 3423,
- » DIN VDE 4002-12 E90 PN-EN IEC 60331-1.

## I Definicja normy PN-EN 60332-1-2

Norma PN-EN 60332-1 to międzynarodowy standard określający metody badania zachowania się kabli przewodów elektrycznych i kabli światłowodowych w warunkach pożaru, szcze-

gólnie ich zdolności do ograniczania rozprzestrzeniania się płomienia na pionowo zamocowanym pojedynczym izolowanym kablu lub przewodzie. Norma ta obejmuje ogólne zasady oraz szczegółowe procedury badawcze, które pozwalają ocenić, jak kable reagują na bezpośredni kontakt z ogniem.

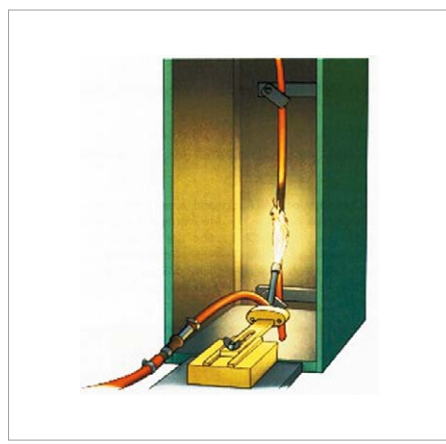
Zakresem badań objęte są kable światłowodowe, kable miedziane, aluminiowe używane w instalacjach elektrycznych, elektroenergetycznych, transmisji danych w budynkach mieszkalnych, komercyjnych i przemysłowych, w niskim napięciu oraz średnim napięciu.

Metoda badawcza: **badania na pojedynczym kablu (fot. 1.).**

Testy przeprowadzane zgodnie z normą obejmują pojedynczą próbkę kabla oraz oddziaływanie i rozprzestrzenianie płomienia przez określony czas w kontrolowanych warunkach. Procedura testowa ocenia, czy płomień jest w stanie rozprzestrzenić się wzdłuż kabla oraz w jakim stopniu jest to możliwe. Po zakończeniu testu oceniane jest, czy kabel samoczynnie zgaśł po usunięciu źródła ognia przy maksymalnej długości zwęglenia kabla 450 mm. Jeśli kabel zgaśnie sam, a odcinek uszkodzenia (zwęglenia) sięga nie więcej niż 50 mm od górnej części zacisku kabla, badanie uznaje się za poprawne.

## I Definicja normy PN-EN 60332-3

Norma PN-EN 60332-3 dotyczy metod badania zachowania się grup (wiązek) kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych w warunkach pożaru, szczególnie ich zdolności do ograniczania rozprzestrzeniania się płomienia w pionie. Badanie polega na poddaniu grupy kabli zamocowanych pionowo na działanie źródła ognia o określonej mocy przez ustalony czas. Testy przeprowadzane są w kontrolowanych warunkach laboratoryjnych, aby uzyskać powtarzalne i miarodajne wyniki. Poszczególne części normy



Fot. 1. Badanie na pojedynczym kablu [1]

PN-EN 60332-3 dotyczą różnych kategorii kabli i przewodów i definiują szczegółowe wymagania i procedury testowe:

- » **PN-EN 60332-3-22:** Kategoria A 7 dm<sup>3</sup> (20,5 kW przez 40 minut),
- » **PN-EN 60332-3-23:** Kategoria B 3,5 dm<sup>3</sup> (20,5 kW przez 40 minut),
- » **PN-EN 60332-3-24:** Kategoria C 1,5 dm<sup>3</sup> (20,5 kW przez 20 minut).

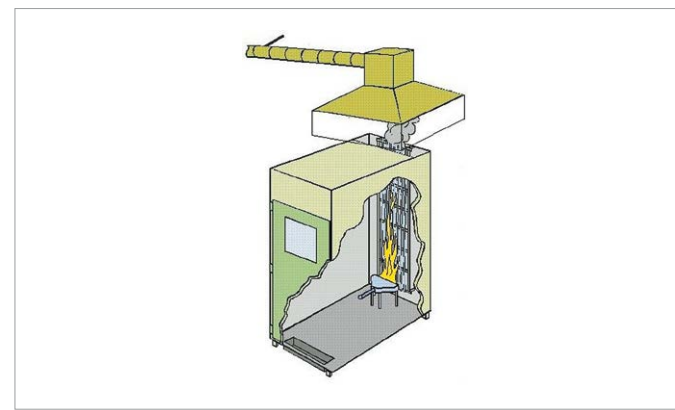
Metoda badawcza: **badania na wiązce kablowej (fot. 2.).**

Podczas badania weryfikuje się kilka parametrów:

- » pomiar długości płomienia, który rozprzestrzenił się po kablach,
- » czy płomień zgaśł samoistnie po usunięciu źródła ognia,
- » czy spalanie nie przekroczyło określonej długości maksymalnej.

Po odstawieniu palnika płomień samoistnie powinien zgasnąć przy założeniu, że długość zwęglonego odcinka kabli nie przekroczy 2,5 m. W takim przypadku badanie uznajemy za poprawne.

Norma PN-EN 60332-3 jest kluczowym elementem oceny bezpieczeństwa pożarowego



Fot. 2. Badanie na wiązce [1]

grup kabli, które są powszechnie stosowane w budynkach i infrastrukturze przemysłowej. Umożliwia producentom, projektantom oraz instalatorom określenie, jak zachowują się grupy kabli, co jest niezbędne dla zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego. Dzięki tej normie można ograniczyć ryzyko rozprzestrzeniania się ognia w wiązkach kablowych instalacji kablowych, co ma kluczowe znaczenie dla ochrony życia i mienia.

## I Definicja normy PN-EN 60754

Norma PN-EN 60754 określa poziom gazów korozyjnych wydzielanych podczas spalania kabli i przewodów. Norma dotyczy użytych materiałów powłokowych, izolacyjnych czy wypełniających kabli i przewodów elektrycznych oraz kabli światłowodowych, które mogą wydzielać gazy podczas pożaru. Kluczowym aspektem normy PN-EN 60754 jest:

- » ocena wpływu gazów wydzielanych podczas spalania materiałów kabli na środowisko i bezpieczeństwo ludzi,
- » określenie zawartości halogenowodoru oraz korozyjności gazów wydzielanych podczas spalania kabli,
- » określanie ilości kwaśnych gazów halogenowych wydzielanych podczas spalania materiałów z kabli.

Podczas badania materiał próbki jest spalany w określonych warunkach, a następnie analizowane są gazy wydzielane podczas spalania. Mierzony jest stężenie kwaśnych gazów, takich jak chlorowodór, bromowodór, fluorowodór, oraz inne halogenki. Takie badanie ma na celu potwierdzenie, że materiały używane w kablach emitują minimalne ilości kwaśnych gazów, co zmniejsza ryzyko korozyjności, a także negatywny wpływ na środowisko i zdrowie ludzi.

Zastosowanie materiałów które wydzielają minimalne ilości kwaśnych gazów toksycznych i korozyjnych zmniejsza ryzyko zatrucia

gazami oraz zmniejsza ryzyko uszkodzeń dróg oddechowych. Ponadto zastosowanie odpowiednich materiałów ogranicza wydzielanie korozyjnych gazów, które mogą uszkadzać urządzenia elektroniczne, komputery, instalacje elektroenergetyczne oraz inne materiały w budynkach.

Norma PN-EN 60754 jest kluczowym elementem oceny materiałów kabli i przewodów pod względem wydzielania gazów podczas spalania. Gwarantuje, że kable stosowane w instalacjach są bezpieczne dla ludzi i minimalizują ryzyko korozyjnych uszkodzeń. Dzięki zastosowaniu tej normy można lepiej chronić zdrowie ludzi, środowisko oraz infrastrukturę przed negatywnymi skutkami pożarów.

Metoda badawcza: **badanie wydzielanych gazów korozyjnych (fot. 3.).**

## I Definicja normy PN-EN 61034-2

Norma PN-EN 61034-2 określa „Pomiar gęstości dymu wydzielanego przez kable spalające się w określonych warunkach”, metodę badania gęstości dymu wydzielanego podczas spalania kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych. Jest to standardowe badanie dotyczące zachowania się kabli w warunkach pożaru, mające na celu zapewnienie bezpieczeństwa użytkowników i minimalizację ryzyka podczas pożarów. Celem normy jest ocena gęstości dymu wydzielanego przez kable podczas spalania. Zapewnienie, że kable stosowane w instalacjach elektrycznych wydzielają minimalne ilości dymu zwiększa widoczność i umożliwia szybszą ewakuację w przypadku pożaru. Takie badanie dotyczy wszystkich kabli elektrycznych i światłowodowych stosowanych w budynkach użyteczności publicznej oraz infrastrukturze przemysłowej. Kablami o podwyższonych wymaganiach są kable pożarowe oraz bezhalogenowe. Podczas badania próbki kabli cięte są na określoną długość i umieszczane w specjalnej ko-



Fot. 3. Badanie gazów korozyjnych wydzielanych podczas pożaru [1]

morze testowej. Komora testowa jest zaprojektowana tak, aby symulować warunki pożaru w kontrolowanym środowisku. W procesie spalania próbki kabli są ciągle monitorowane, gdzie w warunkach laboratoryjnych bada się temperaturę i przepływ powietrza, gęstość wydzielanego dymu. Gęstość dymu mierzona jest za pomocą fotometru, który ocenia zmniejszenie przepuszczalności światła przez dym w komorze testowej. Wyniki są rejestrowane w postaci krzywej zmniejszenia przepuszczalności światła w funkcji czasu. Wynik uznaje się za pozytywny, gdy po zakończeniu badania przepuszczalność światła jest nie mniejsza niż 60%. Wyniki badania wyrażone są jako maksymalna gęstość optyczna dymu, która jest miarą ilości dymu wydzielonego przez próbkę podczas spalania. Niższa wartość oznacza, że kabel wydziela mniej dymu, co jest pożądane z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego. Kable, które wydzielają mniej dymu, zwiększają szanse na bezpieczną ewakuację w przypadku pożaru. Lepsza widoczność w dymie umożliwia szybszą lokalizację wyjść ewakuacyjnych i pomaga strażakom w prowadzeniu działań ratowniczych. Mniejsza ilość wydzielanego dymu zmniejsza ryzyko uszkodzeń urządzeń elektronicznych i systemów wentylacyjnych. Zmniejsza ryzyko rozprzestrzeniania się toksycznych substancji chemicznych w budynku.

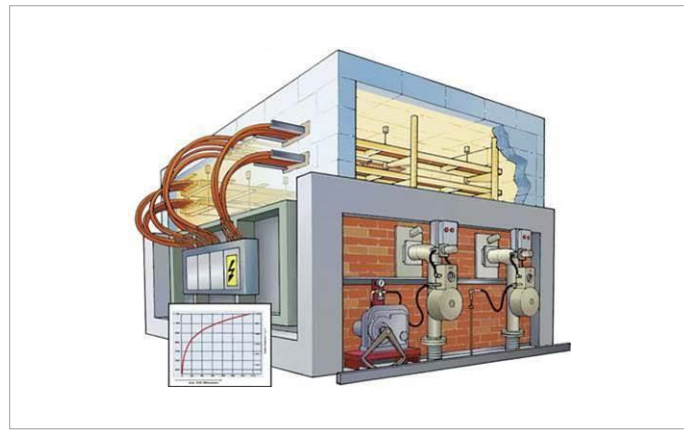
Norma PN-EN 61034-2 wspiera zgodność z europejskimi i międzynarodowymi regulacjami dotyczącymi bezpieczeństwa pożarowego.

Norma PN-EN 61034-2 jest kluczowa w procesie oceny gęstości dymu wydzielanego przez kable podczas spalania. Dzięki tej normie można lepiej zrozumieć zachowanie kabli w warunkach pożaru i potwierdzić, że instalacje elektryczne są bezpieczne dla ludzi oraz mienia. Norma ta jest niezbędna dla projektantów, instalatorów i użytkowników kabli, aby zminimalizować ryzyko pożarowe i zapewnić zgod-





Fot. 4. Pomiar gęstości dymu [1]



Fot. 5. Badanie kabli pożarowych rys. Studer

ność z wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa pożarowego w obiektach użyteczności publicznej.

Metoda badawcza: **badanie gęstości i wydzielania dymu (fot. 4.).**

## I Definicja normy PN-EN 50399

Norma PN-EN 50399, zatytułowana „Badania kabli w warunkach pożarowych. Badanie rozprzestrzenienia płomienia, wydzielania ciepła i dymu oraz wydzielania kwaśnych gazów”, określa metody badania kabli elektrycznych i światłowodowych pod kątem ich zachowania się podczas pożaru. Norma ta jest kluczowa dla oceny bezpieczeństwa pożarowego kabli, szczególnie w kontekście klasyfikacji w systemie Euroklas.

Kluczowym aspektem normy PN-EN 50399 jest ocena zachowania się kabli podczas pożaru, w tym ich zdolności do rozprzestrzenienia płomienia, wydzielania ciepła, dymu oraz gazów kwaśnych. Oprócz tego, dostarczenie danych potrzebnych do klasyfikacji kabli w systemie Euroklas jest częścią europejskich wymagań dotyczących bezpieczeństwa pożarowego (CPR).

Takie badania pomagają ocenić wpływ dymu na widoczność i bezpieczeństwo podczas pożaru oraz określić potencjalny wpływ na ludzi oraz sprzęt elektroniczny.

Takie badania pomagają ocenić wpływ dymu na widoczność i bezpieczeństwo podczas pożaru oraz określić potencjalny wpływ na ludzi oraz sprzęt elektroniczny.

Takie badania pomagają ocenić wpływ dymu na widoczność i bezpieczeństwo podczas pożaru oraz określić potencjalny wpływ na ludzi oraz sprzęt elektroniczny.

do budynków w zależności od rodzaju oraz wysokości z podziałem na instalację w drogach ewakuacyjnych oraz poza drogami ewakuacyjnymi.

Do badań próbki kabli są przygotowywane zgodnie z określonymi wytycznymi, aby zapewnić reprezentatywność wyników. Kable są układane w pionie w komorze testowej, w której poddawane są działaniu kontrolowanego źródła ognia przez określony czas. Podczas badania mierzona jest odległość, na jaką płomień rozprzestrzenia się wzdłuż kabli, wykonywany jest pomiar ilości ciepła wydzielanego przez kable podczas spalania, badane ilość wydzielanego ciepła na jednostkę czasu, ilość oraz gęstość dymu wydzielanego przez kable podczas spalania, analiza gazów wydzielanych podczas spalania kabli, w tym pomiar kwasowości i korozyjności gazów,

Takie badania pomagają ocenić wpływ dymu na widoczność i bezpieczeństwo podczas pożaru oraz określić potencjalny wpływ na ludzi oraz sprzęt elektroniczny.

## I Klasyfikacja Euroklas

Wszystkie kable i przewody stosowane w budownictwie są klasyfikowane według różnych klas (Aca, B1ca, B2ca, Cca, Dca, Eca, Fca) w systemie Euroklas na podstawie wyników testów. Klasyfikacja obejmuje również dodatkowe kryteria dotyczące dymu (s1, s2, s3), kropli (d0, d1, d2) oraz gazów kwaśnych (a1, a2, a3).

Znaczenie normy PN-EN 50399 jest kluczowe w zapewnieniu bezpieczeństwa ludzi, wiąże się z ograniczeniem ryzyka związanego z rozprzestrzenianiem się płomienia oraz wydzielaniem dymu i gazów podczas pożaru. Zmniejsza ryzyko zatrucia i uszkodzeń zdrowotnych spowodowanych przez toksyczne gazy i wpływa na zminimalizowanie ryzyka uszkodzeń infrastruktury i sprzętu elektronicznego spowodowanych przez korozję gazów kwaśnych. Zmniejsza potencjalne straty finansowe wynikające z pożarów.

Zmniejsza potencjalne straty finansowe wynikające z pożarów.

Na podstawie przeprowadzonych badań wg normy PN-EN 50575 producent może wystawić Deklarację Właściwości Użytkowych (DoP) dla kabli i przewodów spełniających wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego w określonej przez jednostkę akredytowaną klasie reakcji na ogień. Norma PN-EN 50399 jest kluczowym elementem oceny bezpieczeństwa pożarowego kabli elektrycznych i światłowodowych. Dzięki tej normie można uzyskać dokładne informacje na temat zachowania się kabli podczas pożaru, co jest niezbędne dla zapewnienia odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa w budynkach i innych obiektach. Norma wspiera klasyfikację kabli w systemie Euroklas, co ułatwia wybór kabli o odpowiednich właściwościach ogniowych dla różnych zastosowań.

### Wydzielanie dymu według PN-EN 50399:

s1 = TSP<sub>1200s</sub> < 50 m<sup>2</sup> i max SPR > 0,25 m<sup>2</sup>/s  
s1a = s1 i transmitancja według PN-EN 61034-2 > 80%  
s1b = s1 i transmitancja według PN-EN 61034-2 ≥ 60% < 80%  
s2 = TSP<sub>1200s</sub> < 400 m<sup>2</sup> i max SPR > 0,15 m<sup>2</sup>/s  
s3 = nie s1 lub s2

### Płonące krople i odpady według PN-EN 50399:

d0 – brak płonących kropli i odpadów w ciągu 1200 s  
d1 – brak płonących kropli i odpadów płonących dłużej niż 10 s w ciągu 1200 s  
d2 – nie d0 lub d1

### Kwasowość według PN-EN 502670-2-3:

a1 – konduktywność < 2,5 μs/mm i pH > 4,3  
a2 – konduktywność < 10 μs/mm i pH > 4,3  
a3 – nie a1 lub a2

## I Definicja normy PN-EN 50200

Norma PN-EN 50200, znana również jako „Badanie kabli pod kątem zachowania funkcji obwodów podczas pożaru. Metody badania kabli i przewodów elektrycznych pod kątem ich zdolności do utrzymania integralności obwodów

elektrycznych podczas pożaru”, jest istotna dla zapewnienia, że systemy bezpieczeństwa, takie jak oświetlenie awaryjne, systemy alarmowe i komunikacyjne, będą przesyłały energię podczas pożaru.

Próbki kabli są montowane w specjalnej komorze testowej zgodnie z określonymi wytycznymi. Kable są umieszczane na stalowej ramie, która symuluje warunki instalacji w budynkach.

Kable poddawane są działaniu płomienia przez czas 120 minut. Źródło ognia jest zgodne z wytycznymi normy i symuluje rzeczywiste warunki pożarowe. Kable są monitorowane pod kątem ciągłości elektrycznej podczas całego testu. Badanie uznaje się za pozytywne, jeśli w czasie 120 minut nie wystąpi przerwa w badanym obwodzie. Podczas testu kable są poddawane obciążeniu mechanicznemu, aby symulować ruchy konstrukcji budynku podczas pożaru. Obciążenie realizowane jest za pomocą pulsującej siły, która powoduje drgania i naprężenia w kablach. Wynik pozytywny oznacza, że kabel utrzymał integralność obwodu elektrycznego przez cały czas trwania testu.

Norma PN-EN 50200 jest kluczowym standardem oceny kabli pod kątem ich zdolności do utrzymania funkcjonalności obwodów elektrycznych podczas pożaru. Dzięki tej normie można zapewnić, że kable używane w kluczowych instalacjach bezpieczeństwa będą działały poprawnie nawet w ekstremalnych warunkach pożarowych. Norma ta jest niezbędna dla projektantów, instalatorów i użytkowników systemów bezpieczeństwa, aby zapewnić odpowiedni poziom ochrony dla ludzi i mienia.

## I Definicja normy PN-IEC 60331-21

Norma PN-IEC 60331-21 Badania kabli i przewodów elektrycznych poddanych działaniu ognia. Ciągłość obwodu. Część 21: Metody badania i wymagania. Kable i przewody na napięcie znamionowe do 0,6/1 kV określa metody badania kabli elektrycznych, aby ocenić ich zdolność do utrzymania integralności obwodów elektrycznych w warunkach pożarowych. Norma ta jest kluczowa dla zapewnienia, że kable używane w systemach bezpieczeństwa i krytycznych instalacjach będą nadal funkcjonować podczas pożaru i nie wystąpi zwarcie pomiędzy żyłami w czasie 180 minut (FE180) przy określonej temperaturze, która podczas badania wynosi 750°C. Taki test oznacza ocenę zdolności kabli do utrzymania ciągłości obwodu elektrycznego podczas pożaru. Badanie daje pewność, że kable stosowane w systemach krytycznych, takich jak zasilanie awaryjne i systemy bezpieczeństwa, za-

chowują funkcjonalność w ekstremalnych warunkach pożarowych.

Norma PN-IEC 60331-21 – dzięki tej normie można zapewnić, że kable używane w instalacjach funkcyjnych E90/FE180 będą działały poprawnie nawet w ekstremalnych warunkach pożarowych.

## I Norma PN-EN 50200 Aneks E

Norma PN-EN 50200, zatytułowana „Badania kabli pod kątem zachowania funkcji obwodów podczas pożaru z zastosowaniem tryskaczy”, obejmuje testowanie kabli w warunkach pożarowych z tryskaczami. Załącznik E (Aneks E) do tej normy dotyczy dodatkowych metod i wymagań specyficznych dla oceny kabli, które mają utrzymać funkcjonalność obwodu w trakcie pożaru. Badanie zgodnie z powyższą normą stosowane jest w kablach pożarowych (E90/FE180), gdzie podczas trwania badania próbka kabla poddawana jest na działanie wody. Jeśli w czasie 120 minut nie nastąpi zwarcie, badanie uznaje się za przeprowadzone pozytywnie.

## I Definicja normy DIN VDE 4002-12

Norma DIN VDE 4002-12 jest kluczowym standardem określającym wymagania dotyczące kabli i przewodów stosowanych w warunkach, gdzie wymagana jest wysoka odporność na pożarową. Dzięki tej normie można zapewnić, że kable i przewody używane w budynkach i instalacjach przemysłowych będą spełniać określone kryteria bezpieczeństwa pożarowego, co jest niezbędne dla ochrony ludzi i mienia oraz zgodności z regulacjami dotyczącymi bezpieczeństwa pożarowego.

Przebadane kable zgodnie z powyższą normą nazywa się kablami z funkcją. Norma DIN VDE 4002-12 oznacza, że kable pożarowe muszą być przebadane łącznie z systemami mocowania i prowadzenia kabli, takimi jak koryta kablowe, drabiny kablowe uchwyty kablowe i inne. Przeprowadzone badanie kabli i systemów prowadzenia kabli nazywa się zespołami kablowymi. Podczas badań określa się sposób podparcia, grubość koryt, drabin, rodzaj wsporników, rodzaj mocowania do ściany lub stropu. Na podstawie wykonanych badań, zgodnych z normą DIN 4002-12 od 01 stycznia 2017 wystawia się Krajową Ocenę Techniczną, która zastąpiła Aprobatację Techniczną (fot. 5.).

Wszystkie kable produkowane w Zakładach Kablowych DRUTPLAST CABLES z grup DPC badane są zgodnie z obowiązującymi przepisami i normami, które pozwalają na zastosowanie w budownictwie ogólnym, przemyśle oraz w szczególnych warunkach.

Ogólne skróty nazw:

- » HF – halogen free (kabel niepalniony, trudnopalny – badanie na wiązkę kablową, bez-halogen),
  - » FR – flame retardant (kabel niepalniony, trudnopalny – badanie na wiązkę kablową, polwinit),
  - » n – niepalnienie (kabel niepalniony, trudnopalny – badanie na wiązkę kablową, polwinit),
  - » EMC (Electromagnetic Compatibility) – Kompatybilność Elektromagnetyczna,
  - » UV – odporność na działanie promieniowania ultrafioletowego, do stosowania na zewnątrz, Flex – elastyczny, giętki, 500 – wartość napięcia znamionowego 300/500 V pracy kabla, 1000 – wartość napięcia znamionowego 0,6/1,0 kV pracy kabla,
- Przykładowe konstrukcje kabli zasilających niskiego i średniego napięcia; DPC YnKY, YnKXS, (FtZnyn, FtI,ektmy, Foyn, Fpyn), XnRUHKXS, XnHKXS, YnHKXS, HFRUHKXS, DPCpower U-FR-C.
- Przykładowe konstrukcje kabli sygnalizacyjnych; DPC YnKSY (FtZnyn, FtIyn,ektmy, Foyn, Fpyn).

Przykładowe konstrukcje kabli i przewodów sterowniczych w ekranie i bez ekranu; DPCFlex 500 FR, DPCFlex 500 CHF, DPCFlex 500 C FR BK, DPCFlex 1000 FR, DPCFlex 500 HF, DPCFlex 1000 HF, DPCFlex 1000 CHF, DPCFlex 1000 HF PIMF, DPCFlex 1000 FR GR.

Przykładowe konstrukcje kabli do przekształtników DPCFlex Servo EMC UV 2XSLCYK-J FR, DPCFlex Servo EMC UV 3 plus 2XSLCYK-J FR.

Przykładowe konstrukcje kabli do obwodów iskrobezpiecznych w ekranie i bez ekranu; IB-DPCFlex 500, IB-DPCFlex 500 CY, IB-DPCFlex 500 TIMF, IB-DPCFlex 1000, IB-DPCFlex 1000 CY, IB-DPCFlex 1000 PIMF.

## I Literatura

1. W. Jaskółowski, Cel i zakres badań kabli elektrycznych pod względem ich reakcji na ogień, „elektro.info” 11/2023.



**DRUT-PLAST CABLES Sp. z o.o.**  
61-719 Poznań  
ul. Gen. T. Kutrzeby 16G/137  
oferty@drutplast.com.pl  
[www.drutplast.com.pl](http://www.drutplast.com.pl)

# Ochrona przewodów od skutków zwarc

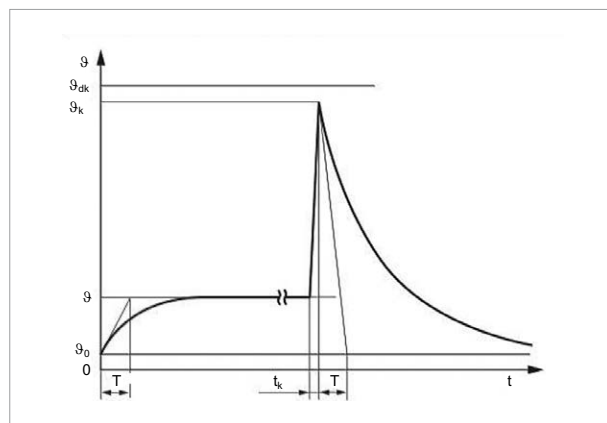
## w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia

Prawidłowo zaprojektowana instalacja elektroenergetyczna powinna charakteryzować się niezawodną pracą podczas przepływu prądów roboczych oraz odpornością na skutki przepływu prądów zwarciovych. Przepływ prądu zwarciovego prowadzi do znacznego zwiększania się wydzielania ciepła na rezystancji żył przewodów i kabli oraz do pojawienia się sił elektrodynamicznych o znacznej wartości. W instalacjach elektroenergetycznych niskiego napięcia w budynkach pomija się oddziaływania elektrodynamiczne. Istotne dla funkcjonowania instalacji są natomiast skutki cieplne.

Nagrzewanie się przewodów podczas przepływu prądu zwarciovego najczęściej jest krótkotrwałe i uzależnione od czasu zadziałania aparatu zabezpieczającego. Dla obwodów odbiorczych instalacji niskiego napięcia zabezpieczonych wyłącznikami nadprądowymi czas ten jest nie dłuższy niż 100 ms, przeważnie jednak zawiera się w granicach od 5 do 15 ms [1]. Przy takim czasie przepływu prądu zwarciovego przyjmuje się, że nie zachodzi oddawanie ciepła do otoczenia (nagrzewanie adiabatyczne), cała energia wydzielona na rezystancji żył prowadzi do wzrostu temperatury przewodu.

jest nie dłuższy niż kilkanaście milisekund, a w obwodach rozdzielczych rzędu dziesiątej części sekundy. Przyjmuje się, że podczas zwarcia nie następuje oddawanie ciepła do otoczenia, cała energia ciepła wytworzona w przewodzie przeznaczana jest na jego nagrzewanie. Z tego powodu następuje znaczny wzrost temperatury przewodu, aż do poziomu  $\vartheta_k$ .

Następnie, po zadziałaniu aparatu zabezpieczającego, następuje studzenie przewodu, aż do temperatury otoczenia  $\vartheta_0$ . Najważniejszym kryterium dla poprawnej i długotrwałej eksploatacji instalacji elektrycznej jest, aby nigdy nie nastąpiło przekroczenie temperatury dopuszczalnej podczas zwarcia  $\vartheta_{dk}$ . Przekroczenie tej temperatury może spowodować trwałe uszkodzenie izolacji przewodu, a co za tym idzie, konieczność wymiany części instalacji. Na podstawie anali-



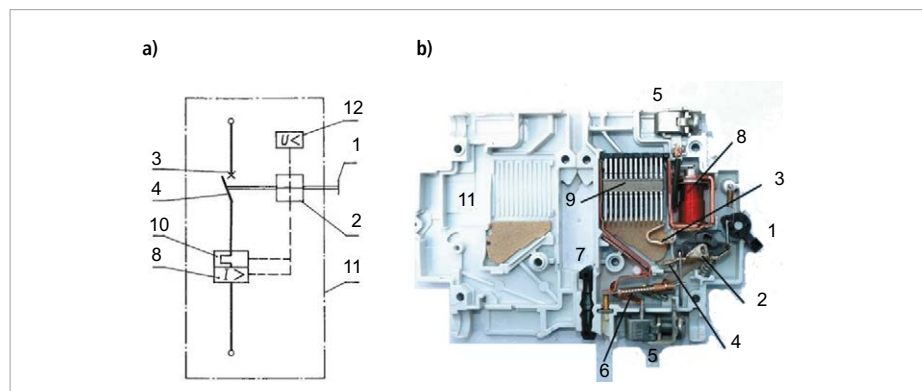
Rys. 1. Krzywa nagrzewania przewodu podczas przepływu prądu zwarciovego [11]

zy wykresu nagrzewania można również zauważyć, że załączenie ponowne obwodu, w którym nastąpił przepływ prądu zwarciovego, tuż po tym zwarciu, może prowadzić do przekroczenia temperatury  $\vartheta_{dk}$ . Wynikać to będzie z tego, że aktualna temperatura przewodu będzie wyższa niż temperatura robocza.

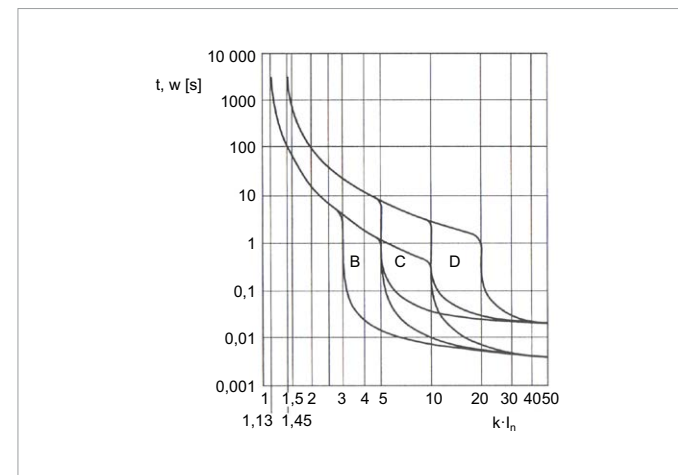
### Aparaty zabezpieczające od skutków zwarc

W instalacjach elektrycznych niskiego napięcia do zabezpieczenia od skutków zwarc i przeciążeń stosuje się wyłączniki nadmiarowo-prądowe oraz bezpieczniki topikowe. Zgodnie z wymaganiami rozporządzenia [2] w obwodach odbiorczych należy stosować wyłączniki nadprądowe. Bezpieczniki można stosować tylko w obwodach rozdzielczych.

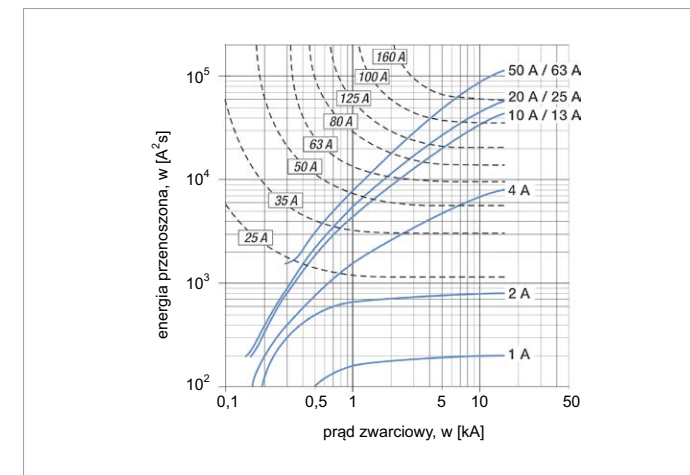
Główne elementy składowe nadprądowych wyłączników instalacyjnych przedstawione zostały na **rysunku 2**. Ze względu na ochronę od skutków zwarc należy rozpatrzyć pracę następujących elementów: wyzwalacza elektromagnetycznego, styku stałego oraz ruchomego, a także komory gaszeniowej. Kiedy wartość



Rys. 2. Schemat elektryczny (a) i budowa (b) wyłącznika nadprądowego firmy LEGRAND, gdzie: 1 – dźwignia napędu, 2 – zamek, 3 – styk stały, 4 – styk ruchomy, 5 – zaciski przyłączeniowe, 6 – wyzwalacz termobimetalowy (przeciążeniowy), 7 – zatrzask umożliwiający montaż na wspornikach (szynach) montażowych TH 35, 8 – wyzwalacz elektromagnetyczny (zwarciov), 9 – komora gaszeniowa, 10 – wyzwalacz cieplny, 11 – obudowa, 12 – cewka podnapięciowa [3]



Rys. 3. Charakterystyki pasmowe wyłączników instalacyjnych B, C i D (k – krotność prądu znamionowego) [4]



Rys. 4. Charakterystyki energii przenoszonej (całki Joule'a) dla wyłączników B i C, ABB [5]

chwilowa prądu zwarciovego przekroczy nastawiany pułap, dla danego rodzaju zabezpieczenia, spowoduje to zadziałanie wyzwalacza elektromagnetycznego, który zadziała na zamek. Rozpocznie się otwieranie styków i zapali się łuk elektryczny między nimi. Łuk ten będzie przesuwiał się w stronę komory gaszeniowej, gdzie zostanie podzielony na łuki krótkie. Spowoduje to wzrost spadku napięcia na nim oraz wzrost odbierania energii cieplnej z kolumny łukowej.

Przy naturalnym przejściu prądu przez zero nastąpi pełne wyłączenie uszkodzonego obwodu i przerwanie przepływu prądu zwarciovego. Czas wyłączenia zawiera się w granicach od 5 do 15 ms i jest uzależniony od fazy załączenia prądu zwarciovego [1]. Nie występuje różnica w czasie wyłączenia zwarcia w zależności od charakterystyki czasowo-prądowej wyłącznika nadprądowego. Zgodnie z charakterystykami wyłączników (**rys. 3.**), po przekroczeniu określonej wartości prądu następuje zadziałanie bezwzględnie aparatu. Całka Joule'a  $I^2t$  jest miarą ilości ciepła ( $I^2Rt$ ) przepływającego przez zabezpieczenie i przez wszystkie elementy zabezpieczanego obwodu w określonym czasie, np. w czasie przedłukowym ( $I^2t_p$ ) i w czasie wyłączenia ( $I^2t_w$ ). W odniesieniu do wyłączników instalacyjnych spotykanym określeniem jest również energia przenoszona (ang. *let-through energy*). Jej wartość jest uzależniona między innymi od prądu roboczego zabezpieczenia oraz jego charakterystyki czasowo-prądowej. Przykładowe krzywe dla wybranych wyłączników instalacyjnych przedstawiono na **rysunku 4**. Można zauważyć, że wraz ze wzrostem wartości spodziewanego prądu zwarciovego wartość energii przenoszonej wzrasta.

Kolejnym aparatem zabezpieczającym obwody od skutków zwarc jest bezpiecznik topi-

kowy. Wyłączanie prądów zwarciovych przedstawia się w sposób następujący. Topik rozpada się po przepuszczeniu ściśle określonej wartości  $I^2t$ , zależnej od przekroju topika  $S_z$  w miejscach zwarciovych, tzn. w przewężeniach, tam, gdzie jest on najmniejszy:

$$\int_0^{t_z} I^2 dt = S_z^2 K \quad (1)$$

przy czym K jest stałą materiałową (stałą Meyera) przewężenia topika w przybliżeniu równą iloczynowi temperatury topnienia, ciepła właściwego (odniesionego do jednostki objętości) i konduktywności elektrycznej. Przekrój topika w miejscach przewężenia  $S_z$  jest miarą całki Joule'a przedłukowej i charakteryzuje zdolność ograniczania prądu zwarciovego przez bezpiecznik [6].

### Obliczanie wartości prądów zwarciovych

Wyznaczanie wartości wielkości prądów zwarciovych może być realizowane zgodnie z normą PN-EN 60909-0 [9]. Oznacza to wykonywanie obliczeń z wykorzystaniem składowych symetrycznych. Norma ta nie narzuca jednak takiego wymogu, więc obliczenia zwarciovie mogą być wykonywane także w tzw. sposób uproszczony (bliższy sposobowi przedstawionemu w nieobowiązującej normie PN-90/E-05025). Obliczanie prądów zwarciovych dla instalacji elektroenergetycznych niskiego napięcia będzie się różnić, w pewnych aspektach, od obliczeń dla sieci rozdzielczych i dystrybucyjnych. W instalacjach niskiego napięcia najczęściej będzie występowało pojedyncze źródło zasilania w postaci systemu elektroenergetycznego. Nawet jeżeli w obiekcie zainstalowane są dodatkowe generatory przeznaczone do zasilania awaryjnego insta-

lacji, to nie będą one uwzględniane w obliczeniach mających na celu wyznaczenie maksymalnej wartości prądu zwarciovego. Będą miały natomiast olbrzymie znaczenie przy obliczaniu minimalnego prądu zwarciovego w celu zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej. Kolejnym elementem istotnie wyróżniającym obliczenia w instalacjach niskiego napięcia jest konieczność uwzględniania rezystancji przewodów, kabli oraz aparatów zabezpieczających. Dla obwodów odbiorczych wykonanych przewodami o małych przekrojach żył ich rezystancja jest wielokrotnie większa niż reaktancja indukcyjna. Podstawową wielkością charakteryzującą prąd zwarciov jest jego spodziewana wartość skuteczna (wzór 2).

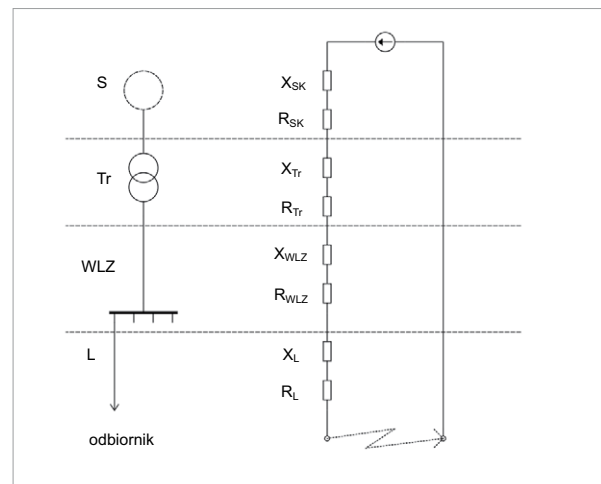
$$I_k'' = \frac{c \cdot U_N}{\sqrt{3} \cdot Z_k} \quad (2)$$

Wielkość ta charakteryzuje wartość prądu zwarciovego po zaniknięciu zjawisk przejściowych. Ze względu na znaczny udział rezystancji w wypadkowej impedancji pętli zwarcia  $Z_k$  zjawiska te najczęściej można pominąć. Z tego samego powodu przyjmuje się, że wartość prądu zwarciovego zastępczego cieplnego  $I_{th}$  jest równa wartości  $I_k''$ . Twierdzenie to uznaje się za prawdziwe, kiedy czas trwania zwarcia  $T_k$  jest ponad dziesięciokrotnie dłuższy niż stała czasowa obwodu T (wzór 3) [10].

$$T_k > 10 \cdot T \quad (3)$$

Przykładowy schemat zastępczy możliwy do zastosowania w obliczeniach przedstawiono na **rysunku 5**. Układ składa się z następujących elementów: systemu elektroenergetycznego zasilającego instalację, transformatora elektroenergetycznego SN/nn, wewnętrznej





Rys. 5. Schemat zastępczy obwodu zwarciovego w instalacji elektrycznej niskiego napięcia, gdzie: S – system elektroenergetyczny, Tr – transformator, WLZ – wewnętrzna linia zasilająca, L – instalacja odbiorcza,  $X_{sk}$  – reakcja systemu elektroenergetycznego,  $R_{sk}$  – rezystancja systemu elektroenergetycznego,  $X_{tr}$  – reakcja transformatora,  $R_{tr}$  – rezystancja transformatora,  $X_{wlz}$  – reakcja przewodu fazowego wewnętrznej linii zasilającej,  $R_{wlz}$  – rezystancja przewodu fazowego wewnętrznej linii zasilającej,  $X_l$  – reakcja przewodu fazowego instalacji odbiorczej,  $R_l$  – rezystancja przewodu fazowego instalacji odbiorczej

linii zasilającej oraz obwodu, na którego końcu wystąpiło zwarcie.

## I Dobór przekroju przewodów

Wymagany przekrój przewodu uzależniony jest zarówno od materiału, z którego wykonane są jego żyły, jak i od rodzaju materiału izolacyjnego. Warunkiem nadrzędnym jest kryterium temperatury, jaką osiągnąć może izolacja przy przepływie prądu zwarciovego. Temperatury graniczne dopuszczalne dla wybranych materiałów izolacyjnych przedstawiono w tabeli 1.

Temperatura graniczna dopuszczalna przy zwarciu  $\tau_{dz}$  jest to najwyższa temperatura żył przewodu, jaką dopuszcza się w koń-

wyłączania (energię przenoszoną – dla wyłączników) i skorzystać ze wzoru 4. Dla zabezpieczeń wyłączających dany prąd zwarciovym w czasie dłuższym niż 0,1 s należy obliczyć wartość prądu zwarciovego zastępczego cieplnego  $I_{th}$  i skorzystać ze wzoru 5.

$$s \geq \frac{1}{k} \sqrt{\frac{i^2 t_w}{1}} \quad (4)$$

$$s \geq \frac{1}{k} \sqrt{\frac{I_{th}^2 \cdot T_k}{1}} \quad (5)$$

gdzie:

s – minimalna wartość przekroju przewodu, w [mm<sup>2</sup>],

owej chwili trwania zwarcia. Jest ona tak ustalona, że zwarcie wprowadzi wywołuje znaczący ubytek trwałości termicznej izolacji, ale nie zagraża natychmiastowym uszkodzeniem izolacji, np. jej zapaleniem, roztopieniem czy chociażby zmięknieniem powodującym trwałe przemieszczenie żyły [7].

W celu wyznaczenia minimalnego przekroju żyły należy w pierwszej kolejności poprawnie obliczyć spodziewaną wartość prądu zwarciovego  $I_k$ . Na jej podstawie określa się skutek cieplny prądu zwarciovego. Dla zabezpieczeń wyłączających dany prąd zwarciovym w czasie krótszym niż 0,1 s należy wyznaczyć całkę Joule'a

k – dopuszczalna jednosekundowa gęstość prądu, w [A/mm<sup>2</sup>],  
 $i^2 t_w$  – całka Joule'a wyłączania, w [A<sup>2</sup>s],  
 $I_{th}$  – prąd zwarciovym zastępczy cieplny, w [A],  
 $T_k$  – czas trwania zwarcia, w [s].

Wartość liczbową 1 w mianowniku wzorów 4 oraz 5 jest konieczna dla zachowania właściwego rachunku jednostek, a wyrażona jest w sekundach. Wartość dopuszczalnej jednosekundowej gęstości prądu k uzależniona jest od materiału żyły przewodu oraz rodzaju izolacji (tab. 2.).

W obwodach odbiorczych instalacji elektrycznych zastosowane aparaty zabezpieczające skutecznie przerywają przepływ prądu zwarciovego w czasie krótszym niż 0,1 s. Z tego powodu, w celu wyznaczenia minimalnego przekroju przewodu, najczęściej posługuje się wartością całki Joule'a wyłączania. Jej wartość odczytuje się z wykresów lub tablic zawartych w katalogach producentów danych aparatów.

## Analiza hipotetycznego przypadku doboru przewodu

Rozważmy dwa przypadki doboru przekroju przewodu ze względu na skutki przepływu prądu zwarciovego w obwodzie, w którym spodziewana wartość skuteczna prądu zwarciovego wynosi 1 kA. Obwód ten zabezpieczony jest w pierwszym przypadku wyłącznikiem instalacyjnym, a w drugim bezpiecznikiem topikowym. Instalacja wykonana jest przewodami o izolacji polwinowej z żyłami miedzianymi. Znamionowy prąd roboczy dla tych aparatów wynosi 10 A, przy czym wyłącznik nadprądowy ma charakterystykę czasowo-prądową typu B – firmy ABB [5], a wkładka bezpiecznika topikowego ma budowę cylindryczną 8x32 mm i charakterystykę gG – firmy ETI [8]. Przy tej spodziewanej wartości prądu zwarciovego czas trwania zwarcia jest krótszy niż 0,1 s. Dla wybranego prądu zwarciovego wartości całki Joule'a wyłączania przedstawiają się następująco: 4000 A<sup>2</sup>s dla wyłącznika, 100 A<sup>2</sup>s dla bezpiecznika topikowego. Podstawiając otrzymane wartości (dla k = 115 A/mm<sup>2</sup>) do wzoru 2 otrzymuje się minimalną wartość przekroju przewodu dla tych aparatów zabezpieczających: 0,55 mm<sup>2</sup> dla wyłącznika i 0,09 mm<sup>2</sup> dla wkładki bezpiecznika topikowego. Można zauważyć, że dla takich samych wartości obliczeniowych uzyskuje się znacznie mniejszy wymagany przekrój przewodu w obwodzie zabezpieczonym wkładką topikową.



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

# NOWIMEX®

## ZASILANIE RUCHOMYCH ODBIORNIKÓW PRĄDU

## SZYNOPRZEWODY WIELOBIEGUNOWE KASETOWE

## SZYNOPRZEWODY JEDNOBIEGUNOWE IZOLOWANE

## SZYNOPRZEWODY JEDNOBIEGUNOWE NIEIZOLOWANE



## ZASILANIE RUCHOMYCH ODBIORNIKÓW ENERGII

## ZWIJAKI KABLOWE MOTOROWE

## ZWIJAKI KABLOWE SPRĘŻYNOWE

## WÓZKI I KABELE PODWIESZANE

## SYSTEM BEZDOTYKOWY

## PROWADNIKI ŁAŃCUCHOWE



Tab. 1. Temperatura graniczna dopuszczalna dla przewodów zależnie od materiału izolacji

| Materiał izolacji             |  | Temperatura graniczna dopuszczalna |                      |
|-------------------------------|--|------------------------------------|----------------------|
|                               |  | Długotrwale, w [°C]                | Przy zwarciu, w [°C] |
| Polwinit (PVC)                |  | 70                                 | 160                  |
| Polietylen (PE)               |  | 75                                 | 150                  |
| Guma naturalna                |  | 60                                 | 200                  |
| Polwinit ciepłoodporny        |  | 90                                 | 250                  |
| Polietylen usieciowany (XLPE) |  | 90                                 | 250                  |
| Guma silikonowa               |  | 180                                | 350                  |

Tab. 2. Największa dopuszczalna jednosekundowa gęstość prądu k, w [A/mm<sup>2</sup>], dla przewodów izolowanych [7]

| Materiał izolacji                                 |                         | Jednosekundowa gęstość prądu k, w [A/mm <sup>2</sup> ], w żyłach |               |
|---------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------|
|                                                   |                         | miedzianych                                                      | alumiiniowych |
| Polwinit                                          | s > 300 mm <sup>2</sup> | 103                                                              | 68            |
|                                                   | s ≤ 300 mm <sup>2</sup> | 115                                                              | 76            |
| Guma naturalna                                    |                         | 141                                                              | 93            |
| Guma etyloowo-propylenowa, polietylen usieciowany |                         | 143                                                              | 94            |



# Deklaracje środowiskowe EPD (Environmental Product Declarations)

Znajdź dokumentację dotyczącą śladu węglowego naszych przewodów i kabli w całym ich cyklu życia

W celu udokumentowania wpływu naszych produktów na środowisko przygotowaliśmy Deklaracje Środowiskowe Produktu (EPD – Environmental Product Declaration) dla wielu naszych produktów. Deklaracje EPD dokumentują wpływ produktów na środowisko, począwszy od surowców, poprzez fazę produkcji i użytkowania, aż do wycofania z eksploatacji, zweryfikowany przez stronę trzecią i zgodny z międzynarodowymi standardami.

## Czym jest deklaracja środowiskowa EPD?

Deklaracje EPD to znormalizowane podejście do dokumentacji środowiskowej, które umożliwia nam mierzenie, dokumentowanie i informowanie o wpływie produktów na środowisko w całym cyklu ich życia. EPD oferuje przejrzystą, wymierną i porównywalną prezentację wyników środowiskowych w oparciu o analizę cyklu życia (LCA), która ocenia wpływ na środowisko – od surowców, poprzez fazę produkcji i użytkowania, aż do końca cyklu życia (od powstania do utylizacji).

Celem deklaracji EPD jest nie tylko dostarczenie dokumentacji środowiskowej, ale także wzmocnienie zaangażowania firmy NKT w zrównoważony rozwój poprzez wiarygodne i weryfikowalne informacje. Proces ten rozpoczyna się od zebrania szczegółowych danych na temat surowców, zużycia energii, bezpośrednich i po-

średnich emisji, a kończy na przetwarzaniu odpadów (recykling, spalanie, składowanie). Informacje te są następnie zebrane w deklaracji EPD, która opisuje profil środowiskowy produktu w znormalizowany sposób. Deklaracje EPD NKT są tworzone zgodnie z normami ISO 14025 i EN 15804+A2.

Wierzymy, że w świecie, w którym przepisy dotyczące ochrony środowiska stają się coraz bardziej rygorystyczne, deklaracje EPD mogą pomóc w zapewnieniu zgodności z krajowymi i międzynarodowymi normami oraz przepisami dotyczącymi ochrony środowiska. Może to być szczególnie ważne dla organizacji, które działają na arenie międzynarodowej lub w sektorach podlegających ścisłym regulacjom.

Jeżeli chcą Państwo uzyskać więcej informacji, zachęcamy do odwiedzenia naszej strony internetowej lub bezpośredniego kontaktu.



# NKT

We connect a greener world

**NKT S.A.**

43-254 Warszowice  
ul. Gajowa 3  
tel. 32 757 17 00  
info.pl@nkt.com  
[www.nkt.com.pl](http://www.nkt.com.pl)

# NKT



**Już mamy!**

**DOWIEDZ SIĘ WIĘCEJ**



## Profesjonalne szkolenia dla elektryków online!

- Ochrona odgromowa i przepięciowa budynków
- Ewakuacja ludzi z płonącego budynku i jej wspomaganie. Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne
- Zastosowanie zespołów prądotwórczych do awaryjnego zasilania budynków oraz sieci elektroenergetycznych nn

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

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



# Ochrona przeciwpożarowa kabli i przewodów

## Rozwiązania techniczno-budowlane

W drugiej części artykułu poświęconego ochronie przeciwpożarowej kabli i przewodów szczególną uwagę zwrócono na ochronę pożarową kanałów i tuneli kablowych chroniących kable przed działaniem ognia z zewnątrz oraz ochronę otoczenia przed działaniem ognia i dymu wydzielanego przez palące się kable wewnątrz kanałów lub tuneli kablowych. Zostały również przedstawione wymagania w zakresie układania kabli w tunelach kablowych określone w normie N SEP E 004 oraz metody wykrywania zagrożeń pożarowych w tunelach kablowych z wykorzystaniem techniki światłowodowej. Wyjaśniono również zasady uszczelniania przepustów kablowych pomiędzy sąsiednimi strefami pożarowymi.

### I Powłoki ochronne oraz typy kabli

Większość materiałów izolacyjnych stosowanych do produkcji kabli jest palna. Jednym ze sposobów ograniczenia ich palności jest zastosowanie środków ogniochronnych, których zadaniem jest m.in. ograniczenie szybkości rozprzestrzeniania się płomieni po pojedynczym

kablu lub wiązkach kablowych. Środki stosowane do ograniczenia skutków pożaru są dostępne na rynku w postaci lakieru i wodnych roztworów soli nieorganicznych. W wyniku działania ognia na powłocę kabla tworzy się porowata zwęglona warstwa – lakiery te nazywa się lakierami pęczniewiącymi. Działanie lakieru pęczniewiającego poddanego działaniu temperatury przedstawia **rysunek 1**.

Chemiczne i fizyczne oddziaływanie powłok ogniochronnych objawia się m.in. poprzez [4]:

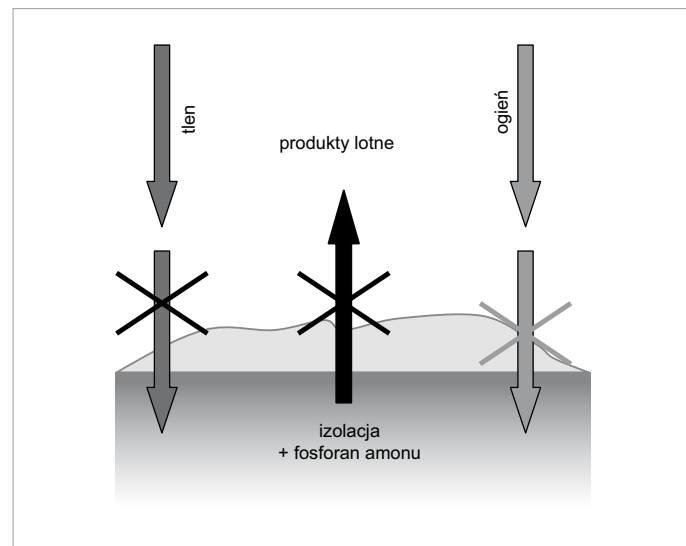
- » wytworzenie powierzchniowej warstwy izolacyjnej w czasie spalania (dodatek boranów i fosforanów wapnia, glinu oraz związku chlorowców), w rezultacie czego zmniejsza się szybkość wydzielanego ciepła (rys. 1.),
- » dezaktywację aktywnych atomów i rodników tworzących się w płomieniu (rys. 2.),
- » zmniejszenie obszaru powierzchniowego rozprzestrzeniania się płomieni,
- » wydzielanie niepalnych produktów rozkładu termicznego, które mieszając się z tlenem zawartym w powietrzu obniżają stężenie tlenu i tym samym spowalniają proces spalania.

Granica między efektem chemicznym i fizycznym jest często niedostrzegalna. Z reguły efekty chemiczne są charakteryzowane przez stałe szybkości reakcji i ściśle powiązane ze zjawiskami fizycznymi, decydującymi o transporcie masy i ciepła w czasie spalania. Ze względu na skład chemiczny środki ogniochronne można podzielić na [4]:

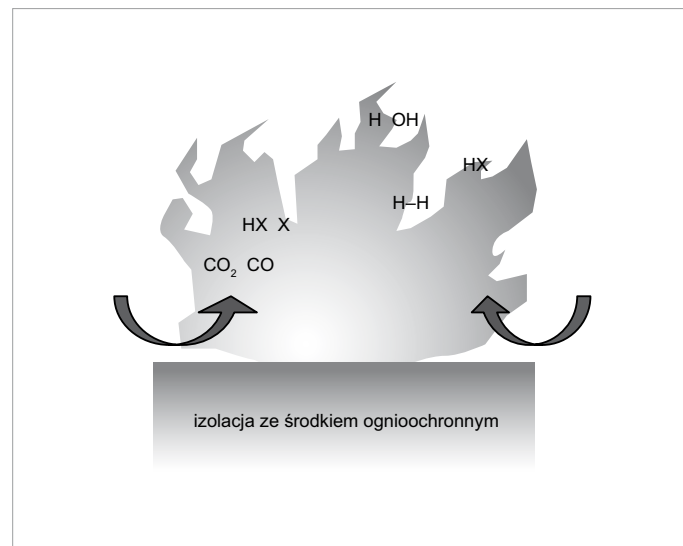
- » specjalne związki nieorganiczne,
- » chlorowcowe związki organiczne,
- » fosforowe związki organiczne,
- » chlorowcowe związki organiczne fosforu.

Do najskuteczniejszych związków nieorganicznych należy  $Sb_2O_3$ , który jest składnikiem wielu mieszanek polimerowych. Działa on synergicznie ze związkami chlorowców, w których obecności powstają tlenohalogenki antymonu, łatwo reagujące z rodnikami wytwarzanymi podczas spalania [4].

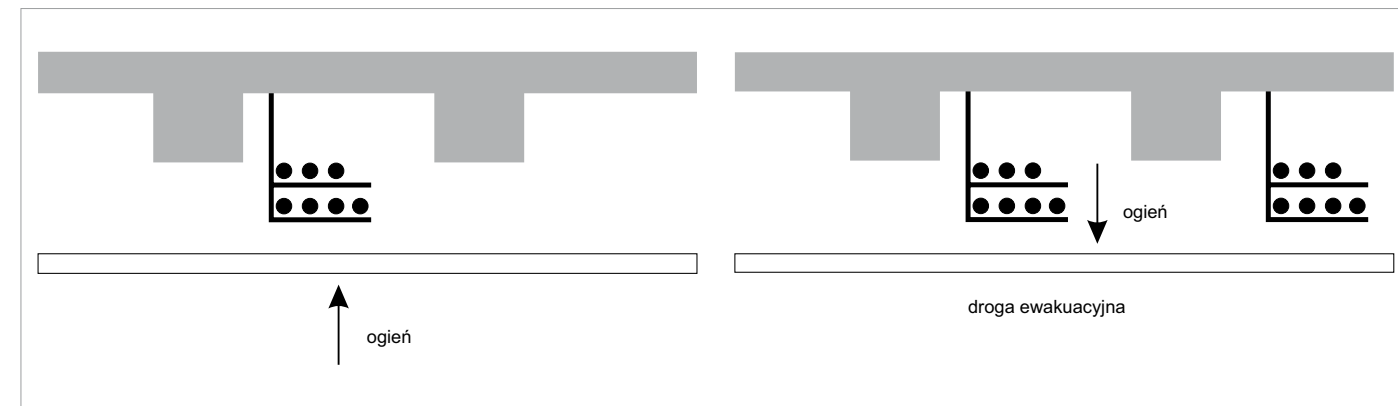
Do związków chemicznych zmniejszających palność tworzyw sztucznych można zaliczyć uwodniony trójtlenek glinu ( $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ ), którego działanie polega na odeszczepianiu wody i pochłanianiu wydzielającego się ciepła. Stosuje się go jako dodatek do następujących



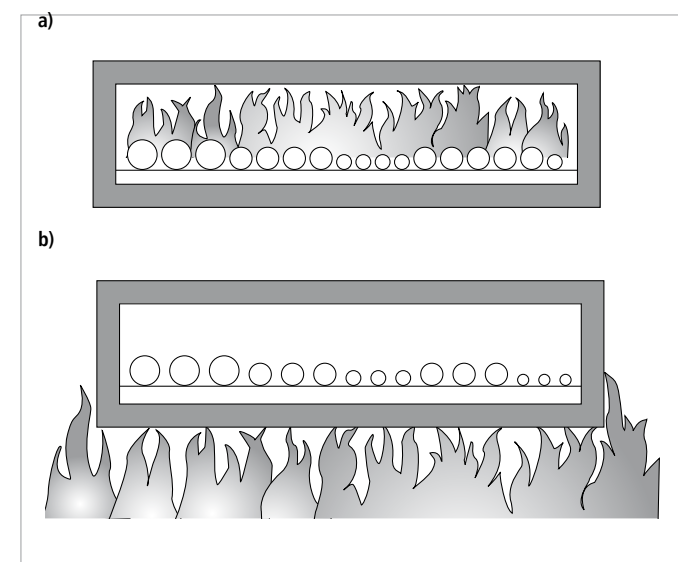
Rys. 1. Schemat działania fizycznego [4]



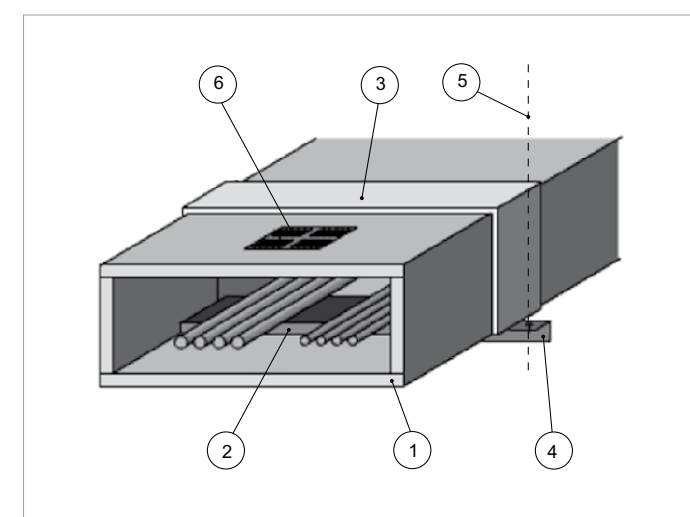
Rys. 2. Schemat działania chemicznego [4]



Rys. 3. Przykład wydzielenia pożarowego tras kablowych za pomocą sufitu podwieszonego [5]



Rys. 4. Funkcje ogniochronne kanałów kablowych przy działaniu ognia od wewnątrz (a) oraz od zewnątrz (b) [6]



Rys. 5. Konstrukcja kanału kablowego odporna na działanie ognia z zewnątrz: 1 – kanał kablowy, 2 – pasma izolacyjne, 3 – obejmę stanowiącą izolację na łączeniu, 4 – profil nośny, 5 – wieszaki, pręty gwintowane z metalowym kołkiem rozporowym mocowane w stropie, 6 – kratka wentylacyjna [5]

materiałów: PS, ABS, poliolefin, PVC, żywice epoksydowe i nienasycone żywice poliestrowe [4]. W celu zwiększenia odporności na oddziaływanie cieplne stosuje się mieszaniny związków nieorganicznych z bromowymi związkami aromatycznymi. Do polietylenu PE-HD wprowadza się np. 6 - 10 % związków bromowych i 3 - 6 %  $Sb_2O_3$  [4]. Działanie antypirenów fosforowych polega na wydzielaniu się pary wodnej, odwodnieniu i zwęglaniu powierzchni materiału. W efekcie powstaje warstwa zwęglona, odcinająca skutecznie dopływ tlenu do zwęglonego materiału izolacji przewodu [4].

Zagrożenia stwarzane przez palące się kable i przewody wymusiły konieczność opracowania nowych izolacji o właściwościach elektrycznych nie gorszych od powszechnie stosowanych, lecz odpornych na działanie ognia oraz niewydzielających toksycznych gazów podczas palenia. Uzyskane doświadczenie w produkcji kabli i przewodów bezhalogenowych, nierozprzestrzeniających ognia i odpornych

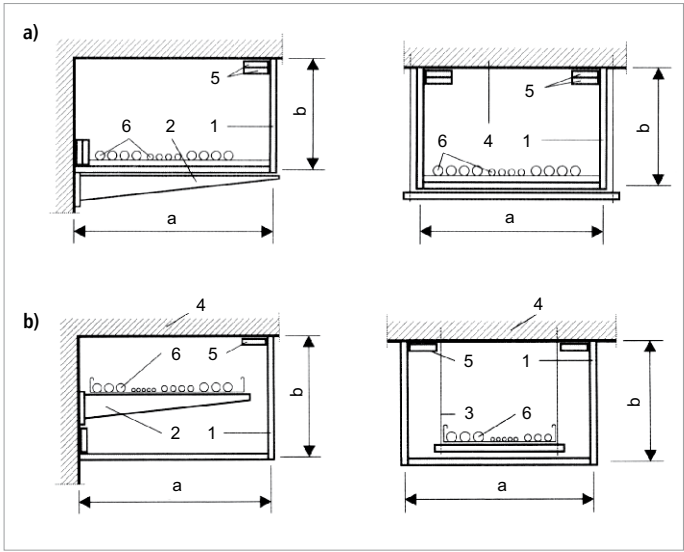
na ogień, pozwoliło na ich podział na następujące grupy:

- » **kable nierozprzestrzeniające ognia i trudno zapalne** – to takie, które nie zapalają się w wyniku zwarcia wewnętrznego, jeżeli nie są położone w środowisku palnym (np. kurz, miał węglowy), a w przypadku zapalenia się od zewnętrznego źródła ognia nie rozprzestrzeniają płomienia poza obszar jego działania i gasną po zlikwidowaniu zewnętrznego źródła ognia,
- » **kable bezhalogenowe** – to takie, w których wszystkie zastosowane materiały izolacyjne, wypełniające i powłokowe, nie zawierają halogenków, tzn. chloru, bromu i fluoru, a więc produkty ich rozkładu nie są korozyjne,
- » **kable i przewody bezhalogenowe, nierozprzestrzeniające płomienia** – to takie, w których wszystkie zastosowane materiały izolacyjne, wypełniające i powłokowe, nie zawierają halogenków, a więc produkty ich rozkładu nie są korozyjne; nie zapalają się w wyniku zwarcia wewnętrznego, a w przypadku

zapalenia się od zewnętrznego źródła ognia nie rozprzestrzeniają płomienia poza obszar działania ognia i gasną po zlikwidowaniu zewnętrznego źródła ognia,

- » **kable i przewody ognioodporne** – to takie, które nie zapalają się w wyniku zwarcia wewnętrznego, a w przypadku zapalenia się od zewnętrznego źródła ognia nie rozprzestrzeniają płomienia poza obszar jego działania i gasną po zlikwidowaniu zewnętrznego źródła ognia, jednocześnie zachowując izolację,
- » **kable i przewody bezhalogenowe, ognioodporne** – to takie, w których wszystkie zastosowane materiały izolacyjne, wypełniające i powłokowe, nie zawierają halogenków, a więc produkty ich rozkładu nie są korozyjne; nie zapalają się w wyniku zwarcia wewnętrznego, a w przypadku zapalenia się od zewnętrznego źródła ognia, nie rozprzestrzeniają płomienia poza obszar działania ognia i gasną po zlikwidowaniu zewnętrznego źródła ognia.





Rys. 6. Przykłady zamocowania kanałów kablowych: a) przy działaniu ognia od wewnątrz, b) przy działaniu ognia od zewnątrz, gdzie: 1 – płyta ogniochronna, 2 – profil nośny, 3 – wieszaki, pręty gwintowane z metalowym kołkiem rozporowym mocowane w stropie, 4 – strop, 5 – pasmo płyty ogniochronnej, 6 – kable i przewody elektryczne [6]

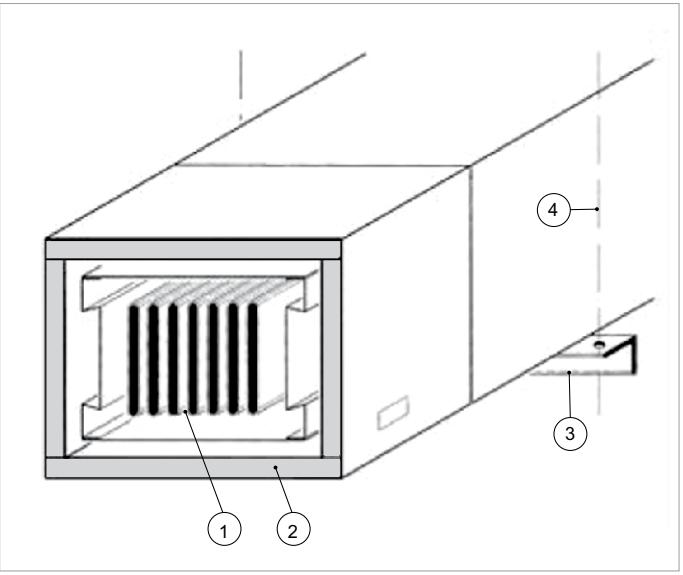
**I Kanały kablowe**

W przypadku pożaru kabli, ewakuacja może być znacznie utrudniona przez gwałtowny rozwój dymu i stężenie toksycznych gazów pożarowych. W celu ograniczenia zagrożenia stwarzanego przez palące się kable lub przewody elektryczne, stosuje się samodzielne sufity podwieszane, dla stworzenia oddzielnej „strefy po-

żarowej” w przestrzeni międzysufitowej lub kanały kablowe wykonane z płyt o odpowiedniej klasie odporności ogniowej. Dzięki temu uzyskuje się osobną „strefę pożarową”, tak jak przedstawiono na **rysunku 3**. Kanały kablowe stanowią zabezpieczenie przed działaniem ognia od środka (kable nierozprzestrzeniające ognia i trudno zapalne, chronią

| Opis kanału                                                                                                                                                                                                  | Grubość ścianki, w [mm]        | Klasa odporności ogniowej     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyt gipsowych o wymiarach 300×500 mm                                                                                                                               | 2×20<br>2×15<br>1×20           | EI90<br>EI60<br>EI30          |
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyt gipsowych o wymiarach 300×500 mm                                                                                                                               | 15+20<br>2×15<br>1×20          | EI90<br>EI60<br>EI30          |
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyt gipsowych Fireboard o maksymalnym obciążeniu kablem 20 kg/m oraz następujących wymiarach wewnętrznych:<br>440×200 mm<br>540×200 mm<br>600×225 mm<br>600×225 mm | 2×25<br>25+20<br>20+15<br>2×15 | EI120<br>EI90<br>EI60<br>EI30 |
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyt gipsowych Fireboard o maksymalnym obciążeniu kablem 20 kg/m oraz następujących wymiarach wewnętrznych:<br>400×150 mm<br>400×175 mm<br>600×225 mm<br>600×225 mm | 2×25<br>25+20<br>20+15<br>2×15 | EI120<br>EI90<br>EI60<br>EI30 |
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyty silikatowo-cementowej Promatect L lub L-500 o maksymalnych wymiarach wewnętrznych 520×250 mm                                                                  | 70<br>35<br>20                 | EI120<br>EI60<br>EI30         |
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyty silikatowo- cementowej Promatect L lub L-500 o maksymalnych wymiarach wewnętrznych 110×100 mm                                                                 | 75<br>40<br>25                 | EI120<br>EI60<br>EI30         |

Tab. 1. Przykłady kanałów kablowych typu E [6]

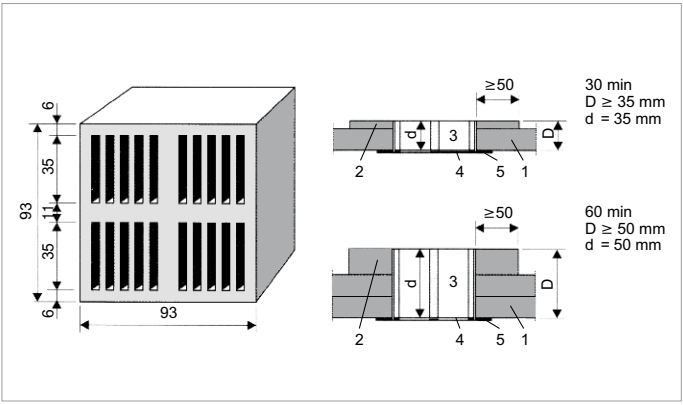


Rys. 7. Przykład kanału ogniochronnego do zabezpieczenia przewodu szynowego, gdzie: 1 – przewody, 2 – płyta ogniochronna, 3 – profil nośny, 4 – wieszaki, pręty gwintowane z metalowym kołkiem rozporowym mocowane w stropie masywnym [6]

one drogi ewakuacyjne przed skutkami pożaru instalacji elektrycznych) lub od zewnątrz – typ E (chronione są kable, które dostarczają energię elektryczną do urządzeń, które muszą funkcjonować podczas pożaru). W przypadku kanałów zabezpieczonych przed działaniem ognia od wewnątrz ogień pozostaje zamknięty w kanale kablowym, pożar nie rozprzestrzenia się w przestrzeni międzysufitowej. Drogi ewakuacyjne pozostają w stanie używalności.

Funkcje ogniochronne kanałów kablowych przy działaniu ognia od wewnątrz oraz od zewnątrz przedstawiono na **rysunku 4**. Kanał kablowy w takim przypadku stanowi „osobną strefę pożarową”. W związku z powstającym efektem kominowym, szybkość rozprzestrzeniania się ognia w kanale może dochodzić do 20 m/s. Wskutek tego groźnego zjawiska, kanały kablowe oraz miejsca ich opuszczenia przez kable i przewody muszą być bardzo starannie izolowane od przedostawania się dymu i ognia.

W budynkach wysokich i wysokościowych, a także w rozległych obiektach handlowych i przemysłowych, coraz powszechniej stosuje się przewody szynowe. Przewody te posiadają obudowę metalową i nie stwarzają zagrożenia powodowanego przez palącą się izolację, jednak poddane działaniu temperatury około 400°C tracą swoje właściwości konstrukcyjne. W przypadku, gdy przewody te podczas pożaru muszą zapewnić dostawę energii elektrycznej do urządzeń pożarowych, należy je również prowadzić w kanałach ogniochronnych. Przykład ochrony ogniowej przewodu szynowego przedstawiono na **rysunku 7**. Przykłady różnych



Rys. 8. Konstrukcja kratki wentylacyjnej Promasel stosowanej w kanałach kablowych [6]

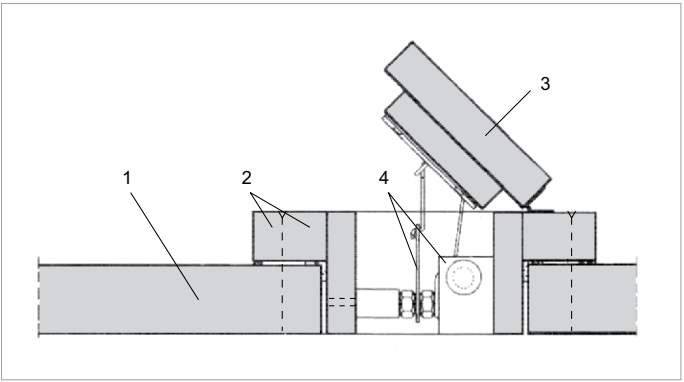
konstrukcji kanałów kablowych oraz ich zamocowania pokazano na **rysunkach 6**.

Kanały kablowe chronią kable i przewody przed pożarem z zewnątrz, zapewniając zachowanie funkcjonalności urządzeń, których praca jest konieczna podczas pożaru. Aby uniknąć przegrzania kabli i wzrostu oporności przewodzenia podczas normalnej pracy, do wymiany powietrza w kanałach stosuje się kratki wentylacyjne lub kłapę wentylacyjną, które wbudowuje się w ściany kanału. Przykład konstrukcji kratki wentylacyjnej przedstawiono na **rysunku 8**. Widoczna na **rysunku 5**, kratka wentylacyjna jest wykonana z materiału pęczniejącego, który pod wpływem działania wysokiej temperatury ulega uszczelnieniu i zapobiega przedostawaniu się płomienia i gorących spalin do wnętrza kanału. W przypadku kanałów ogniochronnych odpornych na działanie ognia od wewnątrz, kratka po uszczelnieniu uniemożliwia wydobywanie się płomienia i gorących spalin do innych pomieszczeń. Stosowane są również kłapy wentylacyjne, które pozostają otwarte podczas normalnej eksploatacji, natomiast podczas pożaru zostają zamknięte przez automatyczne urządzenie zamykające. Przykład kłapy wentylacyjnej Promat – Ventbox, pokazano na **rysunku 9**.

Parametry przykładowych kanałów kablowych przy działaniu ognia od zewnątrz (typ E) zostały przedstawione w **tabeli 1.**, natomiast parametry przykładowych kanałów kablowych typu I – w **tabeli 2**. Na **rysunku 10**, pokazano szczegóły konstrukcyjne przykładowych kanałów kablowych typu I wykonanych z płyt silikatowo-cementowych, a na **rysunku 11**. – szczegóły konstrukcyjne kanałów kablowych typu E wykonanych z płyt silikatowo-cementowych.

**I Tunele kablowe**

Zgodnie z wymaganiami normy N SEP E 004:2003 Elektroenergetyczne i sygna-

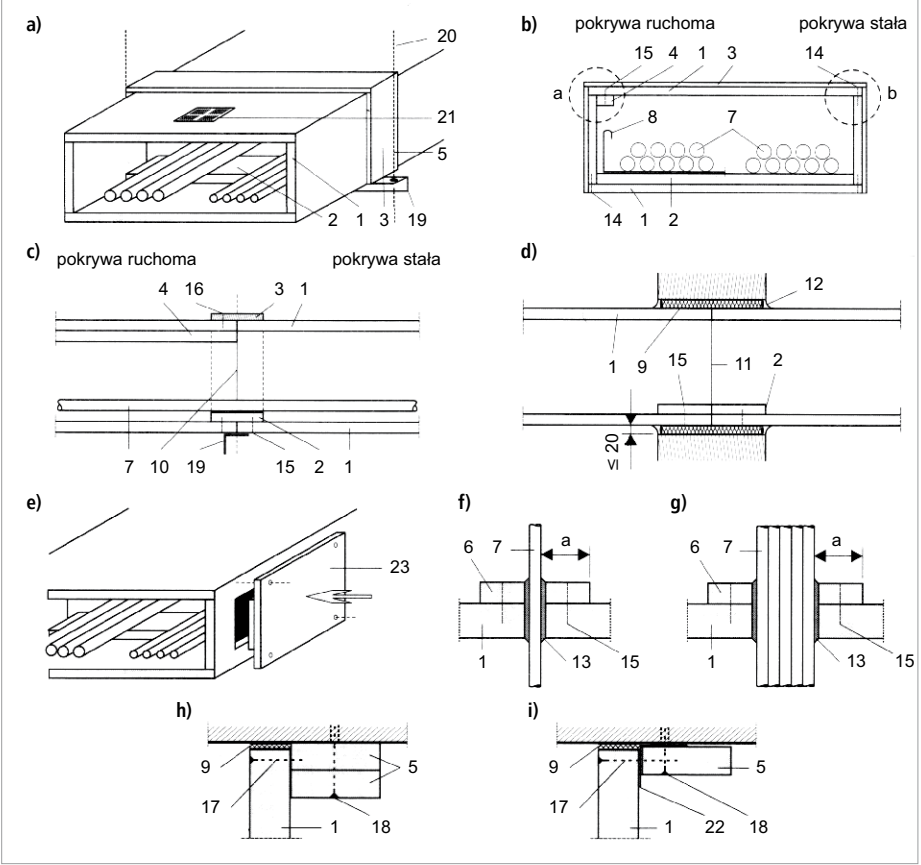


Rys. 9. Kłapa wentylacyjna Venbox, gdzie: 1 – ścianka kanału wentylacyjnego, 2 – rama z kołnierzem, 3 – pokrywa, 4 – urządzenie zamykające

lizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa [8], w kanałach i tunelach kablowych należy stosować wyłącznie kable nierozprzestrzeniające ognia lub kable ognioodporne. Kable te mogą być układane na konstrukcjach wsporczych, ścianach lub dnie tunelu. Odległość kabla od ściany powinna wynosić co najmniej 1 cm.

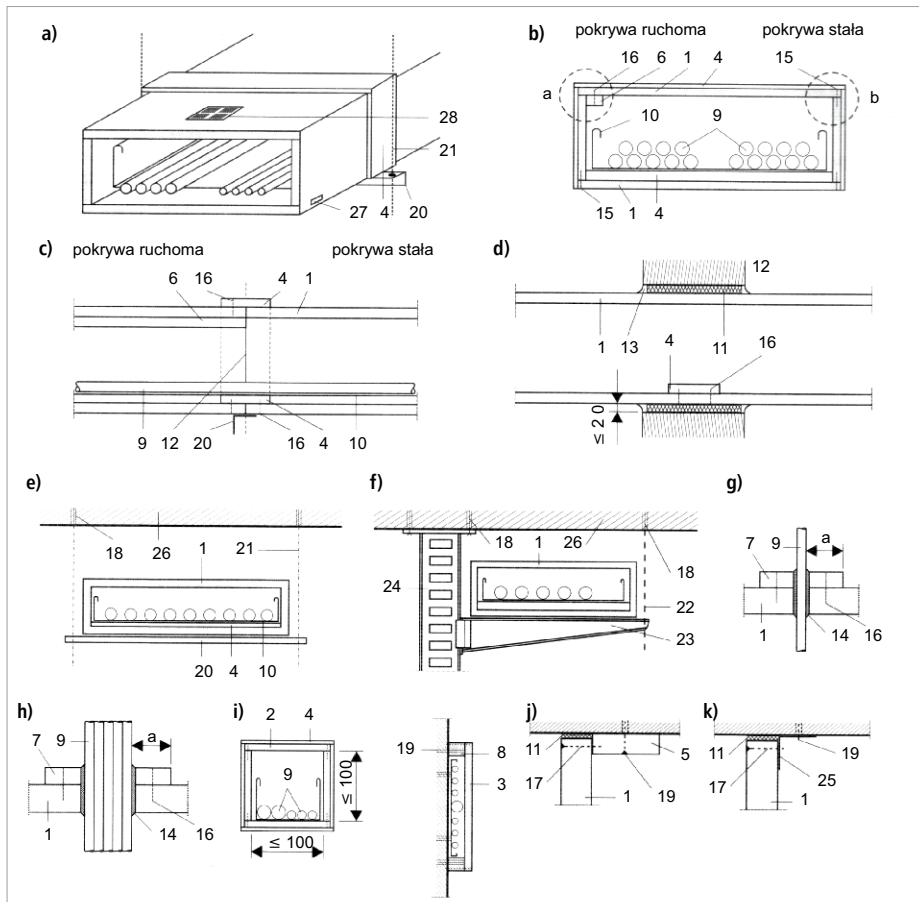
Odległość między kablami o tym samym napięciu do 30 kV powinna być nie mniejsza niż:

- » Średnica zewnętrzna ułożonego obok kabla o większej średnicy,
- » Dwukrotna średnica kabla jednożyłowego ułożonego w wiązce kabli tworzących układ wielofazowy.



**Objaśnienia:** 1 – płyta silikatowo-cementowa Promatect L-500, 2 – pasma z płyty Promatect H-L lub L500 o przekroju poprzecznym 100×20 mm, 3 – pasmo z płyty Promatect H o przekroju 100×20 mm, 4 – pasmo z płyty Promatect H o przekroju poprzecznym 100×20 mm (tylko przy luźnej pokrywie), 5 – pasmo z płyty Promatect H o przekroju poprzecznym b≥70 mm i d≥20 mm, 6 – pasmo z płyty Promatect H o przekroju d=20 mm (b – wg f i g), 7 – kable i przewody elektryczne, 8 – półka kablowa, 9 – uszczelnienie wełną mineralną skalną, 10 – złącze płyt ogniochronnych kanału kablowego, 11 – szczelina dylatacyjna w miejscu przejścia kanału kablowego przez ścianę, 12 – masa szpachlowa, 13 – kit ogniochronny, 14-17 – zszywki stalowe, 18 – kołki rozporowe, 19 – poprzeczka wsporcza z ceownika stalowego, 20 – wieszak wykonany z gwintowanego pręta stalowego, 21 – kratka wentylacyjna, 22 – kątownik z blachy stalowej, 23 – zamknięcie otworu rewizyjnego

Rys. 10. Szczegóły konstrukcyjne przykładowych kanałów kablowych typu I wykonanych z płyt silikatowo-cementowych: a) rzut aksonometryczny, b) przekrój poprzeczny, c) przekrój podłużny, d) przejście przez ścianę, e) zamknięcie otworu rewizyjnego, f) wyjście pojedynczego kabla (przewodu) [6]



**Objaśnienia:** 1–3 – płyta silikatowo-cementowa Promatect L-500, 4 – pasmo z płyty Promatect H o przekroju poprzecznym 100×20 mm (tylko przy luźnej pokrywie), 5–8 – pasmo z płyty Promatect, 9 – kable i przewody elektryczne, 10 – półka kablowa, 11 – uszczelnienie z wełny mineralnej skalnej, 12 – złącza płyt ogniochronnych, 13 – masa szpachlowa, 14 – kit ogniochronny, 15–16 – zszywki stalowe, 17 – wkłady budowlane, 18 – kołki rozporowe, 19 – metalowy kołek rozprężny, 20 – poprzeczka wsporcza, 21–22 – wieszak, 23 – wspornik, 24 – słupek do zawieszenia wspornika, 25 – kątownik stalowy, 26 – strop masywny, 27 – tabliczka kontroli technicznej, 28 – kratka wentylacyjna

Rys. 11. Szczegóły konstrukcyjne kanałów kablowych typu E wykonanych z płyt silikatowo-cementowych: a) rzut aksonometryczny, b) przekrój poprzeczny, c) przekrój podłużny, d) przejście przez ścianę [6]

Odległość pomiędzy kablami oraz warstwami kabli elektroenergetycznych oraz kabli sygnalizacyjnych nie może być mniejsza niż 15 cm. Odległości pomiędzy miejscami zamocowania lub podparcia nie mogą przekraczać:

- » 80 cm – przy układaniu poziomym lub pochylonym pod kątem nie większym niż 300,

- » 20 cm – przy układaniu pionowym lub pochylonym pod kątem większym niż 300.

Oporność ogniowa elementów mocujących nie może być niższa od oporności ogniowej zastosowanych kabli.

W przypadku skrzyżowań kanałów lub tunelei położonych na jednym poziomie, kable oby-

| Opis kanału                                                                                                                                                                                      | Grubość ścianki, w [mm] | Klasa odporności ogniowej |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyt gipsowych o wymiarach 1000×500 mm                                                                                                                  | 2×25                    | EI120                     |
|                                                                                                                                                                                                  | 15+20                   | EI90                      |
|                                                                                                                                                                                                  | 1×25                    | EI60                      |
|                                                                                                                                                                                                  | 1×15                    | EI30                      |
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyt gipsowych Fireboard o maksymalnym obciążeniu kablem 20 kg/m oraz następujących wymiarach wewnętrznych: 900×400 mm 920×420 mm 940×440 mm 940×440 mm | 2×25                    | EI120                     |
|                                                                                                                                                                                                  | 2×20                    | EI90                      |
|                                                                                                                                                                                                  | 2×15                    | EI60                      |
|                                                                                                                                                                                                  | 2×15                    | EI30                      |
|                                                                                                                                                                                                  | 50                      | EI120                     |
| Kanał kablowy o przekroju prostokątnym z płyty silikatowo-cementowej Promatect o maksymalnych wymiarach wewnętrznych 1000×500 mm                                                                 | 30                      | EI60                      |
|                                                                                                                                                                                                  | 20                      | EI30                      |

Tab. 2. Przykłady kanałów kablowych typ I [6]

dwu tuneli (kanałów) należy oddzielić od siebie osłonami na całej długości. Odporność ogniowa tych osłon nie może być niższa od odporności ogniowej zastosowanych kabli. Wejście do tunelu kablowego powinno posiadać drzwi ogniochronne o określonej odporności ogniowej. Tunel kablowy należy przedzielić ścianami ogniochronnymi, tzw. grodziami. W celu umożliwienia kontroli tuneli kablowych ściany grodziowe należy wyposażać w drzwi ogniochronne. Przykładową ścianę grodziową z drzwiami Promastop pokazano na **rysunku 12**.

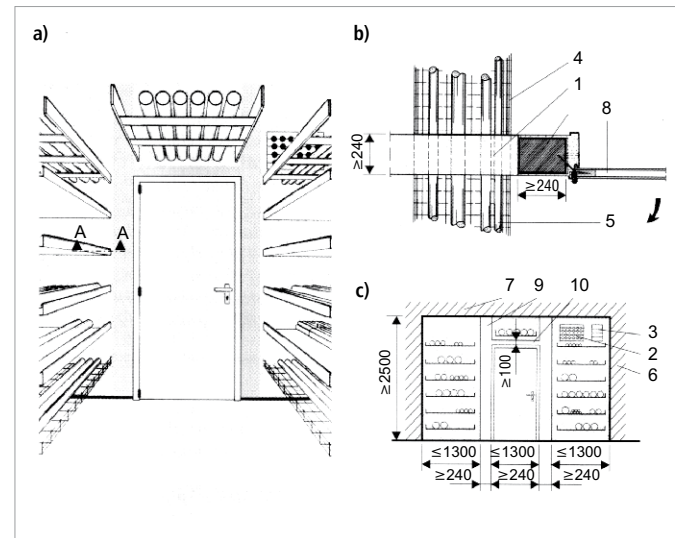
Tunele i pomieszczenia kablowe powinny być wykonane z materiałów niepalnych i zabezpieczone przed przedostawaniem się wody oraz posiadać:

- » system odwadniania,
- » możliwość przewietrzania,
- » budowę pozwalającą na ewakuację ludzi,
- » wysokość w świetle co najmniej 200 cm,
- » przejścia komunikacyjne o szerokości co najmniej 80 cm.

Tunele o długości przekraczającej 100 m powinny być podzielone na strefy pożarowe o długości nieprzekraczającej 100 m o odporności ogniowej nie mniejszej niż 60 minut. Strefy pożarowe należy wydzielić grodziami przeciwpożarowymi o odporności nie mniejszej niż 30 minut na odcinki o długości nieprzekraczającej 50 m. Tunele kablowe o długości większej od 20 m należy oświetlić elektrycznie.

W przypadku tuneli kablowych do wykrywania zagrożeń stosuje się liniową czujkę temperatury Fibro Laser II lub czujkę ADW 511A produkcji Schrack-Seconet. Liniowa czujka temperatury Fibro Laser II należy do grupy najbardziej zaawansowanych technologicznie urządzeń stosowanych do detekcji zagrożeń pożarowych. Jej konstrukcja opiera się na wykorzystaniu zjawiska rozproszenia światła na drgającej strukturze światłowodu. Zmiany temperatury powodują powstawanie drgań sieci krystalicznej włókna szklanego światłowodu. Padające na drgającą strukturę światłowodu światło ulega rozproszeniu. Częstotliwość rozpraszanego światła różni się od częstotliwości światła padającego o wartość równą częstotliwości rezonansowej drgań sieci krystalicznej. Zachodzące zjawisko w strukturze krystalicznej światłowodu zostało symbolicznie przedstawione na **rysunku 13**, który obrazuje rozkład widma ramanowskiego.

Amplituda drgań składowej o niższej częstotliwości jest uzależniona od temperatury, podczas gdy składowa o wyższej częstotliwości



**Objaśnienia:** 1 – zaprawa ogniochronna Promastop, typ S, 2 – kształtki kablowe, 3 – klipy Promastop, 4 – półki kablowe, 5 – kabel światłowodowy, 6 – ściana, 7 – strop, 8 – drzwi ogniochronne, 9 – mur ceglany, 10 – nadproże

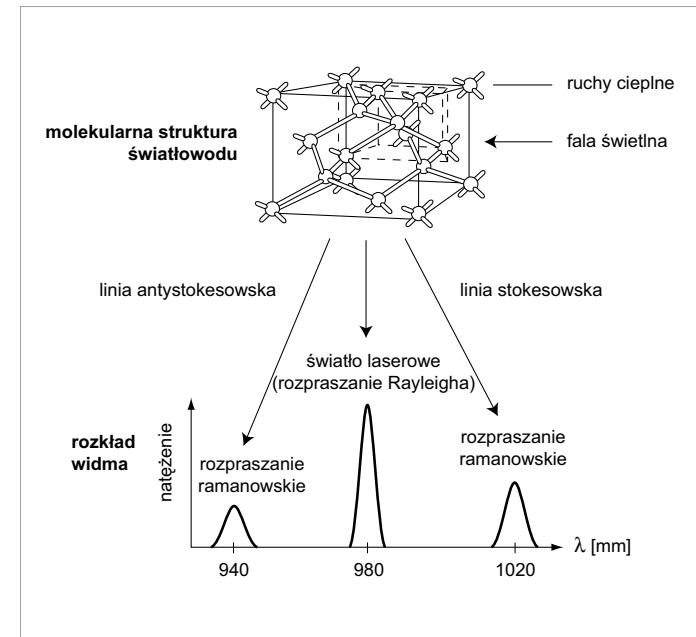
Rys. 12. Ściana grodziowa z drzwiami Promastop: a) widok aksonometryczny, b) przekrój A-A, c) wymiary [6]

nie zależy od zmian temperatury. Temperatura światłowodu w określonym miejscu jest funkcją stosunku amplitud obydwu składowych. Czujka Fibro Laser II składa się z układu pomiaru temperatury oraz światłowodu z włóknem kwarcowym, pełniącym funkcję liniowego czujnika temperatury. Budowa czujki została przedstawiona na **rysunku 14**.

Rozpraszanie Ramana zachodzi w światłowodzie w sposób ciągły. Impulsy rozproszonego światła laserowego są filtrowane w module optycznym i przetwarzane przez fotodetektory na sygnał elektryczny. Sygnał ten jest następnie wzmacniany i poddawany przemianie częstotliwości do zakresu niskich częstotliwości. Po obróbce sygnał niskiej częstotliwości zawiera dwie składowe wstępnego rozpraszania Ramana (**rys. 15**). Amplituda sygnału jednej ze składowych rozpraszania wstępnego jest proporcjonalna do natężenia rozpraszania Ramana w odpowiednim punkcie światłowodu. Tak więc rozkład temperatury wzdłuż czujki światłowodowej jest wyznaczany na podstawie stosunku amplitud sygnału w obu kanałach pomiarowych (**rys. 15**) [7].

Przedstawiona czujka Fibro Laser II cechuje się następującymi właściwościami:

- » dużą odpornością na działanie temperatury oraz siły mechanicznej,
- » ciągłym pomiarem temperatury na całej długości kabla światłowodowego,
- » selektywnym ustawianiem różnic temperatury lub progu temperaturowego dla wyzwolenia alarmu pożarowego (analogia do wielu punktowych czujek temperatury o charakte-



Rys. 13. Ilustracja cech zjawiska rozproszenia Ramana w światłowodzie [7]

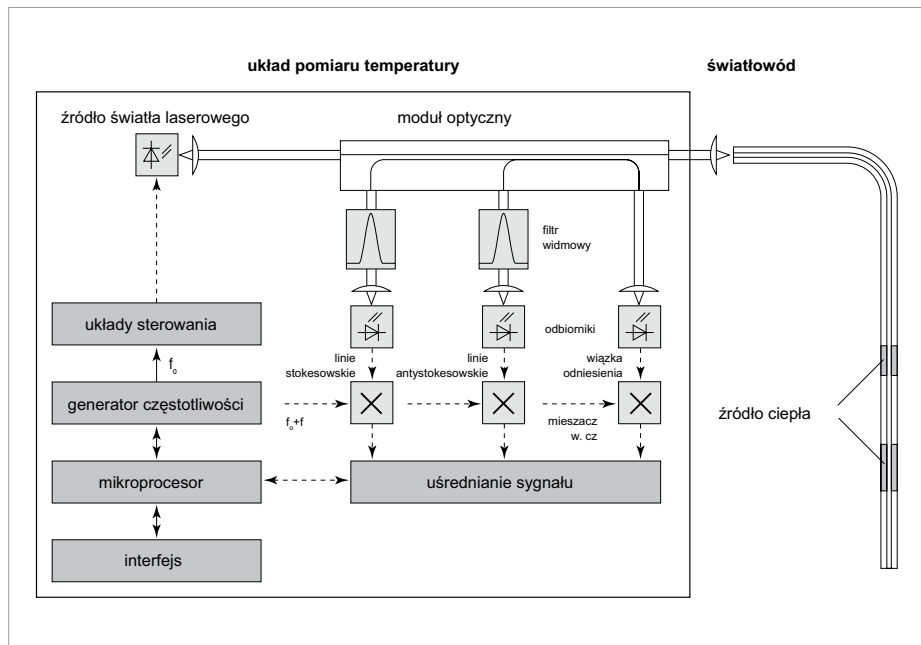
- rystykach nadmiarowo-różnicowych lub progowych),
- » możliwością parametryzowania monitorowanych sektorów,
  - » zakresem temperatur pracy od -30 do 95°C, przejściowo do 120°C, w wykonaniu specjalnym do 600°C,
  - » maksymalną długością kabla światłowodowego do 4000 m,
  - » dokładnością detekcji ok. 1 m,
  - » okresem eksploatacji światłowodu nie krótszym niż 30 lat,
  - » odpornością na działanie zakłóceń elektromagnetycznych oraz wpływów środo-

wiskowych, takich jak np. wilgotność, ciśnienie itp.,

- » możliwością uzyskiwania wizualizacji komputerowej profilu temperaturowego światłowodu.

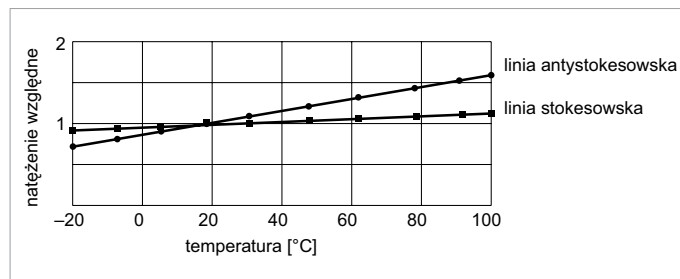
Niewątpliwą zaletą wykorzystania kabla światłowodowego jako czujki liniowej jest wyeliminowanie obsługi serwisowej, dzięki czemu konieczność prowadzenia oględzin stanu kabli i przewodów układanych w tunelach kablowych jest ograniczona do niezbędnego minimum.

Poza ochroną pożarową i nadzorem stanu temperatury w kanałach oraz tunelach kablowych istotne jest również odpowiednie zabez-

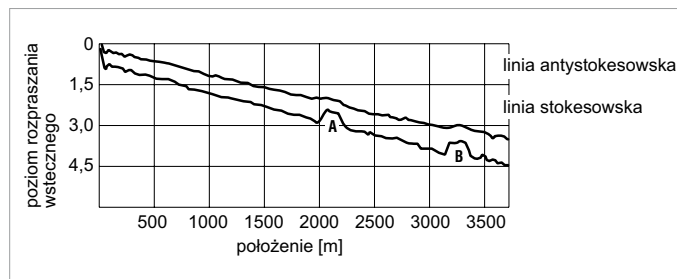


Rys. 14. Fibro Laser II – schemat budowy systemu pomiaru temperatury [7]

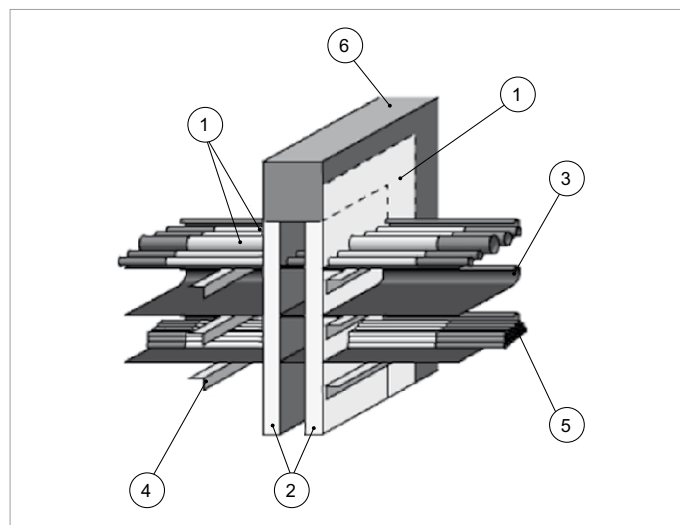




Rys. 15. Zależność temperaturowa składowych napięcia względnego [7]

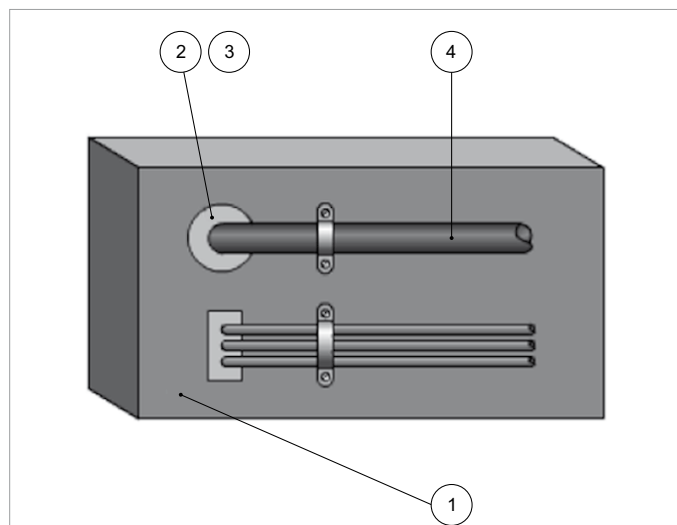


Rys. 16. Krzywe wstecznego rozproszenia Ramana w światłowodzie [7]



**Objaśnienia:** 1 – bezrozpuszczalnikowa powłoka o działaniu endotermicznym, nie przepuszcza wody i oleju, 2 – płyty niepalnej wełny mineralnej, 3 – półka kablowa, 4 – podwieszenie półki kablowej, 5 – kabel, wiązka kabli, 6 – ściana masywna

Rys. 17. Przejście kablowe Promastop typ A [5]



**Objaśnienia:** 1 – masywny element budowlany, 2 – masa ogniochronna, 3 – silikon, 4 – kabel elektryczny

Rys. 18. Uszczelnianie pojedynczych kabli [5]

pieczenie przed możliwością rozprzestrzeniania się pożaru do sąsiednich stref pożarowych i pomieszczeń. W tym celu stosuje się odpowiednie uszczelnienia zapewniające nieprzedostawanie się ognia. Instalacje techniczne, w szczególności rury i kable elektryczne, przechodzą wielokrotnie przez ściany i stropy oddzielenia przeciwpożarowych. Przejścia te, zwane również przepustami lub grodziami, muszą spełniać kryteria szczelności i izolacyjności ogniowej.

Do ich odpowiedniego zabezpieczenia stosuje się przejścia kablowe, które zamykają przejścia kabli elektrycznych przez przegrody, zachowując ich klasę odporności ogniowej. W praktyce spotyka się następujące rodzaje przepustów kablowych:

- » przepusty kablowe z wełny mineralnej,
- » przepusty kablowe z pianki ogniochronnej,
- » przepusty kablowe z zaprawy ogniochronnej,
- » przepusty kablowe z elastycznych kształtek.

Przykłady przejść kablowych oraz uszczelnienia zostały przedstawione na **rysunkach 17. i 18.**

## I Wnioski

Zagrożenie pożarowe mogą stwarzać przewody lub kable źle dobrane do warunków eks-

ploatacji. Niepoprawnie dobrany przekrój przewodów oraz zła koordynacja ich zabezpieczeń może stwarzać warunki do nadmiernego nagrzania izolacji, prowadzącego w konsekwencji do zapłonu izolacji.

Wbrew powszechnej opinii, wyłącznik różnicowoprądowy nie zapewnia pełnego bezpieczeństwa pożarowego. Nie wyłączy zasilania podczas zwarcia pomiędzy przewodami roboczymi. Ta niedoskonałość wynikająca z zasady jego działania wymusza na projektantach bezwzględny wymóg zapewnienia skutecznego samoczynnego wyłączenia przez zadziałanie zabezpieczeń nadmiarowoprądowych w czasie określonym przez normę PN-IEC 60364 w projektowanej instalacji budynku.

W przypadkach dużego zgromadzenia przewodów, w szczególności w rejonach dróg ewakuacyjnych, należy stosować do prowadzenia kabli i przewodów kanały kablowe, zapewniające ich właściwą odporność ogniową oraz dymoszczelność. W tunelach kablowych należy stosować postanowienia normy N SEP E 004 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa. Tunele kablowe należy dzielić na kilka osobnych

stref pożarowych rozdzielonych grodziami ogniochronnymi oraz poddawać ciągłej kontroli przez zastosowanie czujek liniowych, które na bieżąco informują o stanie termicznym poszczególnych grodzi kablowych, dzięki czemu można odpowiednio wcześniej przeciwdziałać zagrożeniom.

Zasadnym wydaje się także stosowanie w tunelach kabli ognioodpornych. Mocowanie kabli i przewodów w kanałach i tunelach kablowych musi spełniać wymagania odporności ogniowej takie same jak chroniony kabel. Przepusty kablowe należy bezwzględnie uszczelniać tak, aby zapewnić odporność ogniową ścian, przez które przechodzą kable lub przewody. Brak uszczelnienia przepustów powoduje bardzo szybkie rozchodzenie się ognia wzdłuż palącego się kabla lub przewodu i stwarza zagrożenie pożarowe dla innych elementów wyposażenia budynku nieobjętych pożarem. Szachty instalacyjne należy dzielić grodziami ogniochronnymi w celu uniknięcia zjawiska kominowego.



# OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH I INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA ORAZ OCENA STANU TECHNICZNEGO

2023, wydanie pierwsze  
Liczba stron: 388

**Wyróżnienie w konkursie TECHNICUS 2024 na najlepszy poradnik techniczny**

**NOT** Naczelna Organizacja Techniczna  
Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych

**NOWOŚĆ!** elektro info

W książce zostały opisane podstawowe zasady projektowania ochrony przeciwporażeniowej w sieciach elektroenergetycznych oraz instalacjach elektrycznych niskiego napięcia z uwzględnieniem specyfiki dostępnych źródeł zasilania. Omówiono także zasady badania stanu technicznego instalacji elektrycznych niskiego napięcia. W celu ułatwienia korzystania z publikacji na końcu zasadniczej części książki zostały zamieszczone załączniki, w których podano wymagania dotyczące ochrony urządzeń elektrycznych przez obudowy, parametry zwarcia transformatorów, linii napowietrznych i kablowych oraz tabele pomocnicze do oceny skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania podczas zwarcia. Wiedzę w niej zawartą z pewnością docenią projektanci, inspektorzy nadzoru, ochrony przeciwpożarowej oraz osoby wykonujące badania stanu technicznego instalacji elektrycznych niskiego napięcia.

ZOBACZ WIĘCEJ:



Zamów:

**ksiegarniatechniczna.com.pl**



# Bezpieczne prace ziemne: jak unikać uszkodzeń infrastruktury podziemnej?

Prace budowlane i ziemne coraz częściej realizowane są w obszarach o gęstej infrastrukturze podziemnej. Jak skutecznie zapobiegać jej uszkodzeniom i uniknąć kosztownych napraw? Rozwiązaniem są lokalizatory kabli, przewodów i instalacji podziemnych, które umożliwiają bezpieczne prowadzenie robót.



Inwestycje budowlane, niezależnie od ich rodzaju, niemal zawsze obejmują prace ziemne na danym obszarze. Zwykle wiąże się to z koniecznością dopasowania nowych elementów budowlanych do istniejących sieci podziemnych, co często oznacza ich lokalizację obok, nad lub pod funkcjonującymi instalacjami – na przykład siecią elektroenergetyczną. Taka sytuacja znacząco komplikuje realizację projektów budowlanych.

## Więcej inwestycji, większe ryzyko uszkodzenia infrastruktury

Brak precyzyjnego planowania może prowadzić do nieprzewidzianych uszkodzeń lub przerw w przesyłce danego medium. Pociąga to za sobą dodatkowe koszty inwestycji związane z naprawami zniszczonej infrastruktury, które często są bardzo wysokie.

Dynamiczny rozwój budownictwa oraz rosnąca liczba realizowanych projektów zwiększają ryzyko uszkodzeń sieci podziemnych. Dodatkowym problemem jest brak spójności pomiędzy poszczególnymi inwestycjami. Przykładowo, wymiana sieci kanalizacyjnej lub wodociągo-

wej często następuje tuż po zakończeniu remontu drogi, co świadczy o niedostatecznym planowaniu i braku perspektywicznego myślenia. Skutkiem tego jest trudność w późniejszej, niskokosztowej rozbudowie infrastruktury.

W efekcie zagęszczenie sieci podziemnych staje się coraz większe, nie tylko na terenach mocno zurbanizowanych. Trend ten będzie się nasilał, ponieważ instalacje są dziś niemal zawsze prowadzone pod ziemią. Decydują o tym względy funkcjonalne oraz estetyczne, które sprawiają, że infrastruktura naziemna staje się nieakceptowalna w nowoczesnej przestrzeni miejskiej.

## Rosnące wymagania wobec sieci elektroenergetycznych

Dodatkowym wyzwaniem jest modernizacja przestarzałych sieci elektroenergetycznych. Zgodnie z raportem Polskiego Towarzystwa Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej<sup>1)</sup> (PTPIREE), do 2040 roku planuje się znaczące

<sup>1)</sup> Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej, Energetyka. Dystrybucja i przesył, [http://ptpiree.pl/documents/2019/raport\\_ptpiree\\_2018.pdf](http://ptpiree.pl/documents/2019/raport_ptpiree_2018.pdf), [dostęp: 2.01.2025].

zwiększenie udziału sieci kablowych średniego napięcia – z obecnych 30% do 75%. Taki kierunek zmian ma na celu poprawę niezawodności i bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej, co w kontekście zmieniającego się klimatu wydaje się logicznym posunięciem. Sieci napowietrzne, szczególnie te budowane prawie pół wieku temu, nie były projektowane z myślą o obecnych obciążeniach i ekstremalnych warunkach pogodowych. Rosnące temperatury oraz coraz częstsze występowanie trąb powietrznych w Polsce dodatkowo zwiększają potrzebę ich modernizacji.

## Światłowody – pozytywny wyjątek

Na tle rosnących wyzwań związanych z infrastrukturą podziemną wyróżniają się sieci światłowodowe realizowane w ramach Programu Operacyjnego Polska Cyfrowa (POPC). W zdecydowanej większości przypadków są one montowane napowietrznie, co pozwala na wykorzystanie istniejącej infrastruktury elektroenergetycznej. Dzięki temu minimalizowana jest ingerencja w grunt i ryzyko uszkodzenia innych sieci.

## Przyczyny uszkodzeń infrastruktury podziemnej

Jak wynika z powyższych rozważań, ilość i zagęszczenie infrastruktury podziemnej stale rośnie, co sprawia, że prędzej czy później prace ziemne zetkną się z istniejącymi instalacjami. Kluczowe pytanie brzmi: czy można uniknąć uszkodzeń? Odpowiedź brzmi: tak, o ile zostaną zastosowane odpowiednie środki zapobiegawcze.

Do najczęstszych przyczyn uszkodzeń infrastruktury podziemnej należą:

- » brak sprawdzenia map geodezyjnych,
- » presja czasu,
- » błąd ludzki,
- » nieścisłości w lokalizacji sieci na mapach geodezyjnych,



Fot. 1. Sprawdzanie terenu za pomocą lokalizatora Sonel LKZ-2500

- » brak występowania danych sieci lub ich fragmentów na mapach geodezyjnych,
- » ograniczona dokładność naniesienia sieci na mapach geodezyjnych.

Popularnym błędem jest pominięcie analizy map geodezyjnych oraz nieuwzględnienie potencjalnych punktów kolizji. W praktyce wynika to zazwyczaj z pośpiechu lub nacisków ze strony przełożonych i może to prowadzić do kosztownych błędów. Warto więc poświęcić nieco więcej czasu na staranne przygotowanie prac, nawet kosztem drobnych opóźnień. W dłuższej perspektywie jest to mniej kosztowne niż naprawa uszkodzonej infrastruktury.

Aby minimalizować ryzyko błędów, kluczową rolę odgrywa staranne przygotowanie prac i przeszkolenie personelu, zwłaszcza operatora koparki. Po pierwsze – zapewnienie mu odpowiednich kursów i wystarczającego wyposażenia znacząco zmniejsza ryzyko popełnienia

błędu. Po drugie – edukacja, oparta na pokazywaniu przykładów rzeczywistych wypadków i ich konsekwencji (takich jak wybuch gazu spowodowany uszkodzeniem gazociągu), pomaga przeciwdziałać rutynowym i nieodpowiedzialnym zachowaniom operatora.

Część uszkodzeń wynika z błędów popełnionych w przeszłości przez osoby odpowiedzialne za tworzenie dokumentacji, z której obecnie korzystamy. Choć na te aspekty nie mamy bezpośredniego wpływu, warto pamiętać o możliwych konsekwencjach. Nawet poprawne dane mogą zawierać ograniczenia związane z dokładnością pomiarów. Tolerancja błędu może wynosić nawet kilka metrów, co w skrajnych przypadkach oznacza, że sieć znajduje się w zupełnie innym miejscu niż wskazują mapy, np. po przeciwnej stronie ulicy.

Co można zrobić, aby zminimalizować ryzyko wynikające z błędów w dokumentacji? Kluczo-

we jest przeprowadzanie kontroli i weryfikacji danych jeszcze przed rozpoczęciem prac. Pierwszym krokiem jest skorzystanie z platformy takiej, jak Geoportal (<https://www.geoportal.gov.pl>), która pozwala sprawdzić, czy na danym obszarze występują elementy infrastruktury podziemnej. Dzięki temu można lepiej przygotować się do realizacji projektu i zidentyfikować potencjalne ryzyka.

## Skuteczna weryfikacja danych przy użyciu lokalizatora kabli

Drugim sposobem kontroli i weryfikacji danych jest sprawdzenie terenu za pomocą lokalizatorów kabli. Obszar prac należy badać w dwóch etapach:

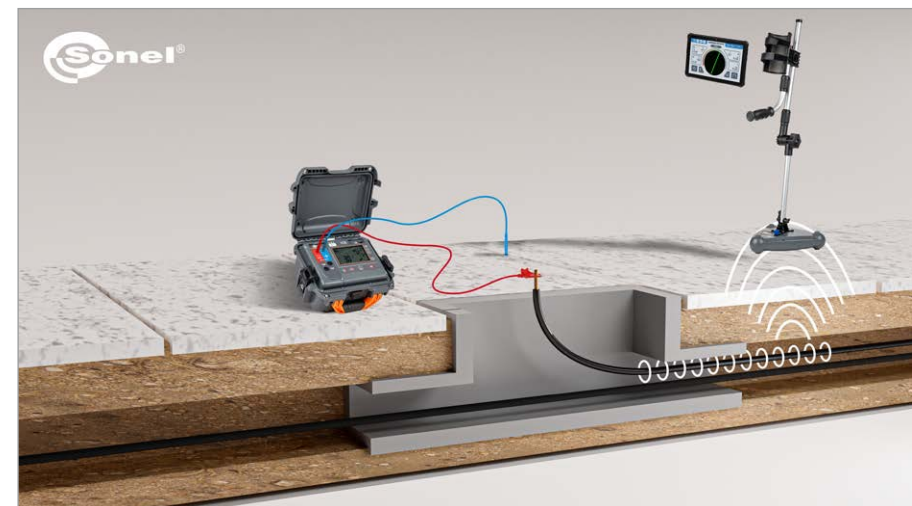
1. Zweryfikowanie rzeczywistego przebiegu pod ziemią elementów naniesionych na mapy geodezyjne.
  2. Przeszukanie terenu w poszukiwaniu infrastruktury nieoznaczonej na mapach, nieczynnej lub pozostałości podziemnych.
- Pierwszy etap jest stosunkowo prosty, ponieważ wiadomo, gdzie mniej więcej szukać danych sieci. Najlepszym rozwiązaniem jest użycie lokalizatorów pracujących w trybie aktywnym, które umożliwiają wprowadzenie sygnału do obiektu i śledzenie jego przebiegu/trasy. Podczas takich prac warto korzystać z dużych lokalizatorów, przystosowanych do prac w terenie i na sporej głębokości. Kluczowe znaczenie ma również metoda nadawania sygnału, która może wpłynąć na dokładność pomiarów.

## Trzy metody nadawania sygnału

Wyróżnia się trzy podstawowe metody nadawania sygnału:

- » galwaniczną – nadajnik podłączany jest bezpośrednio do trasowanego obiektu oraz jego elementu przewodzącego;
- » cęgową – sygnał indukowany jest za pomocą cęgów nadawczych, co eliminuje konieczność fizycznego podłączenia (kabel może być pod napięciem i w izolacji);
- » indukcyjną – wbudowana antena nadajnika indukuje sygnał we wszystkich obiektach przewodzących pod nim, zgodnie z kierunkiem oznaczonym na nadajniku.

Najbardziej efektywna jest metoda galwaniczna, ponieważ umożliwia wprowadzenie najsilniejszego sygnału trasowania, który zależy bezpośrednio od wielkości natężenia prądu wygenerowanego w obiekcie. Sygnał można dodatkowo wzmocnić poprzez doziemienie drugiego końca kabla, co znacząco zwiększa skuteczność lokalizacji.



Fot. 2. Galwaniczna metoda nadawania sygnału



## Lokalizacja infrastruktury nieprzewodzącej

Niestety, nie cała infrastruktura podziemna jest przewodząca. W przypadku rur wykonanych z PCV pomocne okazują się specjalistyczne akcesoria, takie jak:

- » Przewód nadawczy na szpuli, umożliwiający wprowadzenie przewodu do rur na zasadzie pilota. Po podłączeniu do niego nadajnika można precyzyjnie śledzić trasę rurociągu w podobny sposób, jak w przypadku kabla elektroenergetycznego.
- » Sonda nadawcza – niewielki nadajnik, który można zamontować na końcu pilota do przeciągania kabli i wprowadzić do rury, śledząc sam nadajnik za pomocą odbiornika.

## Poszukiwanie infrastruktury nieoznaczonej w dokumentacji

Drugi etap, czyli badanie terenu pod kątem wykrycia pełnej infrastruktury podziemnej, wymaga znacznie większej uwagi i doświadczenia. Operator lokalizatora musi umiejętnie interpretować odbierane sygnały, co jest kluczowe dla skuteczności całego procesu. Poszukiwania dzieli się na dwa rodzaje:

- » obiekty czynne – nieoznaczone kable elektroenergetyczne, telekomunikacyjne czy gazociągi;
- » obiekty nieczynne, przewodzące – elementy infrastruktury, które nie są już użytkowane, ale wciąż mogą stanowić przeszkodę w trakcie prac.

Najszybszą metodą wykrywania obiektów czynnych są tryby pasywne, w których wykorzystywany jest sam detektor. Najczęściej wykorzystywane tryby to:

- » POWER – pozwala na wykrycie i trasowanie kabli pod napięciem sieciowym o częstotliwości 50 lub 60 Hz
- » RADIO – śledzi wszystkie sygnały w wybranym paśmie częstotliwości.

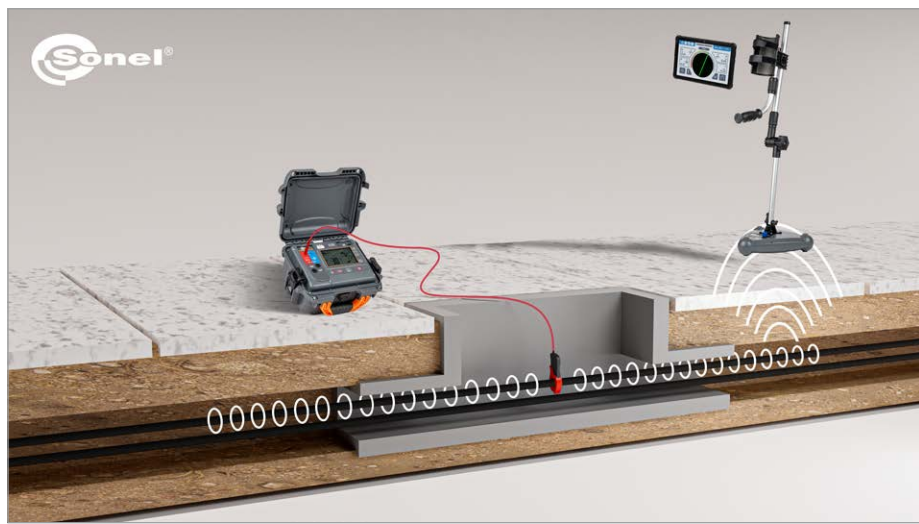
Przeszukiwanie terenu w trybach pasywnych zazwyczaj polega na podzieleniu obszaru na równoległe linie o odstępach około jednego metra od siebie, prostopadłe do jednego boku obszaru. Operator przemieszcza się wzdłuż tych linii, rejestrując sygnały. W przypadku natrafienia na stabilny sygnał, zaznacza się punkt na powierzchni ziemi. Na podstawie takich punktów można wyznaczyć linię, która odzwierciedla przebieg wykrytej infrastruktury.

Po pierwszym przeszukaniu terenu należy powtórzyć proces, ale tym razem wyznaczyć linię prostopadłą do wcześniej analizowa-

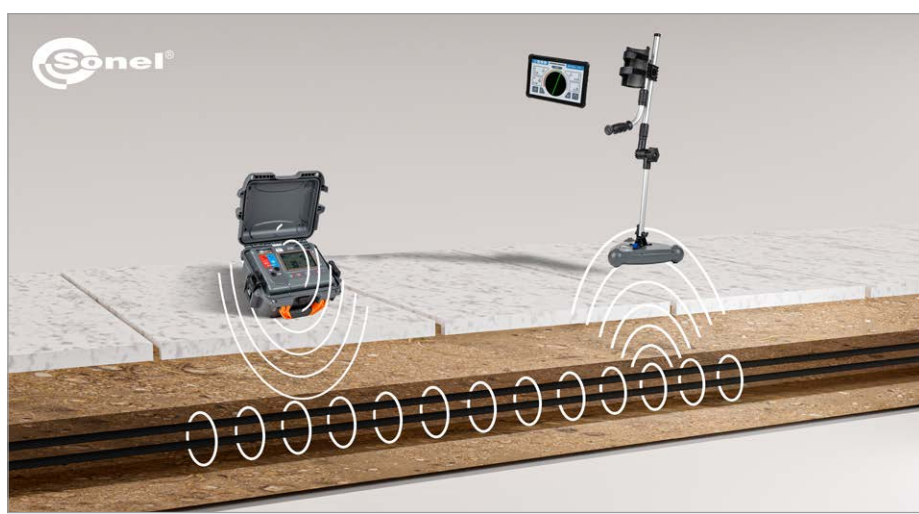
nych. W efekcie na badanym terenie powstanie siatka pomiarowa o kwadratowych polach o boku jednego metra. Taka metodyka zwiększa prawdopodobieństwo zlokalizowania oraz dokładność odzwierciedlenia podziemnej infrastruktury.

## Nowoczesne lokalizatory a siatki pomiarowe

Stosowanie siatek pomiarowych jest szczególnie istotne w przypadku starszych lokalizatorów, które ze względu na ograniczoną liczbę



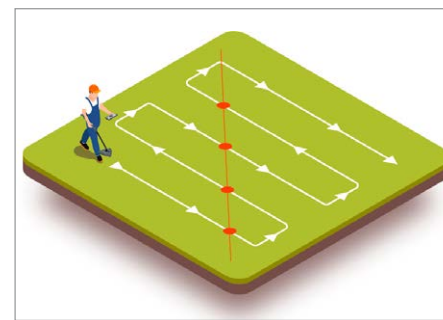
Fot. 3. Cęgową metodą nadawania sygnału



Fot. 4. Indukcyjna metoda nadawania sygnału



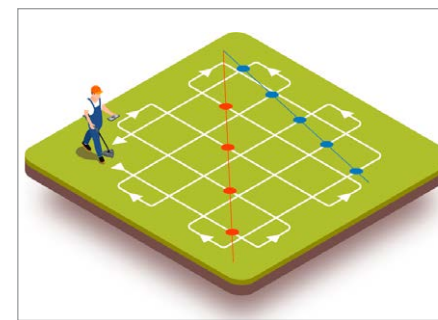
Fot. 5. Lokalizacja infrastruktury nieprzewodzącej przy użyciu specjalnego przewodu nadawczego



Fot. 6. Metodyka przeszukiwania terenu w trybach pasywnych – pierwsze przejście

bę anten mogą mieć trudności w wykrywaniu obiektów równoległych lub prostopadłych do trasy detektora. Technologiczne ograniczenia takich urządzeń wpływają na dokładność odczytów i pewność prowadzonych prac.

Współczesne detektory, wyposażone w wiele anten lub technologię anten 3D – takie jak w lokalizatorze [Sonel LKZ-2500](#) – eliminują konieczność tworzenia siatek pomiarowych. Dzięki nim wystarczy obejść obszar wzdłuż granic, aby wykryć sygnały infrastruktury podziemnej. Anteny 3D pozwalają na odbieranie sygnałów niezależnie od kąta odchylenia względem trasy wykopu.



Fot. 7. Metodyka przeszukiwania terenu w trybach pasywnych – drugie przejście

Takie rozwiązanie znacząco skraca czas potrzebny na lokalizację infrastruktury podziemnej. Aby jednak zwiększyć precyzję, warto uzupełnić ten proces dodatkowymi obchodami wewnątrz obszaru, oddalając się stopniowo od granic. Powtórzenie pomiarów w kilku miejscach, prostopadłych do pierwotnych tras, minimalizuje ryzyko pominięcia elementów infrastruktury, które mogą zaczynać się lub kończyć na danym obszarze.

Podstawową czynnością przed rozpoczęciem prac ziemnych jest również przeprowadzenie dodatkowego obchodu [detektorem](#) wzdłuż

planowanego wykopu. Ważne, aby całą procedurę powtórzyć zarówno w trybie POWER, jak i RADIO, ponieważ każdy z tych trybów jest przeznaczony do wykrywania innej częstotliwości sygnału.

W przypadku infrastruktury nieczynnej można ją wykryć w trybie RADIO, jeśli reemituje ona zakłócenia lub sygnały wyindukowane przez inne obiekty. Przykładami takich obiektów są zakopane bednarki lub folie ostrzegawcze z wkładką lokalizacyjną.

Krótkie odcinki infrastruktury mogą być jednak trudne do wykrycia. Dlatego procedurę należy powtórzyć również w trybie indukcyjnym, angażując dwie osoby: jedna przemieszcza się wzdłuż wykopu z detektorem, a druga z nadajnikiem w trybie indukcyjnym porusza się równolegle. Zapewnia to najwyższą skuteczność detekcji infrastruktury nieczynnej. Takie przejścia zaleca się powtórzyć prostopadłe do drugiego boku obszaru.

Przy korzystnych warunkach punktowe sprawdzenie może wykonać także jedna osoba – za pomocą detektora wyposażonego w anteny 3D oraz aplikacje mobilne

## SONEL SPÓŁKA AKCYJNA

**realizuje projekt dofinansowany z Funduszy Europejskich**  
**System pomiaru napięć rażeniowych z obrazowaniem bezpieczeństwa**  
**instalacji uziemiających i funkcją inteligentnej predykcji**

Celem projektu jest poprawa poziomu innowacyjności firmy poprzez stworzenie rozwiązań będących innowacją produktową i procesową.

**Dofinansowanie projektu z UE: 4 226 046,89 zł**



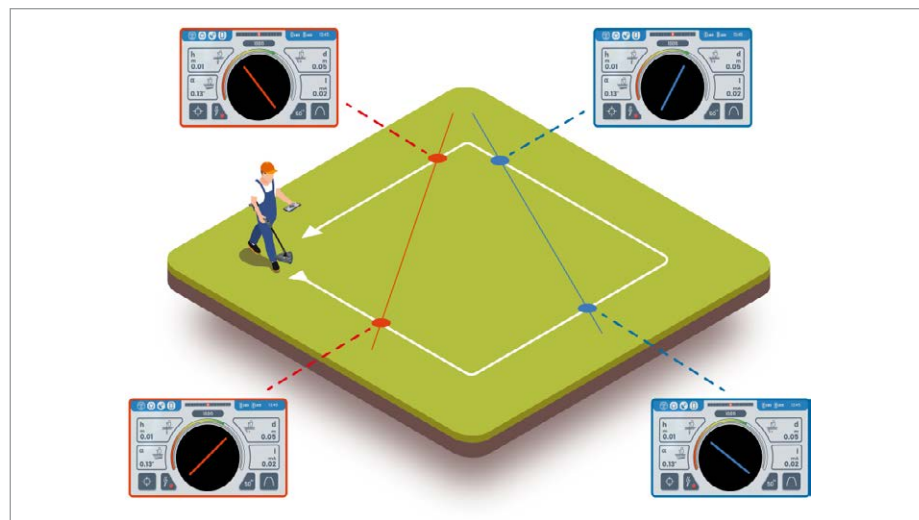
Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejski Fundusz  
Rozwoju Regionalnego

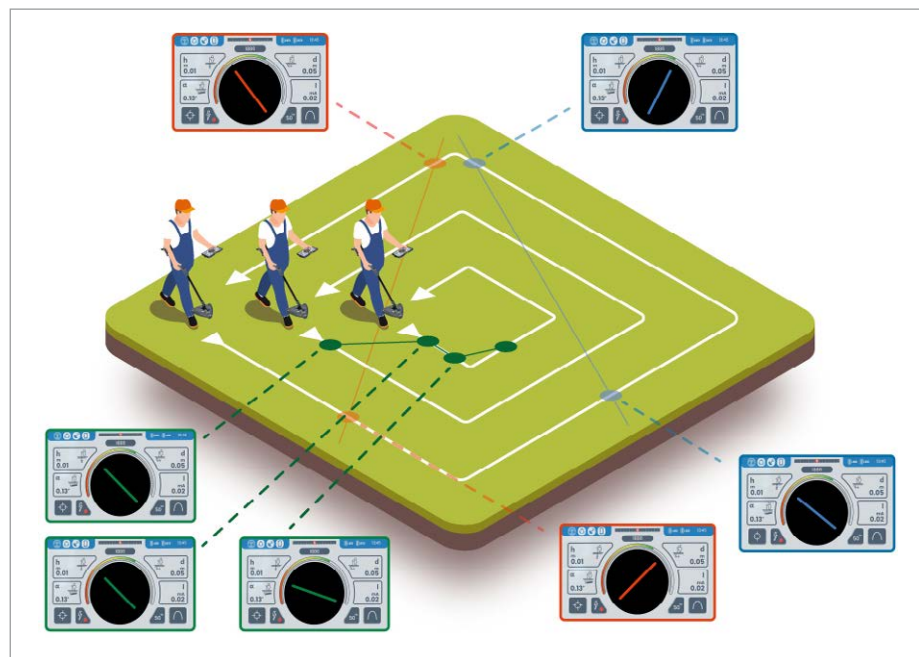


[www.mapadotacji.gov.pl](http://www.mapadotacji.gov.pl)

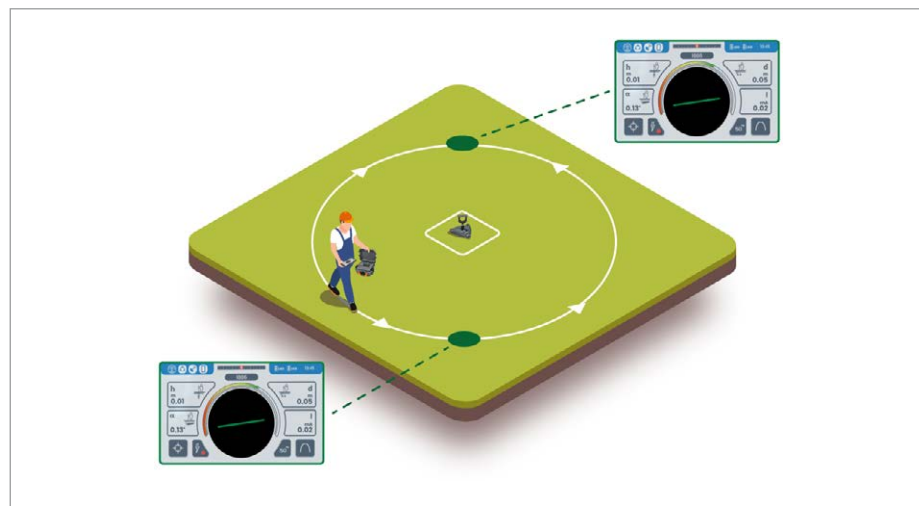




Fot. 8. Metodyka przeszukiwania terenu po obwodzie wyznaczonego obszaru. Przypadek z kablem przechodzącym przez rejon prac

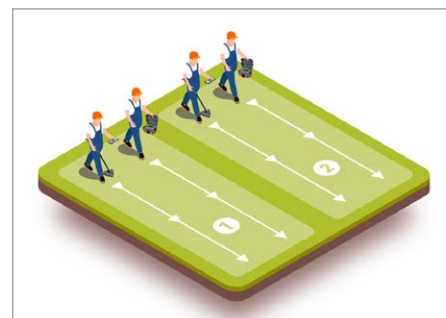


Fot. 9. Metodyka przeszukiwania terenu po obwodzie oraz zawężaniu przejść w głąb wyznaczonego obszaru. Przypadek z kablami występującymi tylko w rejonie prac



Fot. 10. Metodyka punktowego sprawdzenia terenu w trybie aktywnym – indukcyjnym

(np. **Sonel LKZ-Mobile**). Dzięki takiej technologii operator może umieścić detektor w jednym punkcie, obserwować wyniki na tablicie i zataczać koła z nadajnikiem wokół urządzenia. Ważne, aby detektor był nieruchomy, a nadajnik w ruchu, co zapewnia pełne spektrum badania. Nadajniki ustawione niezgodnie z kierunkiem indukowania, mogą nie wywołać sygnału w szukanym obiekcie.



Fot. 11. Metodyka przeszukiwania terenu w trybie aktywnym – indukcyjnym. Przypadek z nieczynną, wyłączoną lub bezsygnałową infrastrukturą podziemną

Należy jednak pamiętać, że podstawą przygotowania do prac ziemnych powinno być sprawdzenie trasy / obszaru wykopów oraz, że metoda z wyznaczeniem siatki pomiarowej pozostawia najmniej martwych pól podczas przeszukiwania obszaru prac.

### Mapy, lokalizator i zdrowy rozsądek

Nie wszystkie kable, np. telekomunikacyjne czy światłowody, są wykrywalne przez lokalizatory kabli. Podobnie jest z niektórymi gazociągami i nieprzewodzącymi przyłączami innego typu. Kluczowym krokiem zawsze pozostaje analiza map geodezyjnych oraz weryfikacja ich zgodności z rzeczywistym rozmieszczeniem infrastruktury. Wskazany jest również zdrowy rozsądek: zapadnięta ziemia na trasie prowadzonych prac może wskazywać na istnienie infrastruktury podziemnej.



**Sonel S.A.**  
58-100 Świdnica  
ul. Wokulskiego 11  
tel. 74 884 10 53  
bok@sonel.pl  
[www.sonel.pl](http://www.sonel.pl)



## OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA W SIECIACH ELEKTROENERGETYCZNYCH I INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH NISKIEGO NAPIĘCIA ORAZ OCENA STANU TECHNICZNEGO

2023, wydanie pierwsze  
Liczba stron: 388

**Wyróżnienie w konkursie TECHNICUS 2024 na najlepszy poradnik techniczny**



**Naczelna Organizacja Techniczna**  
Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych

**NOWOŚĆ!**



W książce zostały opisane podstawowe zasady projektowania ochrony przeciwporażeniowej w sieciach elektroenergetycznych oraz instalacjach elektrycznych niskiego napięcia z uwzględnieniem specyfiki dostępnych źródeł zasilania. Omówiono także zasady badania stanu technicznego instalacji elektrycznych niskiego napięcia. W celu ułatwienia korzystania z publikacji na końcu zasadniczej części książki zostały zamieszczone załączniki, w których podano wymagania dotyczące ochrony urządzeń elektrycznych przez obudowy, parametry zwarciove transformatorów, linii napowietrznych i kablowych oraz tabele pomocnicze do oceny skuteczności samoczynnego wyłączenia zasilania podczas zwarcia. Wiedzę w niej zawartą z pewnością docenią projektanci, inspektorzy nadzoru, ochrony przeciwpożarowej oraz osoby wykonujące badania stanu technicznego instalacji elektrycznych niskiego napięcia.

ZOBACZ WIĘCEJ:



Zamów:

**[ksiegarniatechniczna.com.pl](http://ksiegarniatechniczna.com.pl)**



# Trasy kablowe w obiektach budowlanych – wymagania

Wykorzystanie energii elektrycznej w Polsce stale rośnie za sprawą zwiększającej się liczby urządzeń elektrycznych w gospodarstwach domowych, w obiektach użyteczności publicznej i zakładach przemysłowych. Istotnej zmianie uległy uwarunkowania projektowania i montażu instalacji elektrycznych. Znacznie zwiększyły się wymagania techniczno-użytkowe, którym powinny sprostać instalacje i urządzenia elektryczne w obiektach budowlanych. Wzrosła również potrzeba wyposażania budynków mieszkalnych, biurowych i produkcyjnych w różnego rodzaju systemy poprawiające ich funkcjonalność, komfort i bezpieczeństwo. Spełnienie tych podstawowych wymagań dotyczących projektowania i budowy instalacji elektrycznych wiąże się z właściwym doбором samych przewodów i kabli elektroenergetycznych oraz prawidłowym prowadzeniem ich tras w obrębie budynku i poza nim.

## I Prowadzenie instalacji

Do wykonywania ścian konstrukcyjnych i działowych w budynkach zwykle stosuje się materiały niepalne. Jednak ściany mogą być wykonane także z surowców palnych. W związku z tym instalacje elektryczne w budynkach mogą być prowadzone w podłogach i na podłogach niepalnych lub palnych.

Aby wykluczyć możliwość pożaru, którego źródłem mogą być instalacje elektryczne w styczności z materiałami palnymi oraz w podłożu i na podłożu palnym, należy prowadzić instalacje elektryczne wewnątrz ścian i przegród budowlanych, w przestrzeni pomiędzy płytami okładzinowymi, a także w przestrzeni pomiędzy stropem a sufitem podwieszanym (sprzęt i osprzęt instalacyjny w wykonaniu podtynkowym) [2, 5].

Wewnątrz ścian, sufitów i podłóg wykonywanych z płyt palnych, gdzie w środku występuje wypełnienie izolacyjne (często również palne), występują znacznie gorsze warunki odprowadzania ciepła niż na zewnątrz ścian. Wnętrze ściany wypełnione jest przeważnie w całości lub w części materiałem izolacyjnym. Po zabudowaniu ściany nie jest możliwe dokonywanie oględzin fragmentów instalacji prowadzonej w ścianie. Z tego powodu przy wyborze tego sposobu prowadze-

nia instalacji należy zachować szczególną ostrożność, aby tak wykonana instalacja elektryczna przy wystąpieniu jakichkolwiek uszkodzeń nie stała się przyczyną pożaru. Montaż instalacji nie powinien naruszać w zasadniczy sposób struktury ściany, a instalacja powinna być wymiennalna.

Proponuje się zatem następujące sposoby układania przewodów instalacyjnych [3, 5]:

- » w rurach instalacyjnych z tworzyw sztucznych niepodtrzymujących i nierozprzestrzeniających płomienia,
- » w rurach instalacyjnych metalowych (zastosowanie w pomieszczeniach, w których zagrożenie pożarowe może mieć szczególnie groźne skutki, np. pomieszczenia o trudnych warunkach ewakuacji),
- » w korytkach i na drabinkach instalacyjnych metalowych (przewodowych lub/i kablowych) w przestrzeni pomiędzy stropem a sufitem podwieszanym (stosowanych w pomieszczeniach użyteczności publicznej i technicznych),
- » w kanałach instalacyjnych metalowych i z tworzyw sztucznych niepodtrzymujących i nierozprzestrzeniających płomienia (zastosowanie w pomieszczeniach o charakterze biurowym, handlowym itp.),
- » instalacje wykonane przewodami szynowymi stosuje się do zasilania odbiorników elektrycznych, jeśli przewidywane są częste zmiany ich układu. Przewody szynowe wykonuje się w postaci łączonych ze sobą gotowych elementów. Od przewodów takich można prowadzić odgałęzienia za pomocą skrzynek przyłączeniowych i bezpiecznikowych zainstalowanych bezpośrednio na przewodach. Przewody szynowe są wykorzystywane również w obiektach przemysłowych do zasilania i jednoczesnego mocowania opraw oświetleniowych,
- » układanie przewodów w tynku – stosuje się przede wszystkim w budownictwie mieszkaniowym i ogólnym (szkoły, szpitale, teatry, pomieszczenia biurowe itp.). Instalacje wtynkowe stosuje się również w obiektach nieprodukcyjnych. Wymiana takiej instalacji wiąże się najczęściej z wymianą tynku,
- » przewodami wielożyłowymi ułożonymi na ścianie, mocowanymi do podłoża za pomocą



Fot. 1. Często w rozbudowywanych instalacjach liczba przewodów znacznie się powiększa – szkoda, że instalatorzy zapominają o podstawowych zasadach prowadzenia tego typu tras. Fot. K. Łukowiak

uchwytów (zastosowanie niezalecane; można stosować w uzasadnionych technicznie przypadkach i pod warunkiem wykonania instalacji przewodami wielożyłowymi typu YDY, YDYP lub YLY o napięciu znamionowym izolacji 750 V). Wówczas stosuje się sprzęt i osprzęt instalacyjny w wykonaniu natynkowym, który jest obudowany z każdej strony.

Do układania przewodów w rurach instalacyjnych należy stosować rury np. z PVC lub metalowe. Rury powinny być zamocowane do podłoża za pomocą uchwytów, z tym że do rur metalowych należy stosować uchwyty metalowe. Najczęściej stosuje się gniazda wtyczkowe i łączniki w wykonaniu podtynkowym, przystosowane do mocowania za pomocą wkrętów w puszkach instalacyjnych podtynkowych. Odgałęzienia przewodów należy wykonywać w puszkach instalacyjnych odgałęźnych podtynkowych. Należy stosować puszki z PVC lub z innych tworzyw niepodtrzymujących i nierozprzestrzeniających płomienia [3, 5].

## I Trasy kablowe

Trasy kablowe w różnego typu obiektach budowlanych mogą być budowane z różnego rodzaju koryt i drabinek kablowych. Możemy wyróżnić: korytka pełne lub perforowane wykonywane z blach stalowych, korytka siatkowe wykonane z prętów stalowych oraz drabinki kablowe wykonane z połączenia płaskowników i prętów stalowych.

Na rynku dostępne są korytka bardzo wąskie, przeznaczone nawet dla pojedynczych kabli lub przewodów, a nawet o szerokości do 600 mm. Długość korytek jest zunifikowana i standardowe ele-

menty mają najczęściej długość 2000, 3000 oraz 6000 lub 8000 mm. Występują korytka pełne i perforowane wykonane z blach grubości od 0,7 do 2 mm. Poszczególne typy różnią się dodatkowo wysokością ścianek bocznych. Elementy wsporcze tworzą konstrukcję nośną do poprowadzenia przewodów i kabli elektroenergetycznych, oświetleniowych, telekomunikacyjnych i sterowniczych. Przy projektowaniu trasy kablowej musimy brać pod uwagę istniejące przeszkody, planowane obciążenia wynikające z masy instalowanych kabli i przewodów. Dodatkowo należy przewidzieć ich objętości oraz pozostawić rezerwę umożliwiającą poprowadzenie dodatkowych kabli i przewodów w przyszłości.

Trasa kablowa utworzona z korytek powinna tworzyć jednolitą i sztywną całość. Dlatego poszczególne odcinki łączy się za pomocą łączników i zatrzasków lub śrub. W zależności od potrzeb mogą to być łączniki wzdlużne, kątowe lub inne. Montaż odcinków prostych korytek kablowych nie jest zbyt problematyczny. Sprawy komplikują się w przypadku potrzeby ominięcia przeszkód usytuowanych w tej samej płaszczyźnie lub też konieczności zmiany wysokości zainstalowania korytek. Takie przypadki występują we wnętrzach budynków mieszkalnych i obiektów przemysłowych, w których trasy instalacji elektrycznych przebiegają równoległe lub krzyżują się z innymi instalacjami, takimi jak kanały wentylacyjne, gazociągi, rurociągi wodno-kanalizacyjne, kable elektroenergetyczne oraz telekomunikacyjne, a także piorunochronne. Dodatkowe przeszkody stanowią elementy konstrukcyjne budynku.

## I Wymagania prawne

Instalacja elektryczna najczęściej podzielona jest na wiele obwodów. Rozróżnia się obwody rozdzielcze, które zasilają różnego typu rozdzielnice, oraz obwody odbiorcze zasilające poszczególne odbiorniki. Podstawowe wymagania stawiane instalacjom elektrycznym zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [1]. Struktura każdej instalacji zależy od potrzeb wynikających z przeznaczenia budynku.

Zgodnie z § 180 rozporządzenia [1] instalacja i urządzenia elektryczne, przy zachowaniu przepisów dotyczących dostarczania energii, ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, a także wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać [1, 4]:

- 1) dostarczanie energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych do odbiorników, stosownie do potrzeb użytkowych,

- 2) ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami,
- 3) ochronę przed emisją drgań i hałasu powyżej dopuszczalnego poziomu oraz przed szkodliwym oddziaływaniem pola elektromagnetycznego.

Przewody i kable elektryczne należy prowadzić w sposób umożliwiający ich ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz wymianę bez potrzeby naruszania konstrukcji budynku (§ 187 ust. 1. rozporządzenia [1]). Trasy przewodów elektrycznych powinny być prowadzone w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów (§ 183 ust. 1 pkt 8 rozporządzenia [1]).

Dodatkowo § 186 ust. 1 rozporządzenia [1] stwierdza, że prowadzenie instalacji i rozmieszczenie urządzeń elektrycznych w budynku powinno zapewniać bezkolizyjność z innymi instalacjami w zakresie odległości i ich wzajemnego usytuowania oraz uwzględniać warunki określone w § 164 rozporządzenia [1]. W ustępie 4 § 164 rozporządzenia [1] określono, że poziome odcinki instalacji gazowych powinny być usytuowane w odległości co najmniej 0,1 m powyżej innych przewodów instalacyjnych, natomiast jeżeli gęstość gazu jest większa od gęstości powietrza – poniżej przewodów elektrycznych i urządzeń iskrzących. Zgodnie z § 164 ust. 5 rozporządzenia [1] przewody instalacji gazowej krzyżujące się z innymi przewodami instalacyjnymi powinny być od nich oddalone co najmniej o 0,02 m.

Dodatkowo główne ciągi instalacji elektrycznej w budynku mieszkalnym wielorodzinnym, budynku zamieszkania zbiorowego i budynku użyteczności publicznej należy prowadzić poza mieszkaniem i pomieszczeniami przeznaczonymi na pobyt ludzi, w wydzielonych kanałach lub szybach instalacyjnych, zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań w tym zakresie (§ 186 ust. 2 rozporządzenia [1]).

Wewnętrzne linie zasilające w budynku mieszkalnym wielorodzinnym, budynku zamieszkania zbiorowego i budynku użyteczności publicznej należy prowadzić poza mieszkaniem i pomieszczeniami przeznaczonymi na pobyt ludzi, w wydzielonych kanałach lub szybach instalacyjnych [1, 2].

## Instalacje bezpieczeństwa – zespoły kablowe

W obecnym czasie duży nacisk kładzie się na bezpieczeństwo osób znajdujących się w budynkach użyteczności publicznej. Dlatego bardzo ważna jest niezawodność systemów bezpieczeństwa.

W kraju nie ma szczegółowych regulacji/norm, które regulują wymagania, jakie powinny spełniać „zespoły kablowe”, nie uregulowano sposobu przeprowadzania badań, ani uprawnionych do tego jednostek. Powszechnie stosowaną w Europie (także w Polsce), jedyną normą szczegółowo regulującą tę kwestię jest niemiecka norma DIN 4102 część 12. Norma wymaga, aby odbiorniki elektryczne ratujące życie ludzkie w czasie pożaru (oświetlenie alarmowe, windy, pompy ppoż. do instalacji try-skaczowych, klapy wentylacyjne itp.) zapewniały nieprzerwaną dostawę energii elektrycznej przez czas nie krótszy niż 90 minut, co ma umożliwić bezpieczną ewakuację ludzi z płonącego obiektu budowlanego. W branży budowlanej przyjęła się, za czerpniętą z niemieckiej normy, skrócona nazwa tego typu systemów „E90”. Norma DIN 4102 część 12 powstała w instytutach niemieckich w wyniku wieloletnich doświadczeń i setek przeprowadzonych badań w zakresie podtrzymywania funkcji przewodzenia prądu przez instalacje elektryczne podczas pożaru [3, 4].

Podstawowym założeniem omawianej normy jest przebadanie przewodów i kabli wraz z zamocowaniami w celu sprawdzenia, czy tak skonstruowany system dostarczy prąd elektryczny do urządzeń ratujących życie w warunkach pożaru.

Ponieważ najważniejszym elementem działań ratowniczych jest ewakuacja ludzi z budynku objętego pożarem, stawia się określone wymagania dla konstrukcji budynku oraz instalowanych w nim urządzeń elektrycznych i instalacji zasilającej te urządzenia. Wśród instalacji elektrycznych stanowiących wyposażenie budynku wstępują obwody zasilające urządzenia elektryczne, które muszą funkcjonować w czasie pożaru. Przewody tych instalacji narażone są na działanie wysokiej temperatury, przez co muszą one zapewnić ciągłość dostaw energii elektrycznej przez czas niezbędny dla funkcjonowania zasilanych urządzeń [3, 4]. Podstawowym założeniem normy DIN 4102:12 jest praktyczne sprawdzenie kabli wraz z systemem mocującym (korytka, drabinki, uchwyty), czy w określonym czasie i temperaturze będą doprowadzać energię elektryczną do odbiorników. Zatem musi zostać przeprowadzone badanie systemu tras kablowych wraz z kablami tak, aby mieć pewność, że odbiorniki elektryczne w czasie pożaru będą miały nieprzerwaną dostawę energii elektrycznej przez określony czas.

Należy jednak pamiętać o zmianach parametrów napięcia zasilającego spowodowanych wzrostem rezystancji żył przewodzących w wyniku wzrostu temperatury w czasie pożaru. W związku z tym należy dobrać kable i przewody zgodnie z normą N SEP-E-005 [5]. Podtrzymanie funkcjonowania in-



stalacji elektrycznej jest rozumiane jako ciągłe do-  
starczanie energii elektrycznej o parametrach gwa-  
rantujących ich poprawne funkcjonowanie w czasie  
pożaru. Typowymi przykładami są obwody oświet-  
lenia awaryjnego, dźwiękowych systemów ostrze-  
gawczych (DSO), urządzeń wentylacyjnych w hote-  
lach, szpitalach i obiektach użyteczności publicznej.

Jako środki służące do osiągnięcia utrzymania  
funkcjonalności instalacji kablowych należy prze-  
de wszystkim uznać zespoły kablowe ze zintegro-  
wanym utrzymaniem funkcjonalności. Zgodnie  
z treścią § 187 ust. 6 Rozporządzenia Ministra In-  
frastruktury „Zespoły kablowe powinny być tak  
zaprojektowane i wykonane, aby w wymaganym  
czasie, o którym mowa w ust. 3 i 5, nie nastąpiła  
przerwa w dostawie energii elektrycznej lub prze-  
kazie sygnału, spowodowana oddziaływaniami  
elementów budynku lub wyposażenia”.

Proces inwestycyjny składa się z kilku, kilkun-  
stu etapów, najważniejsze są dwa: projektowanie  
i wykonanie instalacji. Projektowanie i wykony-  
wanie zespołów kablowych można rozpatrywać  
w dwóch wariantach [4]:

- » pierwszym, kiedy projektujemy opierając się na  
wymaganiach zawartych w Rozporządzeniu Mi-  
nistra Infrastruktury [1],
- » drugim, kiedy do wymagań Rozporządzeniu Mi-  
nistra Infrastruktury [1] dodajemy wiedzę tech-  
niczną.

Zgodnie z tym zapisem powinno się uwzględ-  
nić szereg zasad prawidłowego wykonania takiej  
instalacji – wynikają one z wiedzy technicznej i do-  
świadczeń zdobytych podczas badań – do najważ-  
niejszych należą:

- » mocowanie za pomocą specjalnych systemów  
mocowań zapewniających podtrzymanie ich  
funkcji w czasie pożaru,
  - » wyeliminowanie możliwości załamania, zgię-  
cia czy też innego uszkodzenia kabla, ponie-  
waż w czasie pożaru ich izolacja staje się krucha  
i podatna na uszkodzenia powstałe podczas od-  
kształceń,
  - » warunki budowlane, które muszą być spełnio-  
ne, aby kable i przewody nie uległy wcześniej-  
szemu, niż to jest założone, uszkodzeniu.
- Wpływ na działanie całego systemu podtrzy-  
mania funkcji ma:
- » sposób przeprowadzenia kabla/przewodu  
przez ściany i stropy – przejścia, przez które są  
prowadzone, powinny być uszczelnione odpo-  
wiednimi materiałami ognioodpornymi w spo-  
sób zapewniający klasę odporności ogniowej  
przepustu instalacyjnego, zgodną z klasą odpor-  
ności ogniowej przenikającego elementu,
  - » przejścia kabli/przewodów przez poziome  
przegrody przeciwpożarowe i przez ściany

szybu – przejście kabli przez wewnętrzne ścia-  
ny pomieszczeń, przegrody i stropy należy wy-  
konywać w rurach lub innych przepustach itp.,

» rodzaj podłoża, na którym kabel jest układany  
– z punktu widzenia bezpieczeństwa pożaro-  
wego najważniejszym materiałem, na którym  
powinno układać się przewody, jest podło-  
że betonowe, ponieważ konstrukcja budynku  
jest różna, wówczas kable/przewody powinno  
się układać głównie na elementach konstruk-  
cyjnych mających klasę odporności ogniowej  
równą co najmniej klasie podtrzymywania funk-  
cji kabla/przewodu lub kabla/przewodu wraz  
z konstrukcją mocującą,

» osprzęt łączeniowy i rozdzielczy – powinien być  
zastosowany osprzęt posiadający stosowne do-  
puszczenia poświadczające jego klasę odpor-  
ności ogniowej i powinien tak być dobrany, aby  
umożliwiał funkcjonowanie instalacji przez czas  
wymagany dla funkcjonowania kabla wraz z sy-  
stemem mocowania,

» sposób mocowania do podłoża – pod pojęciem  
zamocowań należy rozumieć systemy nośne tras  
kablowych/przewodowych:

- z kablami/przewodami ułożonymi pojedyn-  
czo mocowanymi na szynach obejmami  
z długimi rynienkami, mocowanie pojedyn-  
czymi lekkimi obejmami,
- układanie kabla/przewodu w kanałach  
ochronnych na ścianach lub sufitach,
- trasy kablowe/przewodowe złożone z kory-  
tek kablowych,
- trasy złożone z drabinek kablowych,

» prowadzenie tras w sposób niezagrażający ob-  
niżeniu funkcji podczas pożaru, na przykład  
przez spadające elementy budowlane, dylata-  
cje budynków itp.,

» przy pionowym prowadzeniu tras co 3,5 m nale-  
ży wykonać zapasy kompensacyjne oraz zamo-  
cować kable do konstrukcji wsporczej zgodnie z  
zaleceniami producenta trasy,

» wszystkie pozostałe elementy systemu, takie jak  
puszki łączeniowe, przepusty w ścianach, po-  
winny posiadać klasyfikację co najmniej równą  
klasyfikacji trasy kablowej.

» unikać uchwytów z ostrymi krawędziami mo-  
gącymi uszkodzić powłokę kabla,

» uchwyty dobierać co najmniej o jeden rząd wiel-  
kości większy niż wynika ze średnicy kabla, za-  
pewniając swobodny jego przesuw,

» kable/przewody ognioodporne mocować  
i układać powyżej instalacji wodnych i tryska-  
czowych, izolacja kabli pod działaniem wyso-  
kiej temperatury nie jest szczelna,

» w przypadku tras pionowych klasyfikacja pod-  
trzymania funkcji obowiązuje tylko wtedy, gdy

ma miejsce skuteczne wsparcie (odstęp  $\leq 3,5$  m)  
przewodów.

Wszystkie systemy mocowań powinny posia-  
dać poświadczoną odpowiednim dokumentem  
klasę odporności ogniowej co najmniej równą  
klasie podtrzymania funkcji mocowanego kabla.  
Otaczające go elementy konstrukcyjne i instala-  
cje budynku powinny być prowadzone w odle-  
głości od elementów konstrukcyjnych budynku  
oraz odpowiednio zabezpieczone przed możli-  
wością ich uszkodzenia w wyniku pożaru przez  
mocowania innych instalacji np. wentylacji, wod-  
no-kanalizacyjnych itp. Ponadto norma DIN 4102  
część 12 dopuszcza inne rozwiązania tzw. „ponad-  
standardowe” [4].

Każdy przebadany ponadstandardowy zespół  
kablowy musi być traktowany indywidualnie, tzn.  
że może być wykorzystany tylko i wyłącznie w taki  
sposób, w jaki był przebadany. Uwzględniając do-  
kładnie konstrukcję, ale także typ i zalecenia pro-  
ducenta kabla.

## I Podsumowanie

Dostępne rozwiązania umożliwiają prowadze-  
nie tras kabli i przewodów praktycznie w każdych  
warunkach. Należy jednak pamiętać o kilku istot-  
nych zasadach [3]:

- » liczba skrzyżowań i zbliżeń kabli z innymi kablami i urządzeniami powinna być jak najmniejsza,
- » liczba przejść przez stropy, ściany oraz inne przeszkody powinna być jak najmniejsza,
- » należy chronić kable przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz szkodliwymi wpływami czynników zewnętrznych, a w szczególności: układanych na mostach, wiaduktach i przyczółkach,
  - układanych na wysokości nieprzekraczającej 200 cm w miejscach dostępnych dla osób nienależących do obsługi urządzeń elektrycznych,
  - układanych w ziemi, pod torami, drogami itp.,
- » dostęp do kabli w trakcie ich eksploatacji nie powinien być utrudniony,
- » należy unikać prowadzenia kabli przez pomieszczenia i strefy zagrożone wybuchem,
- » trasa kabla w ziemi powinna być wyznaczona wzdłuż dróg, ulic lub przez trawniki w pasach do tego przeznaczonych (wzdłuż rzek i brzegów jezior trasa powinna być wyznaczona poza miejscami narażonymi na podmywanie przez wodę),
- » linie zasilania rezerwowego powinny być prowadzone inną trasą niż linie zasilania podstawowego.



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



# ZIDENTYFIKUJ DOWOLNY KABEL LUB PRZEWÓD

**Dobrze oznakowane przewody, kable i komponenty zapewniają specjalistom błyskawiczny wgląd w sposób funkcjonowania i podłączenia danej instalacji.**

To z kolei umożliwia sprawniejsze przeprowadzanie napraw, modernizacji i uaktualnień w bardziej bezpieczny sposób, z ograniczeniem ryzyka błędu popełnionego przez człowieka.

Profesjonalne etykiety identyfikacyjne są bardziej złożone, niż może się wydawać. W zależności od wykonywanych zadań może się okazać, że lepiej wybrać etykietę z bardziej trwałego materiału, zapewniającego jej czytelność przez cały czas eksploatacji kabla lub komponentu.

**Pobierz bezpłatny przewodnik!**





# Układanie kabli i przewodów

czyli jak prowadzić i oznaczać trasy kablowe

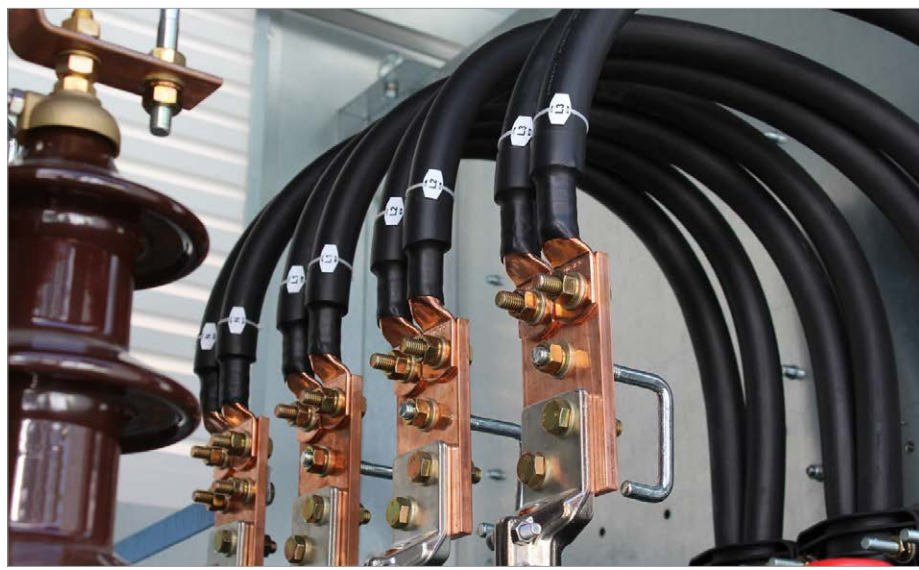
Struktura każdej instalacji zależy od potrzeb wynikających z przeznaczenia budynku oraz urządzeń i pomieszczeń, które się w nim znajdują. Z tego względu każdy projekt musi być wykonywany indywidualnie w porozumieniu z inwestorem, aby wykonana na jego podstawie instalacja elektryczna spełniała wymagania użytkowe oraz zapewniała bezpieczne i niezawodne zasilanie maszyn i urządzeń elektrycznych. Podstawowe wymagania stawiane instalacjom elektrycznym zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (DzU z 2015 r., poz. 1422 z późniejszymi zmianami) [1]. Wprowadzona nowelizacja ww. rozporządzenia zawarta w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 14 listopada 2017 roku (DzU z 2017 r., poz. 2285) nie zmieniła wymagań stawianych instalacjom elektrycznym, wprowadzono jednak zmiany w zakresie norm przeznaczonych do obowiązkowego stosowania, które przywołano w załączniku 1 do Rozporządzenia [2].

## I Wymagania prawne

Zgodnie z § 180 Rozporządzenia [1] instalacja i urządzenia elektryczne, przy zachowaniu przepisów dotyczących dostarczania energii, ochrony przeciwpożarowej, ochrony środowiska oraz bezpieczeństwa i higieny pracy, a także wymagań Polskich Norm odnoszących się do tych instalacji i urządzeń, powinny zapewniać [3]:

- 1) dostarczanie energii elektrycznej o odpowiednich parametrach technicznych do odbiorników, stosownie do potrzeb użytkowych,
- 2) ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami,
- 3) ochronę przed emisją drgań i hałasu powyżej dopuszczalnego poziomu oraz przed szkodliwym oddziaływaniem pola elektromagnetycznego.

Przewody i kable elektryczne należy prowadzić w sposób umożliwiający ich ochronę przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz wymianę



Fot. 1. Przykład oznaczenia poszczególnych faz transformatora po stronie nn fot. JT

bez potrzeby naruszania konstrukcji budynku (§ 187 ust. 1 Rozporządzenia [1]). Trasy przewodów elektrycznych powinny być prowadzone w liniach prostych, równoległych do krawędzi ścian i stropów (§ 183 ust. 1 pkt 8 Rozporządzenia [1]). Należy stosować przewody elektryczne z żyłami wykonanymi wyłącznie z miedzi, jeżeli ich przekrój  $\leq 10\text{mm}^2$  (§ 183 ust. 1 pkt 9 Rozporządzenia [1]).

§ 186 ust. 1 Rozporządzenia [1] stwierdza, że prowadzenie instalacji i rozmieszczenie urządzeń elektrycznych w budynku powinno zapewniać bezkolizyjność z innymi instalacjami w zakresie odległości i ich wzajemnego usytuowania oraz uwzględniać warunki określone w § 164 Rozporządzenia [1]. W ustępie 4 § 164 Rozporządzenia [1] określono, że poziome odcinki instalacji gazowych powinny być usytuowane w odległości co najmniej 0,1 m powyżej innych przewodów instalacyjnych, natomiast jeżeli gęstość gazu jest większa od gęstości powietrza – poniżej przewodów elektrycznych i urządzeń iskrzących. Zgodnie z § 164 ust. 5 Rozporządzenia [1] przewody instalacji gazowej krzyżujące się z innymi przewodami instalacyjnymi powinny być od nich oddalone co najmniej o 0,02 m [3].

Dodatkowo główne ciągi instalacji elektrycznej w budynku mieszkalnym wielorodzinnym,

budynku zamieszkania zbiorowego i budynku użyteczności publicznej należy prowadzić poza mieszkaniem i pomieszczeniem przeznaczonym na pobyt ludzi, w wydzielonych kanałach lub sztybach instalacyjnych, zgodnie z Polską Normą dotyczącą wymagań w tym zakresie (§186 ust. 2 Rozporządzenia [1]).

## I Wymagania przeciwpożarowe

Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1] w §187 ust. 3 stanowi, że: „Przewody i kable elektryczne oraz światłowodowe wraz z ich zamocowaniami, zwane dalej „zespołami kablowymi”, stosowane w systemach zasilania i sterowania urządzeniami służącymi ochronie przeciwpożarowej, powinny zapewniać ciągłość dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału przez czas wymagany do uruchomienia i działania urządzenia, z zastrzeżeniem ust. 7. Ocena zespołów kablowych w zakresie ciągłości dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału, z uwzględnieniem rodzaju podłoża i przewidywanego sposobu mocowania do niego, powinna być wykonana zgodnie z warunkami określonymi w Polskiej Normie dotyczącej badania odporności ogniowej. Przy-

## Specjaliści od technologii do połączeń kabli elektrycznych SN

Nexans Power Accessories jest wiodącym europejskim, wyspecjalizowanym innowatorem, producentem i dystrybutorem akcesoriów niskiego, średniego i wysokiego napięcia w zakresie technologii łączeniowej kabli dla sieci wytwórczych, przesyłowych i zasilających energii.

Będąc **Centrum Kompetencyjnym** w zakresie akcesoriów kablowych, nasi inżynierowie przejmują odpowiedzialność za rozwiązania i technologie połączeń kablowych, czym dzielimy się z producentami rozwiązań sieciowych i użytkownikami osprzętu kablowego z szerokiego spektrum rynku rozwiązań do połączeń sieci, stacji oraz transformatorów.

**Nexans Power Accessories Poland**  
Wiejska 18  
47-400 Racibórz

[www.nexans.pl/poweraccessories](http://www.nexans.pl/poweraccessories)

**Nexans**  
ELECTRIFY THE FUTURE





wołana w załączniku nr 1 do rozporządzenia Polska Norma PN-EN 1363-1:2012 Badania odporności ogniowej. Część 1: Wymagania ogólne [2] zawiera ogólne zasady określania odporności ogniowej różnych elementów konstrukcji budowlanej poddanych standardowym warunkom oddziaływania ogniowego.

Z zapisu §187 ust. 3 Rozporządzenia [1] można sformułować następujące wnioski [4]:

- » zespół kablowy składa się z kabli i przewodów oraz urządzeń nośnych, takich jak drabinki, koryta kablowe różnego rodzaju, uchwytów i innego rodzaju osprzętu mocującego o odpowiednich parametrach odporności ogniowej. Wszystkie te składowe są określone przez klasyfikację definiującą ich odporność na temperaturę pożaru. Z tego względu przewody są klasyfikowane za pomocą właściwości dostarczania energii elektrycznej i sygnału w warunkach pożaru jako PH15, PH30, PH60, PH90, PH120 dla kabli cienkich oraz P15, P30, P60, P90 dla kabli grubych [4]. Cały zespół kablowy i elementy nośne najczęściej są oceniane zgodnie z normą DIN 4102-12 Zachowanie się materiałów i elementów budowlanych pod wpływem ognia. Część 12: podtrzymanie funkcji elektrycznych linii kablowych. Wymagania i badania. Są one klasyfikowane jako E30, E60, E90,
- » zespół kablowy należy zawsze oceniać, biorąc pod uwagę rodzaj podłoża, do którego będą mocowane w obiekcie.

O ile przesłanie pierwszego wniosku jest zrozumiałe, o tyle zapis wniosku drugiego może stanowić problem dla projektantów i wykonawców instalacji ppoż. [4]. Występuje on np. wtedy, gdy obiekt budowlany ma klasę odporności ogniowej E, a ściany i elementy, do których mają być mocowane zespoły kablowe. Podkreślić należy, że urządzenia przeciwpożarowe, w tym zespoły kablowe służące do zasilania tych urządzeń i sterowania nimi, są montowane w ostatnich etapach realizacji obiektu budowlanego, co jest zrozumiałe. Wydaje się natomiast błędem brak planowania tras kablowych w odniesieniu do urządzeń przeciwpożarowych w czasie tworzenia projektu architektonicznego [4]. Ten błąd powoduje niewątpliwie zwiększenie kosztów i wydłużenie czasu inwestycji, a niekiedy uniemożliwia spełnienie wymagania przedstawionego we wniosku drugim, zgodnie z obowiązującymi przepisami. W takich przypadkach są stosowane różne rozwiązania zamiennie zwiększające zazwyczaj koszty instalacji przeciwpożarowych [4].

To bardzo dziwna sytuacja chociażby dlatego, że planowanie tras kablowych bytowych instalacji elektrycznych i sanitarnych jest dokonywane

już w procesie realizacji projektu budowlanego. Projekty budowlane i architektoniczne przewidyują co prawda instalowanie technicznych urządzeń ppoż., takich jak wentylatory oddymiające, klapy odcinające, centrale sterujące i inne, niestety nie ma w nich wymagań dotyczących zespołów kablowych, czyli zapewnienia odpowiedniego podłoża lub konstrukcji nośnych do mocowania tras kablowych, a także przebiegu zespołów kablowych w rzeczywistym obiekcie budowlanym [4].

Ponieważ najważniejszym elementem działań ratowniczych jest ewakuacja ludzi z budynku objętego pożarem, stawia się określone wymagania dla konstrukcji budynku oraz instalowanych w nim urządzeń elektrycznych oraz instalacji zasilających. Wśród instalacji elektrycznych stanowiących wyposażenie budynku wstępują obwody zasilające urządzenia elektryczne, które muszą funkcjonować w czasie pożaru. Przewody tych instalacji narażone są na działanie wysokiej temperatury, przez co muszą one zapewnić ciągłość dostaw energii elektrycznej o właściwych parametrach umożliwiających ich poprawne funkcjonowanie przez określony w rozporządzeniu [1] czas [5].

Towarzysząca pożarowi temperatura powoduje zmniejszenie przewodności elektrycznej przewodów, co skutkuje pogorszeniem jakości dostarczanej energii elektrycznej objawiającej się nadmiernym spadkiem napięcia oraz pogorszeniem warunków ochrony przeciwporażeniowej tych urządzeń. Wskazówki, jak temu zaradzić, znajdują się w normie N SEP-E 005 Dobór przewodów elektrycznych do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru. Norma ta decyzją prezesa SEP została zatwierdzona 12 kwietnia 2013 roku [5].

Przy projektowaniu trasy kablowej musimy brać pod uwagę istniejące przeszkody, planowane obciążenia wynikające z masy instalowanych kabli i przewodów. Dodatkowo należy przewidzieć ich objętość w korytku oraz pozostawić rezerwę umożliwiającą poprowadzenie dodatkowych kabli i przewodów w przyszłości. Trasa kablowa utworzona z korytek powinna tworzyć jednolitą i sztywną całość. Dlatego poszczególne odcinki łączy się w sposób gwarantujący utrzymanie wymaganej nośności. Montaż odcinków prostych korytek kablowych nie jest zbyt problematyczny. Sprawy komplikują się w przypadku potrzeby ominięcia przeszkód usytuowanych w tej samej płaszczyźnie lub też konieczności zmiany wysokości zainstalowania korytek [6]. Takie przypadki występują we wnętrzach budynków mieszkalnych i obiektów przemysłowych,

w których trasy instalacji elektrycznych przebiegają równoległe lub krzyżują się z innymi instalacjami, takimi jak kanały wentylacyjne, gazociągi, rurociągi wodno-kanalizacyjne, kable elektroenergetyczne oraz telekomunikacyjne, a także instalacje piorunochronne. Dodatkowe przeszkody stanowią elementy konstrukcyjne budynku [6].

## Oznaczanie kabli i przewodów na trasach kablowych

Właściwe opisanie żył kabli i przewodów oraz czytelne ich oznaczenie umożliwiają szybszy montaż instalacji oraz ułatwiają i skracają czas potrzebny na konserwację, a także napraw i modernizacji instalacji elektrycznych. Najczęściej kable i przewody są oznaczane przez producentów różnymi kolorami lub kombinacjami kolorów, a w przypadku kabli wielożyłowych również cyframi. Sprawa jest bardziej skomplikowana, gdy używamy kilku kabli lub przewodów wielożyłowych. Pomocne okazują się wówczas różnego typu elementy używane do ich oznaczania [7]. Przykładem może być oznaczenie poszczególnych faz pokazane na **fotografii 1.**

Dodatkowo najbardziej rozpowszechnionymi metodami znakowania żył kabli i przewodów oraz powłok jest metoda z zastosowaniem lasera nadfioletowego lub metoda termiczna z zastosowaniem głowicy znakującej symbolami graficznymi. Możemy również spotkać metody atramentowe z zastosowaniem drukarki i specjalnego zestawu czcionek, a także metoda druku termotransferowego z zastosowaniem oznaczników, tabliczek i etykiet [7].

## Druk termotransferowy

Druk termotransferowy polega na uzyskiwaniu obrazu na etykiecie poprzez podgrzewanie pigmentu zawartego w taśmie termotransferowej, który jest odpowiednikiem taśmy barwiącej. Taśma termotransferowa przesuwana jest z taśmą z etykietami. Rozgrzana głowica drukarki termotransferowej uwalnia substancję barwiącą z taśmy termotransferowej i dzięki dociskowi przenosi ją na powierzchnię etykiety. Za pomocą tej techniki można dokonywać druku na różnych rodzajach podłoży [7].

Może się wydawać, że etykiety przeznaczone do druku termotransferowego nie są trwałe, szczególnie w warunkach przemysłowych. Jest to jednak mylna opinia, gdyż niektóre ich wykonania składają się z sześciu warstw materiałów. Trwałość zapewniona jest dzięki pokryciu przezroczystym laminatem polietylenowym. Znaki nanoszone są na taśmę metodą termotransferową, która umieszczona jest po-

między dwiema ochronnymi warstwami folii. Jedną z ważniejszych cech nowoczesnych taśm termotransferowych jest odporność na ścieranie oraz działanie temperatur. Stąd też taśmy termotransferowe mogą być używane w zakresie temperatur najczęściej od –80 do 150°C. Interesujące jest, że ich grubość to zaledwie 160 µm [7]. Nie jest również problemem usunięcie taśmy z przewodu, kabla czy też z urządzenia. Etykiety nie pozostawiają znacznych ilości kleju na materiale. Ewentualne pozostałości można usunąć za pomocą detergentu lub rozpuszczalnika [7].

Technologia druku termotransferowego używana jest nie tylko do tworzenia etykiet. Za pomocą drukarek można wykonywać nadruki na rurkach termokurczliwych. Są one nakładane na przewód lub kabel, a następnie podgrzewane. Często rurki wykonuje się z materiału samogasnącego. Nie bez znaczenia pozostają właściwości zapewniające wytrzymałość na czynniki mechaniczne oraz na działanie rozpuszczalników. Rurki są odpowiednio spłaszczane. Aby móc wykonywać nadruk w drukarkach, termokurczliwe rurki dostarcza się w rolkach. Rurki tego typu są bardzo elastyczne, a budowa cechuje się cienkimi ściankami przy zapewnieniu dobrych właściwości izolacyjnych [7].

## Oznaczanie w istniejących instalacjach

Dostępne są także oznaczniki otwarte, które zatrzaskuje się na przewodzie. Elementy tego typu można zainstalować po podłączeniu przewodów, jak również po zespawaniu światłowodów. Bardzo często oznaczniki znajdują zastosowanie podczas remontów maszyn i urządzeń, kiedy konieczne jest rozłączanie istniejącej instalacji elektrycznej. Ważną cechą oznaczników zatraskowych jest, aby nie zsuwały się z przewodu. Chodzi bowiem o to, aby elementy nie przesuwaly się na miejscu ich nałożenia. Dostępne są również oznaczniki przezroczyste zamknięte z kieszenią na etykietę. Takie rozwiązanie pozwala na indywidualne opisywanie, po czym oznacznik jest wkładany do kieszeni [7].

Znakując podłączone przewody zastosować można tabliczki identyfikacyjne. Najczęściej są one wykonane z poliamidu, który cechuje się odpornością na działanie większości substancji chemicznych. Tabliczki mocowane są do kabli lub wiązek kablowych za pomocą opasek zaciskowych. Przy użyciu specjalnych otworów mogą być one mocowane wzdłuż lub w poprzek kabla [7].

## 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](http://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: 137,00 zł**

**PÓŁROCZNA**  
5 numerów + półroczny  
dostęp do wszystkich  
treści portalu (183 dni)  
**cena: 137,00 zł**

**ROCZNA**  
10 numerów + roczny  
dostęp do wszystkich  
treści portalu (365 dni)  
**cena: 229,00 zł**

**DWULETNI**  
20 numerów + dwuletni  
dostęp do wszystkich  
treści portalu (730 dni)  
**cena: 405,00 zł**

## Prenumerata PDF



**ROCZNA**  
10 numerów + roczny  
dostęp do wszystkich  
treści portalu (365 dni)  
**cena: 206,00 zł**

**DWULETNI**  
20 numerów + dwuletni  
dostęp do wszystkich  
treści portalu (730 dni)  
**cena: 364,00 zł**

## Prenumerata papierowa + PDF



**ROCZNA**  
10 numerów + roczny  
dostęp do wszystkich  
treści portalu (365 dni)  
**cena: 332,00 zł**

**DWULETNI**  
20 numerów + dwuletni  
dostęp do wszystkich  
treści portalu (730 dni)  
**cena: 587,00 zł**

### FORMULARZ ZAMÓWIENIA

Zamawiam:

■ Prenumeratę papierową:

☐ edukacyjną – 137 zł ☐ półroczną – 137 zł  
☐ roczną – 229 zł ☐ dwuletnią – 405 zł od numeru

■ Prenumeratę PDF:

☐ roczną – 206 zł ☐ dwuletnią – 364 zł od numeru

■ Prenumeratę papierową + PDF:

☐ roczną – 332 zł ☐ dwuletnią – 587 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:  
Volksbank 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. Karczeńska 18, tel. +48 22 810-21-24, wydawca elektro.info. Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupę MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K. w celu zamówienia prenumeraty. 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: .....



# Oznaczanie kabli i przewodów

Dostępne na rynku oznaczalniki są najczęściej odporne na działanie produktów ropopochodnych, kwasów i rozpuszczalników stosowanych przy czyszczeniu aparatów i urządzeń elektrycznych. Mogą być stosowane w miejscach, gdzie temperatura wynosi od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $100^{\circ}\text{C}$ . Posiadają najczęściej właściwości samogasnące i nieścieralny nadruk. Kolory oznaczników to: żółty, czerwony, niebieski, zielony i inne – nadruk wykonuje się czarnymi symbolami, jak również są dostępne oznaczalniki bez nadruku. Przede wszystkim stosuje się je do znakowania kabli i przewodów elektrycznych w różnych urządzeniach. Również oznaczalniki czyste (bez napisu), o długościach 5–40 mm, służą do samodzielnego opisywania.

## I Nowe instalacje

Oznaczalniki, które stosowane są przed przyłączeniem przewodów, charakteryzują się kształtem zamkniętym. Ich konstrukcja pozwala na oznaczanie przewodów w szerokim zakresie średnic. Dobierając oznaczalniki należy zwrócić uwagę na ich kształt. Niektóre modele mają budowę uniemożliwiającą przekręcanie się oznaczników względem siebie. [1, 3].

## Oznaczanie istniejących instalacji

Dostępne są także oznaczalniki otwarte, które zastrzaskuje się na przewodzie. Elementy tego typu można zainstalować po przyłączeniu przewodów, jak również zespawaniu światłowodów. Bardzo często oznaczalniki znajdują zastosowanie podczas remontów maszyn i urządzeń, kiedy konieczne jest rozłączanie istniejącej instalacji elektrycznej. Ważną cechą oznaczników zatrzaskowych jest, aby nie zsuwały się z przewodu. Chodzi bowiem o to, aby elementy nie przesuwaly się na miejscu ich nałożenia. Dostępne są również oznaczalniki przezroczyste zamknięte z kieszenią na etykietę. Takie rozwiązanie pozwala na indywidualne opisywanie, po czym oznacznik jest wkładany do specjalnej kieszeni [1].

Znakując przyłączone przewody można zastosować tabliczki identyfikacyjne. Najczęściej są one wykonane z poliamidu, który cechuje się odpornością na działanie większości substancji chemicznych. Tabliczki przytwierdza się do kabli (przewodów) lub wiązek kablowych (przewodowych) za pomocą opasek zaciskowych. Przy użyciu specjalnych otworów są one mocowane wzdłuż lub w poprzek kabla

(przewodu) [5]. Napisy wykonuje się za pomocą specjalnych pisaków. Dlatego też powierzchnia tabliczki jest matowa.

## I Etykiety samoprzylepne

Interesujące rozwiązanie stanowią również etykiety przeznaczone do opisu ręcznego. Typowa etykieta składa się z pola opisowego oraz przezroczystej folii ochronnej. Tekst jest nanoszony pisakiem w okienku. Tusz w pisaku cechuje się krótkim czasem schnięcia. Opisaną etykietę okleja się wokół przewodu. Na końcu naklejana jest folia ochronna, która zabezpiecza przed działaniem czynników zewnętrznych [4]. Można zastosować również etykiety samolaminujące. Nadruk wykonywany jest za pomocą drukarki laserowej. Etykiety samolaminujące najczęściej znajdują zastosowanie w procesie związanym z oznaczaniem elementów okrągłych, takich jak przewody, rury czy też kable. Dodatkowo możemy nabyć przeznaczone do tego celu oprogramowanie, dzięki któremu możliwe jest projektowanie zarówno oznaczeń, jak i ich wydruku.

## I Drukarki oznaczników

Drukarki oznaczników przedstawiają szybki, prosty i profesjonalny sposób oznakowania kabli, drutów i urządzeń elektrycznych. Małe przenośne drukarki umożliwią wytworzyć przejrzyste i stałe oznakowanie wysokiej jakości. Do głównych zalet tych urządzeń należą także niskie koszty eksploatacyjne [7, 9].

Drukarki oznaczników służą do wydrukowania:

- » okrągłych profili PCV o średnicach do kilku mm,
- » koszulek termokurczliwych o średnicach do kilku mm,
- » taśm samoprzylepnych o różnych szerokościach np: 3–18 mm.

Drukarka oznaczników jest dobrym rozwiązaniem dla tych, którzy szukają taniego i przenośnego przyrządu do profesjonalnego oznaczania kabli i przewodów. Wysoka trwałość i odporność oznaczenia jest gwarantowana drukiem termotransferowym. Drukarka oferuje podłączenie do komputera i za pomocą oryginalnego oprogramowania można łatwo drukować pliki tekstowe wprost z komputera. Druk większej liczby oznaczników lub własnego symbolu na oznaczniku wymaga najczęściej kilku

kliknięć myszką i użycia oprogramowania dołączonego do drukarki.

## I Druk termotransferowy

Może się wydawać, że etykiety przeznaczone do druku termotransferowego nie są trwałe, szczególnie w warunkach przemysłowych. Jest to jednak mylna opinia. Niektóre ich wykonania składają się z sześciu warstw materiałów. Trwałość zapewniona jest dzięki pokryciu przezroczystym laminatem politylenowym. Znaki nanoszone są na taśmę metodą termotransferową, pomiędzy dwie ochronne warstwy folii. Jako jedną z ważniejszych cech nowoczesnych taśm termotransferowych uważa się odporność na ścieranie (wodą i chemiczne) oraz działanie temperatur. Stąd też taśmy termotransferowe mogą być używane najczęściej w zakresie temperatur od  $-80$  do  $150^{\circ}\text{C}$ . Interesujące jest, że ich grubość to zaledwie 160 mikrometrów [6, 7]. Nie jest również problemem usunięcie taśmy z przewodu, kabla czy też z urządzenia. Etykiety nie pozostawiają znacznych ilości kleju na materiale. Ewentualne pozostałości można usunąć za pomocą detergentu lub rozpuszczalnika.

Technologia druku termotransferowego używana jest nie tylko do tworzenia etykiet. Za pomocą drukarek można wykonywać nadruki na rurkach termokurczliwych. Są one nakładane na przewód lub na kabel, a następnie podgrzewane. Często rurki wykonuje się z materiału samogasnącego. Nie bez znaczenia pozostają właściwości zapewniające wytrzymałość na czynniki mechaniczne oraz na działanie rozpuszczalników. Rurki są odpowiednio spłaszczane. Aby móc wykonywać nadruk w drukarkach, rurki termokurczliwe dostarcza się w rolkach. Niektóre modele nie zawierają halogenków. Rurki tego typu są bardzo elastyczne, a budowa cechuje się cienkimi ściankami przy zapewnieniu dobrych właściwości izolacyjnych.

## I Oznakowywanie w produkcji

W procesie produkcji kabli czy też wiązek przewodów do dalszego zastosowania stosowane są przede wszystkim drukarki atramentowe nanoszące odpowiednie oznakowania bezpośrednio na kabel. Jednak w przypadku specjalistycznej produkcji przeznaczonej do konkretnych już zastosowań stosuje się indywidualne oznakowania w postaci flag czy owijek, wcześniej zadrukowanych przy pomocy

drukarki termotransferowej. Ręczna aplikacja takich oznakowań wiąże się ze spowolnieniem procesu produkcji oraz zwiększoną liczbą błędów. Obecnie dostępne są na rynku urządzenia do automatycznej aplikacji oznakowań, zarówno w formie flag jak i owijek [4]. Urządzenie takie jednocześnie drukuje a następnie owija przewód etykietą. Takie działanie można przeprowadzać na osobnym stanowisku lub włączyć urządzenie w ciąg technologiczny.

## I Technologia RFID

Technologia RFID (Radio Frequency Identification) umożliwia bezdotykową identyfikację i odczyt danych za pomocą fal radiowych o odpowiedniej częstotliwości: 13,56 MHz, 860–930 MHz lub 2,4 GHz. Technologia ta stanowi rozwinięcie technologii etykiet i kodów kreskowych. Do identyfikacji obiektów w technologii RFID wykorzystywane są urządzenia elektroniczne, zwane transponderami oraz czytniki komunikujące się z nimi za pomocą fal radiowych. Każdy transponder ma przypisany unikalny kod i w zależności od rodzaju może być wykorzystywany do odczytu, usunięcia lub zapisu danych [8, 9]. Transponder RFID nazywany również tagiem lub znacznikiem, składa się z mikrochipu zawierającego pamięć przechowującą dane (m.in. unikalny numer transpondera) oraz anteny która często ma postać nie-

wielkich rozmiarów wielozwojowej cewki. Tak zbudowany transponder zwany jest pasywnym, gdyż oczekuje na sygnał pochodzący z czytnika i również z niego czerpie energię niezbędną do działania. Przesłanie danych drogą radiową z transpondera pasywnego do czytnika następuje, gdy znajdzie się on w jego polu magnetycznym. Czytnik RFID, który składa się z nadajnika, odbiornika, dekodera i anteny nadawczo-odbiorczej, po zweryfikowaniu poprawności danych przez porównanie z sumą kontrolną, przekazuje je do systemu komputerowego w celu zidentyfikowania obiektu. Odpowiedź transpondera na otrzymany sygnał z czytnika nie jest natychmiastowa gdyż po jej udzieleniu transponder pozostaje przez pewien czas bezczynny. Dzięki czemu możliwy jest odczyt z wielu tagów jednocześnie [8, 9].

Transponder wyposażony w wewnętrzne źródło zasilania i nadajnik radiowy jest urządzeniem aktywnym i może samodzielnie aktywować wysyłanie danych do czytnika, jeśli znajdzie się w jego zasięgu, który może wynosić nawet do 100 m. Ze względu na bardziej złożoną budowę od transpondera pasywnego, transponder aktywny jest zazwyczaj droższy. Wyróżnia się także transpondery półpasywne, które zachowują się jak pasywne, pomimo że mają baterie zasilającą działanie. (dzięki której mogą być wykorzystywane do pomiarów temperatury).

Ciekawostką jest system RFID do oznaczania urządzeń i instalacji umożliwiający zapisywanie i wczytywanie informacji na materiałach oznaczonych ze zintegrowanym transponderem RFID. Za pośrednictwem urządzeń piszących i czytników można bezkontaktowo opisywać i odczytywać informacje na transponderach RFID [9]. Za pomocą specjalnego urządzenia RFID, które działa jako nadajnik i odbiornik, dane są wysyłane na transponder/znacznik i odbierane za pośrednictwem fal elektromagnetycznych (UHF) lub pola magnetycznego (HF).

## I Literatura

1. Materiały firmy Partex,
2. Materiały firmy Phoenix Contact,
3. Materiały firmy Lapp Group,
4. Materiały firmy Brady,
5. Materiały firmy Ergom,
6. Materiały firmy Dymo,
7. Materiały firmy Brother,
8. Z. Mazur, H. Mazur, Rozwój systemów automatycznej identyfikacji obiektów, Studia Informatyka z 2012 r., Vol. 33 nr 2B (106),
9. K. Kuczyński, Drukarki oznaczników i etykiet a inne sposoby oznaczania, „elektro.info” nr 10/2014.

## 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](http://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: 137,00 zł**

**PÓŁROCZNA**  
5 numerów + półroczny dostęp do wszystkich treści portalu (183 dni)  
**cena: 137,00 zł**

**ROCZNA**  
10 numerów + roczny dostęp do wszystkich treści portalu (365 dni)  
**cena: 229,00 zł**

**DWULETNI**  
20 numerów + dwuletni dostęp do wszystkich treści portalu (730 dni)  
**cena: 405,00 zł**

## Prenumerata PDF



**ROCZNA**  
10 numerów + roczny dostęp do wszystkich treści portalu (365 dni)  
**cena: 206,00 zł**

**DWULETNI**  
20 numerów + dwuletni dostęp do wszystkich treści portalu (730 dni)  
**cena: 364,00 zł**

## Prenumerata papierowa + PDF



**ROCZNA**  
10 numerów + roczny dostęp do wszystkich treści portalu (365 dni)  
**cena: 332,00 zł**

**DWULETNI**  
20 numerów + dwuletni dostęp do wszystkich treści portalu (730 dni)  
**cena: 587,00 zł**

REKLAMA

### FORMULARZ ZAMÓWIENIA

Zamawiam:

**■ Prenumeratę papierową:**

☐ edukacyjną – 137 zł ☐ półroczną – 137 zł  
☐ roczną – 229 zł ☐ dwuletnią – 405 zł od numeru

**■ Prenumeratę PDF:**

☐ roczną – 206 zł ☐ dwuletnią – 364 zł od numeru

**■ Prenumeratę papierową + PDF:**

☐ roczną – 332 zł ☐ dwuletnią – 587 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. Karcewska 18, tel. +48 22 810-21-24, wydawca elektro.info. Wyrażam zgodę na przetwarzanie moich danych osobowych przez Grupę MEDIUM Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością Sp.K. w celu zamówienia prenumeraty. Przystępuję Pani/Panu prawo do wglądu do swoich danych, aktualizowania, poprawiania oraz całkowitego usunięcia ich, a także wniesienia sprzeciwu wobec ich przetwarzania. Podanie danych ma charakter dobrowolny. Dane są chronione zgodnie z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/679 z dnia 27 kwietnia 2016 r.

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



# Szybciej, bezpieczniej, lepiej: profesjonalne i efektywne zarządzanie kablami

Wyraźna i dokładna identyfikacja przewodów, kabli i komponentów jest kluczowa dla elektryków. Dzięki dobrze oznakowanym kablom z odpowiednimi i niezawodnymi etykietami mogą oni szybko zrozumieć konfigurację systemu, co skraca czas rozwiązywania problemów i minimalizuje ryzyko błędów. To nie tylko poprawia wydajność, ale także zwiększa bezpieczeństwo.

Niezawodne mobilne rozwiązania do drukowania są niezbędne do pracy terenowej w odległych obszarach i środowiskach przemysłowych. Te drukarki muszą wytrzymać trudne warunki, działać intuicyjnie i minimalizować marnowanie materiału etykiet. Zapewniają wydajne działanie, dokładną identyfikację i zgodność ze standardami branżowymi, nawet w trudnych warunkach.

## Typowe problemy z przenośnymi drukarkami

Przeglądając opinie elektryków na różnych stronach internetowych, często można znaleźć negatywne komentarze dotyczące żywotności baterii, jakości druku, trwałości i dostępnych materiałów do etykiet. Praca w odległych miejscach lub w obszarach bez gniazdek elektrycznych może utrudnić ładowanie, dlatego ogra-

niczona żywotność baterii jest jednym z głównych problemów.

Innym problemem, który mogą napotkać użytkownicy, jest jakość druku przenośnych drukarek, zwłaszcza w porównaniu z ich większymi, stacjonarnymi odpowiednikami. Przenośne drukarki są często narażone na trudne warunki na placach budowy. Jeśli nie są zaprojektowane tak, aby wytrzymać wilgoć, kurz lub

uderzenia fizyczne, mogą ulec przedwczesnej awarii. Niektóre etykiety mogą być ograniczone w zakresie rodzajów materiałów do etykiet, które mogą obsługiwać. Może to być problematyczne, jeśli elektrycy muszą użyć wielu rodzajów specjalistycznych etykiet do wykonania swojej pracy w terenie.

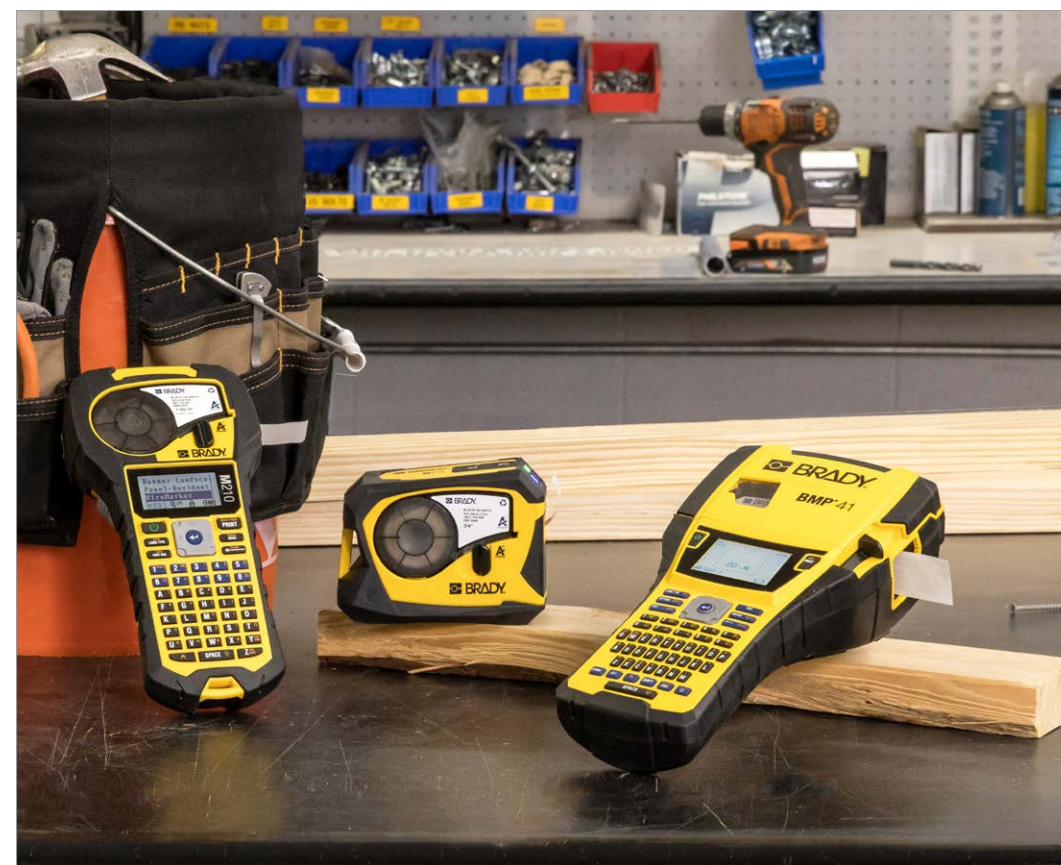
Warto zauważyć, że są to ogólne uwagi i nie wszyscy użytkownicy będą mieli takie same doświadczenia. Wybierając przenośną drukarkę etykiet, ważne jest, aby dokładnie rozważyć swoje konkretne potrzeby i wymagania. Jak to zrobić? Badaj producentów z udokumentowanym doświadczeniem w rozwiązaniach do identyfikacji, aby zapewnić niezawodność i jakość. Przejrzyj zasoby online, czytaj recenzje produktów i oglądaj filmy wideo, aby uzyskać kompleksowe informacje na temat wydajności, funkcji i doświadczenia użytkownika drukarki. Podejmując te kroki, możesz podjąć świadomą decyzję i zainwestować w przenośną drukarkę etykiet, która skutecznie spełnia Twoje potrzeby i poprawia Twój przepływ pracy.

## Dlaczego wielu elektryków wybiera Brady?

Brady jest uznaną marką w branży, oferującą szeroki zakres wysokiej jakości etykiet i rozwiązań do drukowania, zaprojektowanych do pracy w trudnych warunkach i zapewniających wyraźną, trwałą identyfikację w każdym środowisku.

Od zastosowań przemysłowych po zewnętrzne, wytrzymałe rozwiązania do etykietowania, które są zaprojektowane tak, aby spełniać najbardziej wymagające kryteria. Dzięki szerokiemu wyborowi etykiet, w tym etykiet do przewodów i kabli, flag i zawieszek do kabli, etykiet samolaminujących, a także etykiet specjalnych i znaków bezpieczeństwa, Brady zapewnia narzędzia potrzebne do usprawnienia operacji i zapewnienia bezpieczeństwa.

Przenośne drukarki etykiet Brady oferują wyjątkową wydajność i wszechstronność, umożliwiając etykietowanie w dowolnym miejscu i czasie. Dzięki opcjom łączności USB, Wi-Fi i Bluetooth drukarki te zapewniają łatwe drukowanie



etykiet w terenie, eliminując potrzebę stacjonarnej drukarki.

Możesz łatwo tworzyć profesjonalnie wyglądające etykiety szybko, korzystając z wbudowanych kreatorów etykiet. Bezpośrednio na drukarce lub na swoim urządzeniu mobilnym z bezpłatną aplikacją do projektowania. Następnie po prostu zapisz swoje projekty do edycji lub ponownego użycia i łatwo dodaj logo swojej firmy, aby spersonalizować swoje etykiety. Te funkcje usprawniają proces etykietowania, oszczędzając czas i wysiłek.

**Wybierając przenośne drukarki etykiet Brady, inwestujesz w potężne i wydajne narzędzie, które poprawi Twoje zadania związane z etykietowaniem i zapewni profesjonalne wyniki.**

**Dowiedz się więcej i obejrzyj wideo o przenośnych drukarkach Brady >>**



**Pobierz bezpłatny przewodnik dotyczący etykietowania dowolnego przewodu lub komponentu >>**



**BRADY**  
WHEN PERFORMANCE MATTERS MOST™

**BRADY Polska**  
Dział Sprzedaży:  
+48 22 104 6262  
poland@bradycorp.com  
[www.bradypol.pl](http://www.bradypol.pl)



mgr inż. Karol Kuczyński

# Instalacje PV a prowadzenie tras kablowych

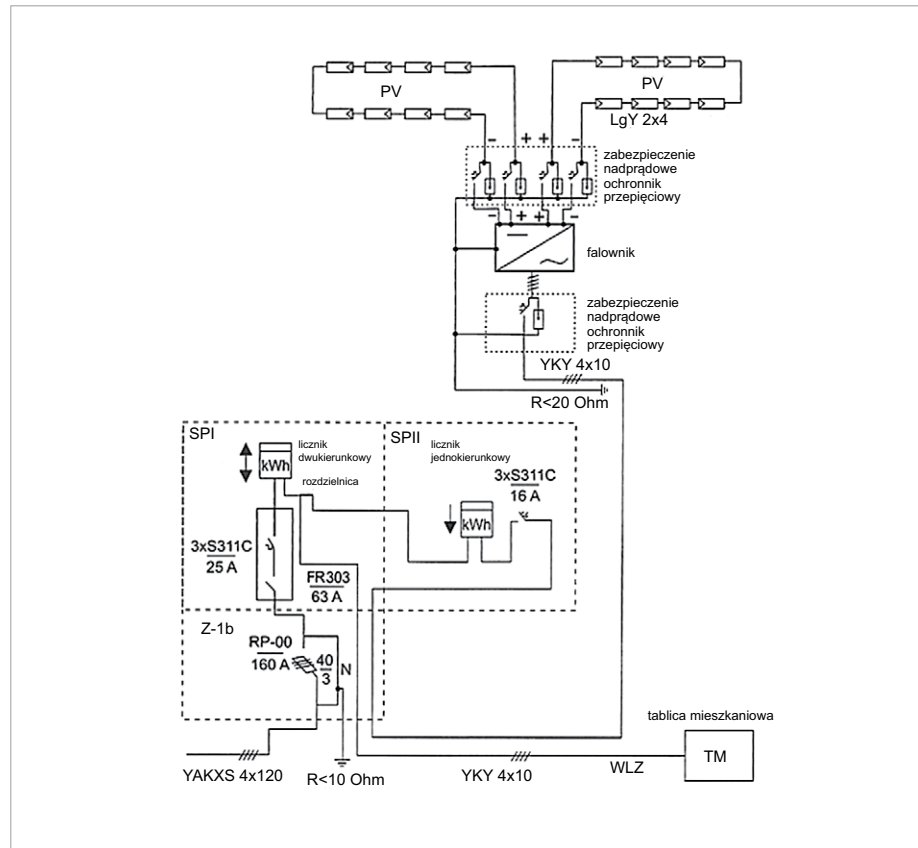
O bok dużych elektrowni fotowoltaicznych znaczną grupą odbiorców urządzeń wykorzystujących moduły PV są użytkownicy sprzętu codziennego użytku. Na rynku można znaleźć: przenośne łodówki zasilane modułami PV, lampy z kloszem z ogniw, sygnalizatory światła zasilane energią słoneczną, ładowarki do telefonów wykorzystujące fotopogniwa, mechaniczne zabawki, których mechanizmy zasilane są energią słoneczną, automaty z napojami, zestawy ogrodowe, a nawet samochody [1, 2].

Dotychczas największą farmę fotowoltaiczną uruchomiono na kalifornijskiej pustyni Mojave (projekt o nazwie Desert Sunlight). Składa się ona z 8,8 mln cienkowarstwowych paneli PV o łącznej mocy 550 MW [7]. W Polsce największa tego typu instalacja o mocy 3,77 MW znajduje się w Czernikowie koło Torunia. Roczna produkcja energii elektrycznej w Czernikowie jest szacowana na poziomie 3500 MWh, co wystarczy na pokrycie zapotrzebowania około 1600 gospodarstw domowych. Instalacja składa się z blisko 16 tys. paneli – każdy o mocy 240 W. Farma zajmuje powierzchnię ponad 24 tys. m<sup>2</sup>, co odpowiada wielkości kilku boisk do piłki nożnej [8].

## I Dobór systemu PV

Prawidłowy dobór rodzaju i wielkości systemu PV należy rozpocząć od oszacowania zapotrzebowania mocy i możliwości produkcyjnych generatora fotowoltaicznego. Na tej podstawie dobiera się liczbę paneli oraz pozostałe elementy przydomowej elektrowni PV. Układy PV konfiguruje się tak, by była możliwość współpracy z siecią elektroenergetyczną, do której oddaje się nadmiar produkowanej energii.

Ogniwa połączone w moduły wyposaża się w układ dopasowujący generowane napięcie do wymagań odbiorników oraz w układ magazynujący nadmiar wytworzonej energii tak, aby w czasie ograniczonego nasłonecznienia system mógł czerpać wcześniej zmagazynowaną energię. Warto zwrócić uwagę, że poszczególne ogniwa powinny być zabezpieczone przed wilgocią, zanieczyszczeniami czy wpływem czynników atmosferycznych. Gotowy panel może



Rys. 1. Schemat połączenia systemu PV do sieci EE z zaznaczeniem układu pomiarowego i zabezpieczeń [2]

składać się z aż pięciu warstw, z czego cztery stanowią warstwy zabezpieczające moduł. Elektrownia PV może zostać wyposażona w układy automatyki, które mają za zadanie śledzić położenie słońca, ustawiając moduł pod optymalnym kątem padania na niego promieni słonecznych, zapewniając w ten sposób najwyższą sprawność energetyczną systemu [3].

Według obowiązującego prawa systemy PV o mocy nominalnej nie większej niż moc przyłącza (tzw. prosumenckie) dołączamy do sieci EE za jego pośrednictwem bez konieczności budowy oddzielnych dedykowanych przyłączy zasilających. Dochodzą w tym przypadku trzy elementy dodatkowe, wynikające ze specyfiki systemów PV [2]:

- » sposób pomiaru wygenerowanej w systemie PV energii,
- » zastosowanie odpowiednich elementów zabezpieczających w systemie PV,

» przygotowanie instalacji do ciągłego lub inspekcyjnego monitoringu systemu PV.

Sposób i miejsce dołączenia systemu PV do instalacji elektrycznej budynku zależy od tego, jaki to jest system. W przypadku dołączenia do sieci decydujący jest typ falownika (jedno- lub trójfazowy), a w przypadku mikrosieci wyspowych (OFF-GRID) elementem sprzęgającym jest najczęściej specjalny falownik, będący źródłem napięciowym. Falowniki wyspowe funkcjonują najczęściej jako lokalne źródła napięciowe z własnym magazynem energii (najczęściej w postaci akumulatorów). Mogą one zastąpić publiczną sieć EE przez określony czas (podobnie jak UPS-y), a także równocześnie współpracować ze źródłami prądowymi, podłączonymi do wyspowej mikrosieci poprzez sieciowe falowniki PV. W takim przypadku falownik sieciowy realizuje trzy zadania [2]:

- » podtrzymuje zasilanie w wydzielonym obwodzie,
- » umożliwia ładowanie akumulatorów ze źródła prądowego i/lub z sieci EE,
- » zabezpiecza wydzielony obwód przed przeciążeniem przez regulację mocy źródła prądowego.

## Podłączenie systemu PV do sieci EE

Na rysunku 1. przedstawiono schemat układu PV wraz z układem współpracy z SEE. Układ pomiarowy zbudowano z dwóch szeregowo połączonych liczników energii elektrycznej, z których jeden jest licznikiem dwukierunkowym, a drugi jednokierunkowym. Ten pierwszy rejestruje energię pobraną i oddaną do/z sieci EE, a drugi rejestruje wyłącznie energię wygenerowaną w systemie PV. Taka konfiguracja układu pomiarowego umożliwia dowolny sposób rozliczania „zielonej energii” (*net metering*, „system zielonych certyfikatów”) [2].

## Zabezpieczenia stosowane w systemach PV

System PV jest źródłem energii, które odróżnia od innych źródeł to, że [2]:

- » jest wystawiony na bezpośrednie oddziaływanie warunków atmosferycznych,
- » występuje w nim prawie liniowa zależność prądu po stronie dc od natężenia promieniowania słonecznego,
- » napięcie na zaciskach modułu pojawia się nawet przy niskim natężeniu promieniowania słonecznego,
- » mała, w stosunku do maksymalnej, wartość prądu zwarcia po stronie dc,
- » odizolowanie źródła od ziemi po stronie dc.

Dla systemów PV, zarówno po stronie dc instalacji, jak i po stronie ac, projektuje się następujące rodzaje zabezpieczeń [4]:

- » ochrona odgromowa, przeciwporażeniowa i przeciwprzepięciowa,
- » ochrona przeciążeniowa i zwarceniowa,
- » izolowanie i rozłączanie instalacji.

Zdecydowana większość systemów PV instalowanych w różnej formie na budynkach mieszkalnych to systemy dołączone do sieci (ON-GRID), które wymagają stosowania ograniczników przepięć do ochrony przed skutkami przepięć. Źródłem tych przepięć mogą być bezpośrednie lub pośrednie oddziaływania wyładowań atmosferycznych na generator PV. Specyfika instalacji PV po stronie dc wymaga stosowania specjalnych zabezpieczeń, które różnią się od tych, stosowanych w instalacji elektrycznej budynku. Ogranicz-

niki przepięć, tzw. SPD (ang. Surge Protective Device) ze względu na budowę dzielimy na:

- » iskernikowe (ucinające),
- » warystorowe (ograniczające),
- » kombinowane (spełniające obie funkcje).

Szczegółowy dobór typu i miejsca instalacji ograniczników przepięć w systemie PV, dołączonym do sieci budynku uzależniony jest od dwóch podstawowych kryteriów:

- » od tego czy budynek wyposażony jest w instalację odgromową (LPS – ang. *Lightning Protection System*),
- » od odległości pomiędzy generatorem PV i falownikiem.

Jeżeli w systemie PV nie występują więcej niż dwa łańcuchy modułów PV, to nie jest konieczne stosowanie zabezpieczeń przetężeniowych, wystarczy rozłączniki przed falownikiem. Ogólnie można zapisać, że zabezpieczenie przed prądami rewersyjnymi (np. spowodowanymi zacięciem) jest wymagane, jeżeli liczba gałęzi generatora PV spełnia wymagania określone poniższym wzorem [2]:

$$N \geq 1 + \frac{I_{REW}}{I_{SC}} \quad (1)$$

gdzie:

N – liczba stringów generatora PV połączonych równolegle,  
I<sub>REW</sub> – maksymalny prąd rewersyjny modułu PV, podawany przez producenta,  
I<sub>SC</sub> – prąd zwarcia modułu PV w warunkach standardowych (tzw. STC).

Jeżeli prąd rewersyjny nie jest podany przez producenta modułu PV, to do obliczeń należy przyjąć, że N ≤ 3. W przypadku gdy równolegle połączonych jest więcej łańcuchów modułów PV, to każdy nieziemiony biegun takiego generatora PV zabezpieczamy bezpiecznikiem przeciążeniowym o charakterystyce gPV i o wartości nominalnej I<sub>n</sub>:

$$1,4 \cdot I_{SC} \leq I_n \leq 0,9 \cdot I_{REW} \quad (2)$$

lub

$$1,4 \cdot I_{SC} \leq I_n \leq 2 \cdot I_{SC} \quad (3)$$

Dobierając bezpieczniki należy również brać pod uwagę napięcie znamionowe U<sub>n</sub>, które dobieramy według zależności:

$$U_n \geq 1,2 \cdot U_{OC \text{ STC}} \cdot L \quad (4)$$

gdzie:

L – liczba modułów PV połączonych szeregowo,  
U<sub>OC STC</sub> – napięcie modułu PV nieobciążonego, podawane przez producenta.

## II Wymagania dla kabli

Projektując okablowanie instalacji należy zapewnić nieprzekraczanie spadków napięć powyżej 1% i prowadzić trasy kablów w ten sposób, żeby nie tworzyć pętli indukcyjnych.

Stosowanie elementów zabezpieczających systemy PV jest jednak przedsięwzięciem dość kosztownym i w przypadku małych instalacji może wynieść nawet ok. 25% inwestycji. Aktualny koszt małych inwestycji w postaci systemów PV wynosi w Polsce ok. 6000 zł/kW<sub>p</sub>, co skutkuje blisko 10-letnim czasem zwrotu inwestycji w przypadku braku dofinansowania.

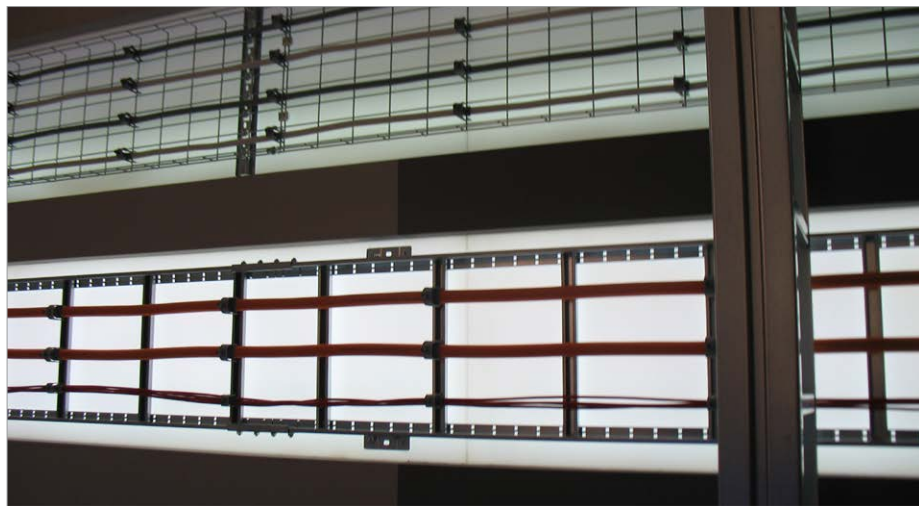
Istotnym elementem doboru kabli i przewodów do instalacji fotowoltaicznych jest ich odporność na uszkodzenia mechaniczne oraz promieniowanie UV, jak również ekstremalne temperatury (od –40 do 90°C). Należy pamiętać, że temperatury, jaką muszą wytrzymać złącza oraz izolacja kabli i przewodów, jest dużo wyższa od temperatury otoczenia, w którym będzie pracował.

Po określeniu mocy modułów i odbiorników oraz długości kabli i przewodów należy dobrać kable i przewody do napięcia i prądu, jaki będzie nimi przesyłany. Najczęściej przyjmuje się dopuszczalne spadki napięcia na poziomie 1%. Przekrój przewodu można wyliczyć z uproszczonej zależności na spadek napięcia:

| Połączenie                        | Długość przewodów, w [m] | Element              | Moc, w [W] | Obliczony przekrój, w [mm <sup>2</sup> ] |       | Dobry przekrój, w [mm <sup>2</sup> ] |      |
|-----------------------------------|--------------------------|----------------------|------------|------------------------------------------|-------|--------------------------------------|------|
|                                   |                          |                      |            | 12 V                                     | 24 V  | 12 V                                 | 24 V |
| Generator – akumulator            | 10                       | Generator            | 500        | 121,83                                   | 30,46 | 150                                  | 35   |
| Akumulator – gniazdo              | 20                       | Gniazdo 10 A         | 120        | 58,48                                    | 14,62 | 70                                   | 16   |
| Akumulator – lodówka              | 30                       | Lodówka              | 50         | 36,55                                    | 9,14  | 50                                   | 10   |
| Akumulator – oprawa oświetleniowa | 30                       | Oprawa oświetleniowa | 20         | 14,62                                    | 3,66  | 16                                   | 6    |

Tab. 1. Tabela prezentuje przykładowe przekroje przewodów dla kilku odbiorników zasilanych napięciem stałym [7]





Fot. 1. Przykładowa trasa kablowa z systemem zamocowań fot. K. Kuczyński

$$\Delta U = 2 \cdot \frac{100 \cdot I \cdot P}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = 1\%$$

$$S = 2 \cdot \frac{100 \cdot I \cdot P}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U^2} = 2 \cdot \frac{100 \cdot 10 \cdot 500}{57 \cdot 1 \cdot 12^2} = 121,83 \text{ mm}^2$$

gdzie:

$\gamma$  – przewodność właściwa miedzi,  $\gamma = 57 \text{ m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$ ,

$I$  – długość pojedynczego kabla, w [m],

$S$  – przekrój kabla, w [ $\text{mm}^2$ ],

$P$  – moc odbiornika, w [W].

Niestety nieprawidłowo zaprojektowane i wykonane konstrukcje nie umożliwiają właściwego mocowania przewodów łączących poszczególne moduły. Przewody ulegają znacznym naprężeniom podczas wietrznej pogody, gdy dochodzi do niebezpiecznego drgania przewodów i może nastąpić uszkodzenie izolacji, a nawet dojść do przerwania obwodu. Ten problem niestety występuje w wielu instalacjach PV. Często markowe konstrukcje są w ten sposób degradowane z powodu niewiedzy i braku oryginalnych części do montażu modułów.

Osobnym rozdziałem jest odporność poszczególnych elementów małej elektrowni fotowoltaicznej na promieniowanie UV, ciepło i wodę. Podstawowe elementy, takie jak: panele, konstrukcje, skrzynki inwerterów są w większości przypadków odporne na promieniowanie UV. Ich odporność na wnikanie wody jest na poziomie IP68. Niestety nie można tego powiedzieć o większości elementów z grupy materiałów pomocniczych i elektroinstalacyjnych.

Jeżeli projektant wyraźnie nie określi wymaganej odporności elementów na promieniowanie UV, może na elektrowni fotowoltaicznej stosunkowo szybko dojść do uszkodzenia niektórych elementów i co gorsze, może dojść do poraże-

nia prądem elektrycznym obsługi. Rury osłono-we z tworzywa sztucznego do mocowania przewodów będą bardzo dobrze służyły, jeżeli będą ukryte pod panelami, z dala od bezpośredniego działania promieni słonecznych. Jeżeli będą używane do mocowania przewodów do boków konstrukcji lub w szczelinach pomiędzy panelami, ich żywotność może ograniczyć się tylko od 3 do 5 lat. Podobne ograniczenia dotyczą na przykład kanałów kablowych. Projektant często nie liczy się z tym, że trasy kablowe i rury osłono-we potrzebą doprowadzić bezpośrednio do inwerterów, często ponad metr nad poziomem gruntu. Ponadto są one często przymocowane na zewnątrz konstrukcji i tym samym są dodatkowo narażone na uszkodzenie mechaniczne podczas koszenia trawy. Lenistwo pracowników i brak doświadczenia projektanta mogą narażać w przyszłości użytkowników elektrowni fotowoltaicznej na ryzyko porażenia prądem elektrycznym [7].

Do umiejscowienia kablowych szafek rozdzielczych i do ich sporządzenia należy wybrać odpowiednie materiały, które są odporne na warunki środowiskowe. Nawet krótkotrwałe doświadczenia, w granicach 3 do 5 lat eksploatacji EPV, wskazują na duże znaczenie doboru umiejscowienia rozdzielnic. Częstym błędem jest montaż rozdzielnic lub puszek przyłączeniowej o stopniu ochrony obudowy IP4X w środowisku na konstrukcji pod modułem z nadzieją, że moduł ochroni urządzenie przed deszczem. Z powodu relatywnie dużej odległości skrzynki od modułu i ze względu na luki między modułami dochodzi podczas intensywnych opadów do zaciekania deszczu do wnętrza puszek lub rozdzielnic. Szybkim rozwiązaniem tego problemu może być sporządzenie samodzielnego daszku osłaniającego rozdzielnicę. Jeśli chodzi o dobór materiału, z jakiego wykonane są rozdzielnice, to jako trwalsze

i bardziej niezawodne są obudowy metalowe, które są bardziej odporne na promieniowanie słoneczne i uszkodzenia mechaniczne. Dodatkową ochronę możemy jednak najlepiej realizować starannym doбором zacienionego miejsca do instalacji obudowy. Tak samo inwertery należy umiejscowić najlepiej w zacienionym miejscu lub dodatkowo zainstalować daszek ochronny.

## I Prowadzenie instalacji

Do wykonywania ścian konstrukcyjnych i działowych w budynkach zwykle stosuje się materiały niepalne, jednak ściany mogą być wykonane także z surowców palnych. W związku z tym instalacje elektryczne w budynkach prowadzone są w podłogach i na podłogach niepalnych lub palnych.

Aby wykluczyć możliwość pożaru, którego źródłem mogą być instalacje elektryczne w styczności z materiałami palnymi oraz w podłożu i na podłożu palnym, należy prowadzić instalacje elektryczne wewnątrz ścian i przegród budowlanych, w przestrzeni pomiędzy płytami okładzinowymi, a także w przestrzeni pomiędzy stropem a sufitem podwieszanym (sprzęt i osprzęt instalacyjny w wykonaniu podtynkowym) [3, 5].

Wewnątrz ścian, sufitów i podłóg wykonywanych z płyt palnych, gdzie w środku występuje wypełnienie izolacyjne (często również palne), występują znacznie gorsze warunki odprowadzania ciepła niż na zewnątrz ścian. Wnętrze ściany wypełnione jest przeważnie w całości lub w części materiałem izolacyjnym. Po zabudowaniu ściany nie jest możliwe dokonywanie oględzin fragmentów instalacji prowadzonej w ścianie. Z tego powodu przy wyborze tego sposobu prowadzenia instalacji należy zachować szczególną ostrożność, aby tak wykonana instalacja elektryczna przy wystąpieniu jakichkolwiek uszkodzeń nie stała się przyczyną pożaru. Montaż instalacji nie powinien naruszać w zasadniczy sposób struktury ściany, a instalacja powinna być wymienna.

Proponuje się zatem następujące sposoby układania przewodów instalacyjnych [4, 6]:

- » w rurach instalacyjnych z tworzyw sztucznych niepodtrzymujących i nierozprzestrzeniających płomienia,
- » w rurach instalacyjnych metalowych (zastosowanie w pomieszczeniach, w których zagrożenie pożarowe może mieć szczególnie groźne skutki, np. pomieszczenia o trudnych warunkach ewakuacji),
- » w korytkach i na drabinkach instalacyjnych metalowych (przewodowych lub/i kablowych) w przestrzeni pomiędzy stropem a sufitem

- podwieszanym (stosowanych w pomieszczeniach użyteczności publicznej i technicznych),
- » w kanałach instalacyjnych metalowych i z tworzyw sztucznych instalacje wykonane przewodami szynowymi stosuje się do zasilania odbiorników elektrycznych, jeśli przewidywane są częste zmiany ich układu. Przewody szynowe wykonuje się w postaci łączonych ze sobą gotowych elementów. Od przewodów takich można prowadzić odgałęzienia za pomocą skrzynek przyłączeniowych i bezpieczników zainstalowanych bezpośrednio na przewodach. Przewody szynowe są wykorzystywane również w obiektach przemysłowych do zasilania i jednoczesnego mocowania opraw oświetleniowych,
- » układanie przewodów w tynku – stosuje się przede wszystkim w budownictwie mieszkaniowym i ogólnym (szkoły, szpitale, teatry, pomieszczenia biurowe itp.). Instalacje wtynkowe stosuje się również w obiektach nieprodukcyjnych. Wymiana takiej instalacji wiąże się najczęściej z wymianą tynku,
- » przewodami wielożyłowymi ułożonymi na ścianie, mocowanymi do podłoża za pomocą uchwytów (zastosowanie niezalecane, można stosować w uzasadnionych technicznie przypadkach i pod warunkiem wykonania instalacji przewodami wielożyłowymi typu YDY, YDYP lub YLY o napięciu znamionowym izolacji 750 V). Wówczas stosuje się sprzęt i osprzęt instalacyjny w wykonaniu natynkowym, który jest obudowany z każdej strony.

Do układania przewodów w rurach instalacyjnych należy stosować rury np. z PVC lub metalowe. Rury powinny być zamocowane do podłoża za pomocą uchwytów, z tym że do rur metalowych należy stosować uchwyty metalowe. Najczęściej stosuje się gniazda wtyczkowe i łączniki w wykonaniu podtynkowym, przystosowane do mocowania za pomocą wkrętów w puszkach instalacyjnych podtynkowych. Odgałęzienia przewodów należy wykonywać w puszkach instalacyjnych odgałęźnych podtynkowych. Należy stosować puszki z PVC lub z innych tworzyw niepodtrzymujących i nierozprzestrzeniających płomienia [3, 5].

## I Trasy kablowe

Trasy kablowe w różnych typach obiektach budowlanych mogą być budowane z różnych rodzajów koryt i drabinek kablowych. Możemy wyróżnić: korytka pełne lub perforowane wykonywane z blach stalowych, korytka siatkowe wykonywane z prętów stalowych oraz drabinki kablowe wykonywane z połączenia płaskowników i prętów stalowych.

Na rynku dostępne są korytka bardzo wąskie, przeznaczone nawet dla pojedynczych kabli lub przewodów, a nawet o szerokości do 600 mm. Długość korytek jest zunifikowana i standardowe elementy mają najczęściej długość 2000, 3000 oraz 6000 lub 8000 mm. Występują korytka pełne i perforowane wykonane z blach różnej grubości od 0,7 do 2 mm. Poszczególne typy różnią się dodatkowo wysokością ścianek bocznych. Elementy wsporcze tworzą konstrukcję nośną do poprowadzenia przewodów i kabli elektroenergetycznych, oświetleniowych, telekomunikacyjnych i sterowniczych. Przy projektowaniu trasy kablowej musimy brać pod uwagę istniejące przeszkody, planowane obciążenia wynikające z masy instalowanych kabli i przewodów. Dodatkowo należy przewidzieć ich objętości oraz pozostawić rezerwę umożliwiającą poprowadzenie dodatkowych kabli i przewodów w przyszłości.

Trasa kablowa utworzona z korytek powinna tworzyć jednolitą i sztywną całość. Z tego powodu poszczególne odcinki łączy się za pomocą łączników i zatrzasków lub śrub. W zależności od potrzeb mogą to być łączniki wzdlużne, kątowe lub inne. Montaż odcinków prostych korytek kablowych nie jest zbyt problematyczny. Sprawy komplikują się w przypadku potrzeby ominięcia przeszkód usytuowanych w tej samej płaszczyźnie lub też konieczności zmiany wysokości zainstalowania korytek. Takie przypadki występują w wnętrzach budynków mieszkalnych i obiektów przemysłowych, w których trasy instalacji elektrycznych przebiegają równolegle lub krzyżują się z innymi instalacjami, takimi jak kanały wentylacyjne, gazociągi, rurociągi wodno-kanalizacyjne, kable elektroenergetyczne oraz telekomunikacyjne, a także piorunochronne. Dodatkowe przeszkody stanowią elementy konstrukcyjne budynku.

## I Podsumowanie

Fotowoltaika może w Polsce odgrywać rolę rozproszonego źródła energii, zużywanej głównie na miejscu, ograniczając w ten sposób straty przesyłowe. Sytuacja ta może jednak ulec zmianie, jeżeli poprawią się znacząco parametry dostępnych na rynku magazynów energii elektrycznej.

Każdy nowoczesny budynek ma pewien określony stały minimalny pobór energii, który możemy zrekompensować bardzo małym systemem PV w postaci modułu z mikrofalownikiem. Takie minisystemy są aktualnie dostępne na rynku o mocach w zakresie 240÷300 W, a ze względu na niezależne ich funkcjonowanie, można je w przyszłości praktycznie dowolnie rozbudowywać. Urządzenia takie mają wbudowane nie-

zbędne zabezpieczenia i różnego rodzaju podsystemy monitorujące ich funkcjonowanie. Jeżeli nie decydujemy się na sprzedaż nadmiarowej energii, możemy jej nadwyżki akumulować w postaci CWU, jeżeli podłączymy specjalny kontroler mocy zwrotnej, który będzie załączał grzałki elektryczne do podgrzewania wody, gdy system PV generuje więcej energii niż wynoszą aktualne potrzeby w instalacji wewnętrznej budynku.

Aby wykonywać niezawodne instalacje fotowoltaiczne, dostępne rozwiązania umożliwiają prowadzenie tras kabli i przewodów praktycznie w każdych warunkach. Należy jednak pamiętać o kilku istotnych zasadach [4, 6]:

- » liczba skrzyżowań i zbliżeń kabli z innymi kablami i urządzeniami powinna być jak najmniejsza,
- » liczba przejść przez stropy, ściany oraz inne przeszkody powinna być jak najmniejsza,
- » należy chronić kable przed uszkodzeniami mechanicznymi oraz szkodliwymi wpływami czynników zewnętrznych,
  - układanych na wysokości nieprzekraczającej 200 cm w miejscach dostępnych dla osób nienależących do obsługi urządzeń elektrycznych,
  - układanych w ziemi, pod torami, drogami itp.,
- » dostęp do kabli w trakcie ich eksploatacji nie powinien być utrudniony,
- » należy unikać prowadzenia kabli przez pomieszczenia i strefy zagrożone wybuchem,
- » linie zasilania rezerwowego powinny być prowadzone inną trasą niż linie zasilania podstawowego.

## I Literatura

1. M. Sarniak, Budowa i eksploatacja systemów fotowoltaicznych, seria: Zeszyty dla elektryków nr 13, Grupa MEDIUM, Warszawa 2015.
2. M. Sarniak, Fotowoltaika w układach zasilania budynków, „elektro.info” 10/2015.
3. E. Krac, K. Górecki, Współczesne problemy energetyki solarnej, Zeszyty Naukowe Akademii Morskiej w Gdyni, 75/2012, s. 68–86.
4. S. Niestępski, M. Parol, J. Pasternakiewicz, T. Wiśniewski, Instalacje elektryczne: budowa, projektowanie i eksploatacja, OWPW, Warszawa 2011.
5. J. Wiatr, M. Orzechowski, Poradnik projektanta elektryka, DWM, Warszawa 2012, wydanie V.
6. K. Kuczyński, Trasy kablowe w obiektach budowlanych – wymagania, „elektro.info” 10/2015.
7. www.fotowoltaikainfo.pl
8. www.energa-wytwarzanie.pl



mgr inż. Karol Kuczyński

# Wybrane zagadnienia dotyczące prowadzenia tras kablowych w strefach pożarowych

W celu ograniczenia rozprzestrzeniania się pożarów ze stref, w których one występują, oraz zapobiegania rozprzestrzenianiu się dymu na drogi ewakuacyjne, przepisy wymagają stosowania przegród o odpowiedniej klasie odporności ogniowej. Wykonując przejścia kablowe w elementach budynku (ściany, stropy, przegrody przeciwpożarowe) należy wybrać taką ich technologię, która nie pogarszałaby ich odporności ogniowej. Dodatkowo, jak każdy wyrób budowlany, przejścia kabli (przepusty instalacyjne) powinny mieć wymagane Prawem budowlanym dopuszczenia do stosowania w ochronie przeciwpożarowej (certyfikaty, aprobaty techniczne, karty charakterystyki) [1, 2, 3].

## I Wytyczne projektowe

Zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa budowlanego, budynki muszą być podzielone na określonej wielkości strefy pożarowe. Instalacje techniczne, w szczególności rury i kable elektryczne, przechodzą wielokrotnie przez przegrody będące oddzieleniami przeciwpo-

żarowymi. Przejścia te – zwane również przepustami – podobnie jak przegrody, w których występują, spełniać muszą kryteria szczelności i izolacyjności ogniowej.

Projektując przejścia instalacyjne należy uwzględnić: wymaganą klasę odporności ogniowej EI, czy zabezpieczenie będzie wykonane w ścianie czy stropie, rodzaj zabezpieczanych instalacji (rury palne, rury niepalne, kable itp.), stopień wypełnienia instalacji w przejściu, rodzaj ścian/stropów, przez które będą prowadzone instalacje, maksymalną średnicę zabezpieczanych rur, wilgotność środowiska, w którym będą znajdowały się przepusty.

Dział VI Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [5] zawiera szereg wytycznych dotyczących bezpieczeństwa pożarowego.

W celu określenia wymagań technicznych i użytkowych wprowadza podział budynków na grupy wysokości zgodnie z §8 Rozporządzenia [4, 5] (**tab. 1.**). Zgodnie z § 209 pkt 2 Rozpo-

ządzenia [4, 5], budynki oraz części budynków stanowiące odrębne strefy pożarowe, określane jako ZL, zaliczają się do jednej lub do więcej niż jedna spośród kategorii zagrożenia ludzi (**tab. 2.**). Jak wynika z § 212 pkt 1 i 2 Rozporządzenia [4, 5] ustanowione jest pięć klas odporności pożarowej budynków lub ich części, podanych w kolejności od najwyższej do najniższej i oznaczone literami: „A”, „B”, „C”, „D”, „E”. Wymaganą klasę odporności pożarowej budynku, zaliczanego do jednej kategorii ZL, określa **tabela 3.**

Zgodnie z § 216 pkt 1 Rozporządzenia [4, 5], elementy budynku, odpowiednio do jego klasy odporności pożarowej, powinny w zakresie klasy odporności ogniowej spełniać, z zastrzeżeniem § 237 ust. 9, co najmniej wymagania określone w **tabeli 4.**

## I Przejścia pożarowe

Przepisy dotyczące bezpieczeństwa pożarowego muszą być uwzględniane już w trakcie projektowania budynków. Z reguły są stosowane systemy czynnej ochrony przeciwpożarowej, ale takie zabezpieczenie jest niewystarczające i muszą być rozwiązania, które ograniczają rozprzestrzenianie się ognia. Taką funkcję pełnią systemy biernej ochrony przeciwpożarowej. Podstawowym jej celem jest umożliwienie ewakuacji ludzi, ale również nie można pomijać kwestii ekonomicznej. W budynkach z prawidłowo zaprojektowanymi i wykonanymi zabezpieczeniami ogniochronnymi rozprzestrzenianie się ognia jest mocno ograniczone, więc straty wynikłe z pożaru są znacznie mniejsze. Wielką zaletą biernej ochrony przeciwpożarowej jest to, że raz wbudowana spełnia swoje zadanie bez udziału czynnika ludzkiego, bez użycia energii i bezobsługowo [7].

Sposoby zabezpieczania przeciwpożarowego przejść instalacyjnych powinny być wykonywane zawsze zgodnie z wymaganiami określonymi w Aprobacie Technicznej. Często jednak w praktyce jest to trudne lub nawet niemożliwe ze względu na wiele występujących uwarunkowań (brak dostępu z obu stron przejścia,

| Budynek            | ZL I | ZL II | ZL III | ZL IV | ZL V |
|--------------------|------|-------|--------|-------|------|
| Niski (N)          | „B”  | „B”   | „C”    | „D”   | „C”  |
| Średniowysoki (SW) | „B”  | „B”   | „B”    | „C”   | „B”  |
| Wysoki (W)         | „B”  | „B”   | „B”    | „B”   | „B”  |
| Wysokościowy (WW)  | „A”  | „A”   | „A”    | „A”   | „A”  |

Tab. 3. Wymagane klasy odporności pożarowej budynku [4]

duży stopień wypełnienia kablami, większe niż dopuszczalne otwory przejść, wykonywanie zabezpieczeń w końcowej fazie budowy lub w już istniejących obiektach). W takich sytuacjach należy wszelkie ewentualne odstępstwa bezwzględnie uzgadniać z producentem lub jednostkami badawczymi wydającymi dopuszczenie do stosowania w ochronie przeciwpożarowej. Aktualnie na rynku polskim można znaleźć wielu producentów przepustów instalacyjnych do zabezpieczeń nie tylko przejść kabli, ale również przewodów wentylacyjnych i rur wykonanych z materiałów palnych i niepalnych. Każda z firm oferuje swoje rozwiązania technologiczne w zależności od przeznaczenia i specyfiki występujących przejść kablowych. Zabezpieczenia przejść instalacyjnych kabli wykonuje się najczęściej w oparciu o: poduszki ogniochronne, bloczki ogniochronne, modułowe dławiki kablowe, zaprawy ogniochronne, pianki ogniochronne, skrzynki kablowe, płyty z wełny mineralnej [2, 3] oraz farby.

Istnieją trzy podstawowe rodzaje materiałów wykorzystywane w biernej ochronie przeciwpożarowej do zabezpieczania konstrukcji w budynkach [7]:

**Zaprawy ogniochronne:** tzw. natryski mokre lub suche (na bazie włókien z wełny mineralnej) Zaprawa mokra wskazuje na użycie materiału, który na budowie został zmieszany z wodą tak, aby otrzymać masę, następnie wprowadzony

pod ciśnieniem przez rurę aż do pistoletu natryskowego, do którego przed użyciem jest wprowadzane sprężone powietrze.

Mieszanka sucha lub na bazie włókien wskazuje, że nie ma potrzeby wcześniejszego mieszania z wodą. Materiał, w swojej pierwotnej postaci, jest wprowadzany pod niskim ciśnieniem. Woda jest wprowadzana do pistoletu natryskowego tuż przed użyciem.

**Farby ogniochronne** mogą być wodorozcieńczalne lub na bazie rozpuszczalnika. Nakłada się je mechanicznie za pomocą hydrodynamicznego natrysku lub pędzlem albo wałkiem. Farby ogniochronne reagują w temperaturach od 270°C do 300°C pęczniąc około 20 razy w stosunku do nałożonej warstwy. Farba ogniochronna ma za zadanie opóźnienie nagrzewania się konstrukcji stalowej i przedłużenie jej odporności na ogień. Najczęściej pełen system z farbą ogniochronną składa się z trzech warstw: warstwy antykorozyjnej – podkładowej, właściwej warstwy ogniochronnego materiału oraz zewnętrznej, wykończeniowej warstwy ochronnej.

Trzecim rozwiązaniem są **płyty cementowo-silikatowe oraz krzemianowo-wapniowe**, które są szeroko stosowane jako zabezpieczenia ogniochronne konstrukcji żelbetowych, stalowych, stropów drewnianych. Służą również do wykonywania ścian działowych, kanałów kablowych, kanałów oddymiających, sufitów podwieszanych.

| Klasa odporności pożarowej budynku | Główna konstrukcja nośna | Konstrukcja dachu | Strop <sup>1)</sup> | Ściana zewnętrzna <sup>1) 2)</sup> | Ściana wewnętrzna <sup>1)</sup> | Przekrycie dachu <sup>3)</sup> |
|------------------------------------|--------------------------|-------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| „A”                                | R240                     | R30               | REI120              | EI 120                             | EI60                            | RE30                           |
| „B”                                | R120                     | R30               | REI60               | EI60                               | EI30                            | RE30                           |
| „C”                                | R60                      | R15               | REI60               | EI30                               | EI15                            | RE15                           |
| „D”                                | R30                      | (-)               | REI30               | EI30                               | (-)                             | (-)                            |
| „E”                                | (-)                      | (-)               | (-)                 | (-)                                | (-)                             | (-)                            |

<sup>1)</sup> Jeżeli przegroda jest częścią głównej konstrukcji nośnej, powinna spełniać także kryteria nośności ogniowej R, odpowiednio do wymagań dla danej klasy odporności pożarowej budynku.

<sup>2)</sup> Klasa odporności ogniowej dotyczy pasa międzykondygnacyjnego wraz z połączeniem ze stropem.

<sup>3)</sup> Wymagania nie dotyczą nasłonecznionych, świetlików, lukarni i okien połaciowych, jeżeli otwory w połaci dachowej nie zajmują więcej niż 20% jej powierzchni; nie dotyczy to budynku, w którym strop spełnia wymagania z kolumny 4.

Tab. 4. Minimalne wymagania elementów budynku w zależności od klasy odporności pożarowej [4]

## I Prowadzenie i mocowanie kabli

Zgodnie z N SEP-E-004 kable mogą być układane na konstrukcjach wsporczych mocowanych do ścian, stropów lub posadzek. Uchwyty lub wieszaki nie powinny powodować uszkodzeń ani deformacji kabli. Kable układane na ścianach i pod stropami powinny być mocowane za pomocą uchwytów lub wieszaków. Na konstrukcjach wsporczych poziomych kable mogą być ułożone swobodnie, a na konstrukcjach wsporczych pionowych lub pochyłych powinny być mocowane w sposób uniemożliwiający ich swobodne przemieszczanie. Zaleca się mocować kable po obu stronach mufy i pod głowicą kablową.

Odległość między miejscami zamocowania lub zawieszenia kabla powinna być tak dobrana, aby kabel nie załamywał się i nie był nadmiernie naprężony pod własnym ciężarem. Zaleca się, aby odległość pomiędzy miejscami zamocowania, zawieszenia lub podparcia kabla nie przekraczała:

- » 80 cm – przy układaniu poziomym lub pochyłym pod kątem nie większym niż 30°,
- » 120 cm – przy układaniu pionowym lub pochyłym pod kątem większym niż 30°.

Jak wynika z N SEP-E-004, przy projektowaniu i budowie linii kablowych o zwiększonej wytrzymałości ogniowej należy spełniać wymagania dotyczące odporności ogniowej wynikającej z funkcji linii kablowej i ustaleń z inwestorem. Kable ognioodporne należy układać na konstrukcjach i w uchwytach o wytrzymałości ogniowej nie mniejszej niż trwałość kabla. Kable ognioodporne prowadzone poziomo lub pochyło pod kątem mniejszym niż 15° od poziomu, należy układać w korytkach, na drabinkach lub w uchwytach. Natomiast kable ognioodporne prowadzone pochyło pod kątem większym niż 15° od poziomu lub prowadzone pionowo, należy mocować w uchwytach przymocowanych do konstrukcji wsporczych lub bezpośrednio do ścian. Konstrukcje wsporcze korytek i drabinek powinny mieć dodatkowo drugi punkt podparcia lub zawieszenia. Kotwy, kołki i śruby mocujące konstrukcje wsporcze i uchwyty powinny mieć odporność ogniową zapewniającą ich poprawne funkcjonowanie zgodnie z przeznaczeniem. Trasy kabli należy tak wyznaczać, aby w razie pożaru kable nie były narażone na spadające z góry przedmioty.





# Osprzęt kablowy – podstawowe wiadomości o mufach kablowych

Dostępny na rynku osprzęt kablowy obejmuje między innymi mufy przelotowe, przejściowe i rozgałęźne oraz płyty remontowe do napraw powłok zewnętrznych w liniach kablowych. W zależności od potrzeb i przeznaczenia, dostępne mufy wykonane są w różnych technologiach: termokurczliwej, zimnokurczliwej, żywicznej lub żelowej. Biorąc pod uwagę doświadczenia eksploatacyjne oraz w zakresie inżynierii materiałowej dostarczane produkty są proste w montażu i jednocześnie przystosowane do lokalnych konstrukcji kabli, sieci i procedur montażu.

Do przygotowania kabla nie są potrzebne żadne specjalne narzędzia za wyjątkiem koro-warki do usuwania ekranu i izolacji. Niezależnie od zastosowanej technologii, montaż osprzętu kablowego jest prosty. Osprzęt może zostać załączony pod napięcie niezwłocznie po instalacji. Osprzęt kablowy dostarczany jest najczęściej w zestawach montażowych, zawierających wszystkie niezbędne komponenty, włączając w to instrukcję montażu w lokalnym języku. Na przykład, w przypadku zestawu termokurczliwego, osprzęt jest dostarczany w stanie rozciągniętym. Ułatwia to jego nakładanie na uprzednio przygotowane kable. Obkurczenie wywołane jest ogrzewaniem niskotemperaturowym (od około 110 °C) za pomocą palnika gazowego lub innego źródła ciepła. Wewnętrzne części elementów pokryte są termotopliwymi, wielofunkcyjnymi szczeliwami, klejami i wypełniaczami, co umożliwia usunięcie powietrza i termomechaniczną adhezję warstw. Wysoki stopień prefabrykacji ogranicza możliwe błędy montażu.

## I Mufy kablowe

Mufy kablowe zapewniają właściwości elektryczne i mechaniczne połączenia nie gorsze od właściwości kabla. Konstrukcja mufy zależy od napięcia znamionowego, rodzaju kabla, liczby i przekroju żył oraz technologii ich wykonania. Najczęściej stosuje się mufy przelotowe, łączące odcinki tego samego rodzaju kabla, oraz przejściowe, łączące różne rodzaje kabli, jakimi są trójfazowe kable w izolacji papierowo –

olejowej i jednofazowe kable w izolacji z tworzywa sztucznego, najczęściej w kształcie litery Y lub T. Mogą być wykonane w technologii: taśmowej, termokurczliwej, zimnokurczliwej lub zalewanej, choć coraz popularniejsze są rozwiązania hybrydowe.

Mufy kablowe służą do połączenia dwóch lub większej liczby kabli. Najczęściej są wykonywane w technologii termokurczliwej, zimnokurczliwej i zalewanej, choć można również spotkać rozwiązania hybrydowe łączące te metody. W zależności od typu służą one do łączenia kabli jedno- i wielożyłowych w izolacji z tworzywa sztucznego i papierowej.

Interesującym rozwiązaniem jest guma silikonowa, z której wykonana jest mufa zimnokurczliwa. Dzięki bardzo dobrym właściwościom elektroizolacyjnym oraz niskim odkształceniom trwałym jest coraz częściej stosowana w osprzęcie kablowym. Miara elastyczności elementów zimnokurczliwych jest ich współczynnik sprężystości. Określa on różnicę między średnicą swobodnie obkurczonego elementu, średnicą tego samego elementu przed rozciągnięciem i nasunięciem na spiralę nośną [8]. Wstępnie rozciągnięty prefabrykat izolacyjny umieszczony jest na usuwanej spirali nośnej. Po wykonaniu połączenia żył kabla przy zastosowaniu złączki prasowanej lub śrubowej oraz rozprowadzeniu masy uszczelniająco-wypełniającej nasuwa się prefabrykat na miejsce połączenia. Obkurczenie polega na usunięciu spirali nośnej przez jej wyciągnięcie.

## I Mufy żelowe

Technologia izolowania żelem jest stosowana w aplikacjach na niskie napięcie. Prefabrykat w postaci obudowy wypełnionej żelem na eta-



Fot. 1. Montaż mufy przejściowej na kablu o izolacji papierowo-olejowej  
fot. K. Kuczyński

pie produkcji dostarczany jest na miejsce instalacji. Końce kabli wraz ze złączką umieszcza się w środku otwartej obudowy mufy, lekko wciskając złączkę w żel. Zakończenie montażu odbywa się poprzez zatrzasknięcie obudowy. Po zakończeniu montażu mufy, kable można niezwłocznie załączyć pod napięcie.

Żel na bazie usieciowanego oleju silikonowego jest specjalnie opracowany do pracy ciągłej w zakresie temperatur od -40 °C do +90 °C. Dzięki swojemu składowi ma on właściwości izolacyjne materiałów stałych oraz płynnych (przywieranie do powierzchni).

Doskonałe właściwości izolacyjne i termiczne, odporność na promieniowanie UV, brak halogenów, nieograniczony czas magazynowania, bardzo dobre właściwości dielektryczne oraz bardzo wysoka rozciągliwość i elastyczność to cechy żelu. Mufy kablowe żelowe są przeznaczone do kabli polimerowych w zastosowaniach wewnętrznych lub zewnętrznych, do bezpośredniego zasypiania w ziemi lub zanurzenia w wodzie.

## I Złączki kablowe

Złączki są stosowane głównie do trwałego łączenia pod względem elektrycznym i mechanicznym żył przewodów elektroenergetycznych miedzianych i aluminiowych. Stosuje się je do łączenia przewodów zarówno jednodru-

towych, jak i wielodrutowych dla niskich i średnich napięć.

Złączki śrubowe w zależności od przeznaczenia muszą charakteryzować się różnorodnymi cechami, co doprowadziło do powstania bogatej oferty na rynku. Dla osoby dobierającej złączki, oznacza to konieczność znajomości kryteriów, które decydują o wybraniu konkretnego produktu o danych cechach. Na rynku obserwuje się też dążenie producentów do wykonywania uniwersalnych złączek zapewniających połączenie różnych rodzajów żył w pewnych zakresach ich przekrojów [3].

Kryteria te w znacznej mierze są zdefiniowane przez poziom napięcia, wykonanie żył kablowych, metodę montażu, jak również przez rodzaj mufy. Oprócz związanych z tym okoliczności determinujących wybór istnieje cały szereg kryteriów wyboru opartych na indywidualnym doświadczeniu lub preferencjach.

Kablówki śrubowe stanowią nowoczesną alternatywę dla technologii zaprasowywania złączek tulejowych. Podstawą technologii są tutaj śruby, których parametry określają przydatność złączki do konkretnych przekrojów żył kablowych oraz wpływają na szybkość, niezawodność oraz ergonomię montażu [3].

Śruby mogą być w wykonaniu z łbami zrywalnymi i niezrywalnymi. Śruby zrywalne ulegają zerwaniu przy określonym momencie dokręcania i nie ma konieczności użycia klucza dynamometrycznego. Najbardziej nowoczesną formą śruby z łbem zrywalnym jest tzw. „śruba inteligentna”. Jest ona wykonana w postaci szeregu krążków umieszczonych na wspólnym rdzeniu. Na krążkach tych wykonany jest gwint. Takie wykonanie zapewnia poprawne zerwanie się śruby dla konkretnego przekroju żyły. Zastosowane śruby pozwalają na użycie złączki/końcówki dla szerokiego zakresu przekroju żył kablowych. Zapewniają pełną powtarzalność montażową, co wpływa na niezawodność połączenia. Zakłady i producenci osprzętu stosujący tę technologię uzyskują oszczędności w dziedzinie utrzymania zapasów magazynowych. Wystarczy zamówić np. 4 typy złączek na magazyn, zamiast 16, aby zapewnić połączenia żył w zakresie 16–300 mm<sup>2</sup> [4]. Technologia ta eliminuje również błędy montażowe, przyspiesza i ułatwia montaż. Mały klucz używany do dokręcania zapewnia łatwość wykonania połączenia nawet w trudno dostępnych miejscach.

## I Sterowanie polem elektrycznym

W przypadku kabli SN należy zwrócić uwagę, czy linie ekwipotencjalne pola elektrycznego

przy zakończeniu ekranu izolacji leżą blisko siebie, co wiąże się z wysokimi wartościami pola. Są one wystarczające do zapoczątkowania jonizacji powietrza i inicjacji wyładowań niezupełnych. Temperatura i produkty rozkładu doprowadzą do degradacji powierzchni izolacji. Występowanie nacięć lub ostrzy przewodzących może prowadzić do przeskoju ładunku lub przebicia izolacji [5, 6].

Najczęściej w mufach kablowych możemy spotkać refrakcyjne podejście sterowania polem w zakończeniach łączonych kabli, które polega na użyciu materiału o wysokiej przenikalności elektrycznej lub o wysokiej stałej dielektrycznej. Materiał ten załamuje linie ekwipotencjalne, a zatem obniża koncentrację pola elektrycznego [7].

## I Wymagania dla muf SN

Kable SN o izolacji papierowej przesycanej syciwem obecnie są już bardzo rzadko instalowane, ale w krajowych elektroenergetycznych liniach kablowych wciąż stanowią znaczny udział. Do ich łączenia i napraw stosowane są mufy kablówki wykorzystujące różne technologie montażu, począwszy od taśmowo-żywicznej poprzez termokurczliwą, zimnokurczliwą, a skończywszy na różnorodnych kombinacjach poszczególnych technologii. Najbardziej popularna, pomimo dość znacznej pracochłonności w porównaniu do technologii wykorzystujących prefabrykaty, jest wciąż technologia taśmowo-żywiczna. Dzieje się tak ze względu na wysoki poziom wykształcenia ekip monterskich w wykonawstwie tego typu osprzętu oraz atrakcyjniejszy poziom cen w stosunku do bardziej zaawansowanych technologii. Nie bez znaczenia są także takie zalety, jak możliwość instalacji muf w sytuacji ograniczonej przestrzeni montażowej, ze względu na brak konieczności wstępnego pozycjonowania prefabrykatów [1].

Większość muf w technologii taśmowo-żywicznej do kabli o izolacji papierowej przesycanej syciwem była wprowadzana do obrotu w czasie, kiedy obowiązującymi aktami normatywnymi określającymi parametry techniczne osprzętu kablowego były wycofane już: norma PN-76/E-05125P *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablówki. Projektowanie i budowa* oraz seria norm PN-90/E-06401P *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablówki. Osprzęt do kabli o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 30 kV*.

Po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej zaistniała konieczność ujednolicenia wymagań Polskich Norm z wymaganiami norm europejskich.

Odbywa się to poprzez wdrażanie norm europejskich do zbioru Polskich Norm. Wdrożenie normy europejskiej jako normy polskiej związane jest z wycofaniem sprzecznych z nimi dotychczasowych norm krajowych. W przypadku PN-76/E-05125P jej zapisy zostały ponownie opracowane przez SEP i funkcjonują pod nazwą SEP-E-004. Natomiast w zakresie, do którego odnosiła się wycofana w grudniu 2010 r. seria norm PN-90/E-06401P, obowiązują obecnie normy [1]:

- » PN-HD 629.1 S2:2006E *Badania osprzętu przeznaczonego do kabli na napięcie znamionowe od 3,6/6 (7,2) kV do 20,8/36 (42) kV. Część 1: Kable o izolacji wytłaczanej*,
- » PN-HD 629.2 S2:2006E *Badania osprzętu przeznaczonego do kabli na napięcie znamionowe od 3,6/6 (7,2) kV do 20,8/36 (42) kV. Część 2: Kable o izolacji papierowej przesycanej*.

Obie normy są wdrożeniem dokumentów harmonizacyjnych opracowanych przez Europejską Komisję Normalizacyjną ds. Elektrotechniki CENELEC (*European Committee for Electrotechnical Standardization*).

W związku z tym, że w Ustawie z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji została zapisana zasada dobrowolności stosowania norm, wycofanie normy nie jest równoznaczne z jej unieważnieniem. Normy wycofane mogą być nadal stosowane, ale ten fakt powinien być uzgodniony pomiędzy dostawcą i odbiorcą. Wycofanie normy oznacza raczej wyłączenie jej ze zbioru norm aktualnych ze względu na dezaktualizację jej treści ze względu na postęp technologiczny. Normy wycofane tym różnią się od norm aktualnych, że mogą prezentować mniej nowoczesne rozwiązania – z punktu widzenia postępu naukowo-technicznego – jednak rozwiązania te nie są błędne [1].

W praktyce, na przykład w specyfikacjach istotnych warunków zamówień ogłaszanych przez zakłady energetyczne, przywoływana jest zarówno norma PN-90/E-06401, jak i PN-HD 629 [1]. Ich wymagania w dużym stopniu pokrywają się. Istnieją jednak pewne różnice dotyczące sekwencji wykonywanych badań, a także parametrów niektórych prób. Dotychczas wskazuje się głównie na różnice w wymaganiach odporności na działanie ciepłe prądu zwarcia, wynikające z różnych warunków eksploatacji sieci średniego napięcia w Polsce i krajach Europy Zachodniej. Różnic pomiędzy wymaganiami obu norm jest jednak więcej [1].



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



# 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 zatraskowy 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 halogenowych. 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].

## I 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 ulep-

szana 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 obluźowania 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 właściwości 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 zabezpie-

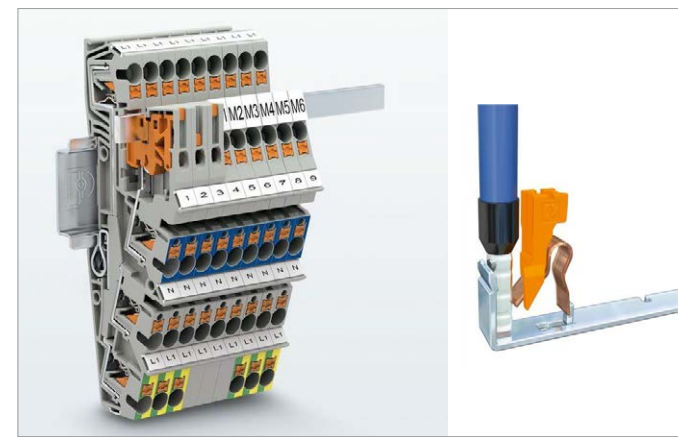


Fot. 1. Przykład złączki zaciskowej śrubowo-sprężynowej, którą można montować na różnych typach szyn [2]

czających przed wyciągnięciem (tulejka haczykowa) [2].

## I 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



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

stała i niezależna od montera, co jest istotną zaletą w porównaniu z zaciskami gwintowymi, gdzie moment obrotowy dokręcenia w dużym stopniu zależy od wycucia 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 obluźowania się przewodu w tych warunkach dzięki swojej stałej sile docisku. Interesującym rozwiązaniem jest złączka instalowana bezpośrednio na szynie prądowej w rozdzielnicach nn.

Istnieją jeszcze inne rozwiązania, które nie wymagają zdejmowania izolacji z instalowane-

go 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].

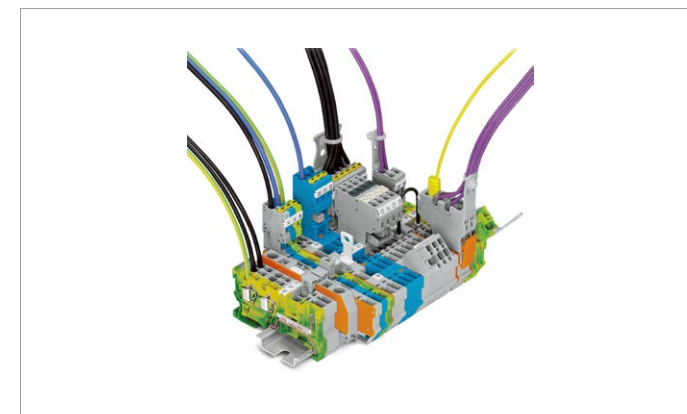
## I Złączki listwowe dźwigniowe

Przewody w rozdzielnicach mogą być podłączane, a następnie demontowane ręcznie, bez konieczności stosowania przyrządów montażowych. Dzięki zastosowaniu dźwigni ryzyko omińnięcia 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].

## I Wyposażenie dodatkowe

W celu połączenia kilku przewodów na niewielkiej przestrzeni można zastosować złączki



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

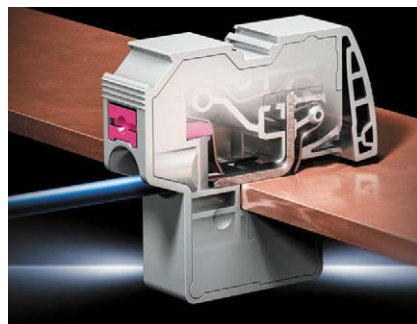
dwu-, trzy- lub czteropiętrowe. W celu połączenia kolejnych pięter stosuje się mostki pionowe. Natomiast do połączenia kilku równoległych złączek stosuje się mostki poziome. W układach automatyki możemy spotkać także zaciski wyposażone w: sygnalizację obecności napięcia i przepływu prądu, tuleje kontrolne, 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 różnicowo-prądowych) 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.

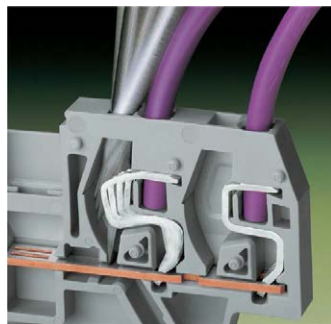
Aby zabezpieczyć cenne urządzenia elektroniczne (np. sterowniki, zasilacze itp.), musimy chronić je przed prądem zwarciovym i przetężeniowym. Najlepiej nadają się do tego celu miniaturowe wkładki bezpiecznikowe. W tym celu możemy zastosować zaciski sprężynowe z podstawą na standardowy bezpiecznik topikowy 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.

## I 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.



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



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



# Taśmy TZe synonimem trwałości

Mimo warstwowej budowy są niezwykle cienkie. Grubość 160 mikrometrów nie przeszkadza im jednak w osiągnięciu zaskakująco dobrych parametrów wytrzymałościowych. Taśmy TZe są odporne na ścieranie, zarysowania, promieniowania UV i ekstremalne temperatury.

Priorytetem przy **oznaczaniu sieci** i jej poszczególnych elementów, kilometrów kabli, dziesiątek przełączników czy kolejnych aparatów w **szafach rozdzielczych** jest czytelność oraz trwałość opisu.

Oznacznik powinien umożliwić identyfikację komponentów systemu i dostarczać informacje na temat instalacji przez wiele kolejnych lat, niezależnie od warunków otoczenia, temperatury czy też oddziaływania czynników atmosferycznych. Niezbędne są więc profesjonalne akcesoria zapewniające możliwie najwyższy stopień ochrony.

## Cienka etykieta TZe mimo sześciu warstw

Największy potencjał w temacie trwałości oznaczeń eksperci dostrzegają obecnie w **nowoczesnych laminowanych taśmach TZe**. Wysokie parametry wytrzymałościowe zawdzięczają one unikalnej konstrukcji oraz metodzie produkcji. Każda taśma zbudowana jest w rzeczywistości z sześciowarstwowego materiału – powłoki ochronnej (PET – folia poliestrowa), kleju (akryl), kolorowej warstwy bazowej (PET), kolejnej warstwy kleju, papieru podklejkowego oraz warstwy wydruku.

Mimo wykorzystania aż sześciu warstw **etykieta TZe** jest wyjątkowo cienka. Przy tym – niemal niezniszczalna, wyjątkowo odporna na działanie niesprzyjających czynników. Tego rodzaju taśmy mają grubość zaledwie 160 mikrometrów, nieznaczne różnice występują w przypadku różnego rodzaju modeli. Druk wykonany metodą termotransferową umieszczany jest pomiędzy dwiema poliestrowymi warstwami – skutecznie opiera się więc działaniu czynników o szerokim spektrum.

## Dobre parametry mimo skomplikowanej budowy taśm TZe

Skomplikowana budowa taśm TZe nie oznacza jednak, że oznaczenie należy zaplanować



Największy potencjał w temacie trwałości oznaczeń eksperci dostrzegają obecnie w nowoczesnych laminowanych taśmach TZe

i zaprojektować jeszcze przed przeprowadzeniem prac. Coraz szerszy wybór wśród przenośnych przemysłowych drukarek termotransferowych oraz mechanizm oparty na kasetach sprawia, że taśmę z odpowiednim opisem wydrukujemy na miejscu przeprowadzania prac.

Ponadto, w zależności od przeznaczenia oraz rodzaju drukarki, możemy tworzyć etykiety o różnej szerokości, zawierające do kilku linijek tekstu, a często nawet szeroki i rozbudowany opis. Każda z kaset ręcznych drukarek P-touch zawiera trzy rolki z poszczególnymi materiałami – taśmą barwiącą, ochronną laminującą i taśmą klejącą. Nadruk (a raczej jego lustrzane odbicie) powstaje na wewnętrznej powierzchni ochronnej taśmy laminującej. Podczas wysuwania etykiety z urządzenia na zadrukowanej powierzchni umieszczana jest taśma klejąca.

O znakomitych parametrach wytrzymałościowych **etykiat laminowanych TZe** przekonują nas wyniki rygorystycznych testów przeprowadzonych przez firmę Brother. Taśmy nie tracą swoich właściwości, a opis nie przestaje być czytelny mimo narażenia na ścieranie, działanie bardzo niskich i bardzo wysokich temperatur, chemikaliów przemysłowych oraz promieniowania UV.

Sześciowarstwowy materiał skutecznie opiera się temperaturze od – 80 do +150 C (nawet w wielokrotnych cyklach podgrzewania i oziębiania), a nadruk nie zmienia swojego koloru i nie blaknie nawet podczas wielu miesięcy oddziaływania promieni słonecznych. Materiał zachowuje swoje właściwości nawet przy długotrwałym, uporczywym działaniu wody lub wilgoci, taśma nie odkleja się ani nie rozmarka. Warto zwrócić uwagę, że trwałość zostaje za-

chowana także przy oddziaływaniu innych niesprzyjających czynników, jak chociażby zadrapania, ścieranie, zmywanie, uderzenia.

## I Rodzaje taśm

Dostępnych jest kilka rodzajów taśm laminowanych – wyróżniających się dzięki poszczególnym parametrom użytkowym. Wytrzymałość warstwy klejowej jednej z taśm TZe jest 50% wyższa niż w porównaniu ze standardowymi materiałami tego rodzaju. Dzięki temu wykorzystamy je w wymagających miejscach – do mocowania na nierównych i chropowatych powierzchniach, np. na rurach, elementach maszyn, panelach malowanych metodą proszkową.

## I Taśma Flexi ID

Taśmę Flexi ID wybierzemy z kolei z uwagi na jej elastyczność, zwłaszcza w przypadku, gdy opisu musimy dokonać z ostrym zagięciem, na powierzchni cylindrycznej, na prętach, rurach, przewodach lub węzłach z PVC. Wykorzystany w niej klej zapewnia bardzo ściśle przywieranie do izolacji oraz do kolejnych warstw taśmy, dzięki czemu etykiety mogą być stosowane również jako flagi i owijki.

Jeśli zależy nam zaś na jak najwyższej ochronie przed blaknięciem, zdecydujemy się na taśmę z czarnym nadrukiem na matowym srebrnym tle (najbardziej odporne na płowień). Dostępne są również taśmy ze specjalną fluoroscencyjną („ostrzegającą”) warstwą kleju,



w kolorze żółtym lub pomarańczowym – znajdując zastosowanie wszędzie tam, gdzie pozostawić musimy kluczową informację dotyczącą specyfiki sieci, jej eksploatacji bądź niezbędnych instrukcji bezpieczeństwa.

Oczywiście, trwałość **nadruków na etykietach laminowanych TZe** ma związek nie tylko

z bardzo dobrymi parametrami wykorzystanych materiałów oraz metody umieszczania opisu pomiędzy dwoma warstwami ochronnymi, ale także z właściwościami samego druku termotransferowego. Druk termotransferowy odbywa się w podobny sposób jak druk termiczny. Pod wpływem temperatury oraz dzięki dociskowym głowicy drukarki na taśmę nanoszony jest barwnik. Nadruk wyróżnia się wysoką odpornością na czynniki zewnętrzne.

Trwałość stała się swego rodzaju synonimem taśm TZe. Odporność na zarysowania, zmywanie, promieniowanie UV czy substancje chemiczne sprawia, że opis będzie czytelny przez długie lata – niezależnie od warunków.



**brother**  
at your side

**Brother Polska Sp. z o.o.**  
ul. Marynarska 15  
02-674 Warszawa  
tel.: 22 441 63 00  
biuro@brother.pl  
[www.brother.pl](http://www.brother.pl)



# Sposoby oznaczania kabli i przewodów

Dostępne na rynku oznaczniki są najczęściej odporne na działanie produktów ropopochodnych, kwasów i rozpuszczalników stosowanych przy czyszczeniu aparatów i urządzeń elektrycznych. Mogą być stosowane w miejscach, gdzie temperatura wynosi od  $-30^{\circ}\text{C}$  do  $100^{\circ}\text{C}$ . Posiadają najczęściej właściwości samogasnące i nieścieralny nadruk. Kolory oznaczników to: żółty, czerwony, niebieski, zielony i inne – nadruk wykonuje się czarnymi symbolami, jak również są dostępne oznaczniki bez nadruku. Przede wszystkim stosuje się je do znakowania kabli i przewodów elektrycznych w różnych urządzeniach. Również oznaczniki czyste (bez napisu), o długościach 5–40 mm, służą do samodzielnego opisywania.

## I Nowe instalacje

Oznaczniki, które stosowane są przed przyłączeniem przewodów, charakteryzują się kształtem zamkniętym. Ich konstrukcja pozwala na oznaczenie przewodów w szerokim zakresie średnic. Dobierając oznaczniki należy zwrócić uwagę na ich kształt. Niektóre modele mają budowę uniemożliwiającą przekręcanie się oznaczników względem siebie. Jest to szczególnie przydatne w przypadku informacji wieloznakowych [1, 3].

## I Oznaczanie istniejących instalacji

Dostępne są także oznaczniki otwarte, które zatrzaskuje się na przewodzie. Elementy tego typu można zainstalować po przyłączeniu przewodów, jak również zespawaniu światłowodów. Bardzo często oznaczniki znajdują zastosowanie podczas remontów maszyn i urządzeń, kiedy konieczne jest rozłączanie istniejącej instalacji elektrycznej. Ważną cechą oznaczników zatrzaszkowych jest, aby nie zsuwały się z przewodu. Chodzi bowiem o to, aby elementy nie przesunęły się

na miejscu ich nałożenia. Dostępne są również oznaczniki przezroczyste zamknięte z kieszenią na etykietę. Takie rozwiązanie pozwala na indywidualne opisywanie, po czym oznacznik jest wkładany do specjalnej kieszeni [1, 4].

Znakując przyłączone przewody można zastosować tabliczki identyfikacyjne. Najczęściej są one wykonane z poliamidu, który cechuje się odpornością na działanie większości substancji chemicznych. Tabliczki przytwierdzane są do kabli (przewodów) lub wiązek kablowych (przewodowych) za pomocą opasek zaciskowych. Przy użyciu specjalnych otworów są one mocowane wzdłuż lub w poprzek kabla (przewodu) [5]. Napisy wykonuje się za pomocą specjalnych pisaków. Dlatego też powierzchnia tabliczki jest matowa.

## I Etykiety samoprzylepne

Interesujące rozwiązanie stanowią również etykiety przeznaczone do opisu ręcznego. Typowa etykieta składa się z pola opisowego oraz przezroczystej folii ochronnej. Tekst jest nanoszony pisakiem w okienku. Tusz w pisaku cechuje się krótkim czasem schnięcia. Opisaną etykietę okleja się wokół przewodu. Na końcu naklejona jest folia ochronna, która zabezpiecza przed działaniem czynników zewnętrznych [4]. Można zastosować również etykiety samolaminujące. Nadruk wykonywany jest za pomocą drukarki laserowej. Etykiety samolaminujące najczęściej znajdują zastosowanie w procesie związanym z oznaczaniem elementów okrągłych, takich jak przewody, rury czy też kable. Dodatkowo możemy nabyć przeznaczone do tego celu oprogramowanie, dzięki któremu możliwe jest projektowanie zarówno oznaczeń, jak i ich wydruku.

## I Druk termotransferowy

Może się wydawać, że etykiety przeznaczone do druku termotransferowego nie są trwałe, szczególnie w warunkach przemysłowych. Jest to jednak mylna opinia. Niektóre ich wykonania składają się z sześciu warstw materiałów. Trwałość zapewniona jest dzięki pokryciu przezroczystym laminatem polietylenowym. Znaki nanoszone są na taśmę metodą termotransferową, pomiędzy dwie ochronne warstwy folii. Jako jedną z ważniejszych cech nowoczesnych taśm termotransferowych uważa się odporność na ścieranie (wodą i chemiczne) oraz działanie



Przykładowe oznaczenie przewodu fot. Partex

temperatur. Stąd też taśmy termotransferowe mogą być używane najczęściej w zakresie temperatur od  $-80$  do  $150^{\circ}\text{C}$ . Interesujące jest, że ich grubość to zaledwie 160 mikrometrów [6, 7]. Nie jest również problemem usunięcie taśmy z przewodu, kabla czy też z urządzenia. Etykiety nie pozostawiają znacznych ilości kleju na materiale. Ewentualne pozostałości można usunąć za pomocą detergentu lub rozpuszczalnika.

Technologia druku termotransferowego używana jest nie tylko do tworzenia etykiet. Za pomocą drukarek można wykonywać nadruki na rurkach termokurczliwych. Są one nakładane na przewód lub na kabel, a następnie podgrzewane. Często rurki wykonuje się z materiału samogasnącego. Nie bez znaczenia pozostają właściwości zapewniające wytrzymałość na czynniki mechaniczne oraz na działanie rozpuszczalników. Rurki są odpowiednio spłaszczane. Aby móc wykonywać nadruk w drukarkach termokurczliwych, rurki dostarcza się w rolkach. Niektóre modele nie zawierają halogenków. Rurki tego typu są bardzo elastyczne, a budowa cechuje się cienkimi ściankami przy zapewnieniu dobrych właściwości izolacyjnych.

## I Oznaczniki specjalne

W miejscach narażonych na działanie substancji szkodliwych, uszkodzeń mechanicznych i wilgoci użyteczne są oznaczniki wykonane ze stali nierdzewnej. Tego typu oznaczniki dobrze sprawdzają się na platformach wiertniczych, w budownictwie oraz zakładach petrochemicznych czy stoczniach. Nawet najbardziej trwałe oznacznik nie spełni swojego zadania bez odpowiedniego zamocowania [1, 3]. Tradycyjna opaska z tworzywa sztucznego raczej nie spełni naszych oczekiwań. Z tego względu stosuje się opaski stalowe.



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

# POLTECHNIK

ELEKTROTECHNIKA PRZEMYSŁOWA

## KOMPAKTOWA BUDOWA

## ZNAKOWANIE ETYKIET I TABLICZEK

## INTUICYJNA OBSŁUGA

## PRECYZYJNY, TRWAŁY, WYDAJNY

## NIE WYMAGA MATERIAŁÓW EKSPLOATACYJNYCH

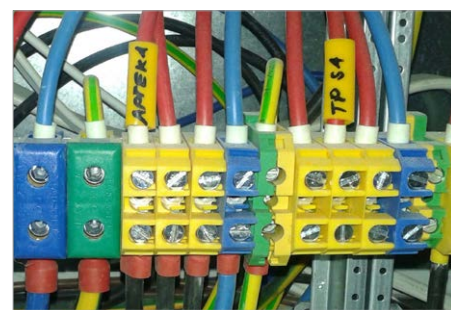
## SYSTEM ZNAKOWANIA LASEROWEGO



mp-LM 1M

## mp-LM 1M

Przeznaczony jest do znakowania etykiet i tabliczek produkowanych z poliwęglanu (PC), polipropylenu (PP). Istnieje możliwość znakowania anodowanego aluminium, folii laserowej i stali nierdzewnej. Sercem systemu etykietującego jest laser o mocy 2,0 W. Tekst na PC/PP powstaje poprzez karbonizację materiału.



Oznaczniki opisane przez instalatora



## Drukarki etykiet

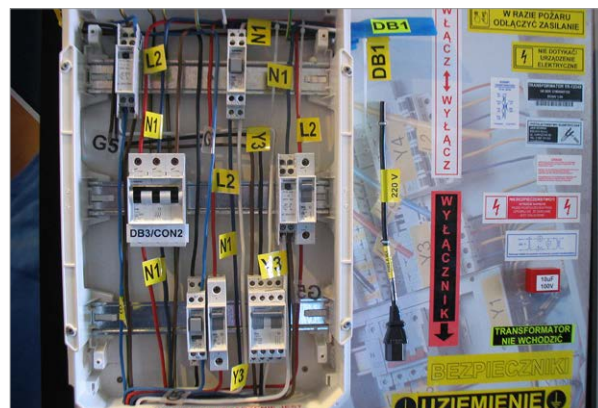
Oferowane na rynku drukarki etykiet pozwalają na oznaczanie kabli instalacji sygnałowych, teletechnicznych i elektrycznych. Oznaczać można nie tylko przewody, ale również przełączniki, gniazda elektryczne, elementy, urządzenia itp.

Nowoczesne drukarki umożliwiają tworzenie szczegółowych, łatwych do odczytania etykiet opatrzonych napisami, symbolami, a nawet logo firmy. Jest możliwe wykonanie znaków ostrzegawczych i etykiet informacyjnych z instrukcjami, przy czym tworzone są własne etykiety ładowane do pamięci drukarki za pomocą portu USB. Specjalne oprogramowanie do projektowania pozwala na używanie symboli audio/wideo i elektrycznych. Odpowiednie funkcje umożliwiają drukowanie tekstu obróconego na etykietach przeznaczonych do owijania kabli. Wybór odpowiedniej etykiety zapewni funkcja szybkiego wybierania na klawiaturze dedykowanej.

W niektórych drukarkach przewidziano komórki pamięci pozwalające na przechowywanie indywidualnie stworzonych obrazów i projektów etykiet, przez co są one dostępne w każdej chwili. Specjalny system pozwala na szybką zmianę kasety z etykietami a mechanizm tnący przecina etykiety w określonym rozmiarze.

Typowa drukarka pozwala na wydruk kilku linii tekstu i najczęściej używanych symboli elektrycznych oraz audio/wideo. Wybrać można także styl druku, rozmiar czcionki oraz formę obramowania. Niektóre modele pozwalają na drukowanie kodów kreskowych.

Ważna jest prosta obsługa oraz łatwy dostęp do ustawień urządzenia. Przygotowaną etykietę można podejrzeć na wyświetlaczu, na którym przeprowadza się edytowanie informacji.



Możliwości wykonania etykiet technologią termotransferu fot. K. Kuczyński

Wyświetlacz wykonany jest w technologii LCD z podświetlaniem. Lekka, kompaktowa obudowa sprawdzi się w warunkach przemysłowych, zwłaszcza podczas pracy w trudno dostępnych miejscach. Komfort użytkowania poprawi gumowy uchwyt, pasek na ramię lub na szyję, zaś walizka zapewni bezpieczeństwo podczas transportu urządzenia.

W niektórych modelach przewidziano przycisk, za pomocą którego można wybrać funkcję wykonania etykiety do najbardziej powszechnych zastosowań. Niektóre modele drukarek współpracują z komputerem bezprzewodowo. Jest możliwe drukowanie sekwencyjne oraz drukowanie kodów kreskowych.

### Druk na etykietach termotransferowych

Budowa niektórych etykiet bazuje na kilku warstwach materiałów. Wysoki poziom trwałości zapewniono dzięki pokryciu przezroczystym laminatem polietylenowym. Znaki są nanoszone na taśmę metodą termotransferową, pomiędzy dwie ochronne warstwy folii poliestrowej.

Taśmy termotransferowe cechuje odporność na ścieranie (wodą i chemiczne) i działanie skrajnych temperatur. Stąd też taśm tego typu używa się zarówno w gorącym środowisku, jak i w ujemnych temperaturach (od -80°C do 150°C). Cechy te uzyskano przy grubości taśmy 160 mikrometrów. W razie potrzeby taśmę można łatwo usunąć z przewodu, kabla lub urządzenia. Etykiety nie pozostawiają znacznych ilości kleju na materiale. Ewentualne pozostałości można usunąć za pomocą etanolu.

Technologia druku termotransferowego używana jest nie tylko do tworzenia etykiet. Za pomocą drukarek można wykonywać rurki termokurczliwe. Są one nakładane na przewód lub kabel a następnie podgrze-



Przykłady wykonania różnego typu etykiet fot. K. Kuczyński

wane. Bardzo często rurki wykonuje się z poliolefinu, który jest materiałem samogasnącym. Nie bez znaczenia pozostają właściwości zapewniające wytrzymałość na czynniki mechaniczne oraz na działanie rozpuszczalników. Rurki są odpowiednio spłaszczane. Aby móc wykonywać nadruk w drukarkach termokurczliwych, rurki dostarcza się w rolkach. Niektóre modele nie zawierają halogenu. Materiały tego typu są bardzo elastyczne, a budowa cechuje się cienkimi ściankami przy zapewnieniu dobrych właściwości izolacyjnych.

Niejednokrotnie zastosowanie znajdują etykiety samolaminujące. Nadruk wykonywany jest za pomocą drukarki laserowej. Etykiety samolaminujące najczęściej znajdują zastosowanie przy oznaczaniu elementów okrągłych, takich jak przewody, rury czy też kable. Po nałożeniu etykiety na znakowany element, ochrona pola opisowego zapewniona jest poprzez laminowanie. Dedykowane oprogramowanie pozwala na projektowanie oznaczeń i wydruków. Do prostych zastosowań producenci etykiet oferują szablonny przygotowane w formacie MS Windows Word.

Od właściwie oznakowanych przewodów i kabli zależy bezpieczeństwo użytkowania oraz serwisowania instalacji elektrycznych. Zyskuje się bowiem szybkie lokalizowanie połączeń przewodów i kabli.

Na etapie wyboru odpowiedniej drukarki należy pamiętać o odpowiednich etykietach. Specjalne etykiety znajdują zastosowanie w najtrudniejszych warunkach pracy.

## Niezawodne rozwiązanie dla fachowców



www.brother.pl

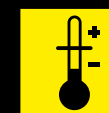


## Wytrzymałe taśmy laminowane TZe

Dedykowane drukarkom etykiet P-touch firmy Brother gwarantują odporność na działanie czynników zewnętrznych. Etykietowanie przewodów, konsol sterowniczych, tablic, centrerek czy przełączników poprawia bezpieczeństwo pracy i zabezpiecza przed błędami instalacyjnymi w przyszłości.



Laminowane



Wytrzymałe temperaturowo



Wodoodporne



Odporne na blaknięcie



Odporne na ścieranie



Odporne na chemikalia



Łatwe do odklejania



O podwyższonej przyczepności



# Trasy i korytka kablowe ze stali nierdzewnej

Firma SILTEC dostarcza systemy tras kablowych zapewniające higienę użytkowania na całym świecie od 1993 roku. Dzięki naciskowi na kontrolę jakości, niezawodność dostaw oraz elastyczność, stworzyliśmy prężnie działającą firmę, w której kluczową pozycję zajmuje klient.

**B**ardzo cenimy sobie indywidualne podejście i obsługę klienta. Naszym celem jest produkcja systemów tras kablowych na najwyższym poziomie. Nowoczesny zaautomatyzowany park maszynowy, w połączeniu z wyspecjalizowanymi pracownikami, gwarantuje rozwiązania zgodne z wymaganiami i oczekiwaniami klientów.

## I Korytka kablowe SILTEC

Oferujemy korytka kablowe zarówno dla przemysłu spożywczego, farmaceutycznego i chemicznego, jak i przemysłu maszynowego oraz do okablowania biur i stref-IT.

Korytka kablowe SILTEC produkowane są ze stali najwyższej jakości, co zapobiega korozji i zapewnia wysmienitą odporność na działanie środków chemicznych. Są dostępne w trzech opcjach:

- » stal szlachetna (Aisi 316 oraz 304),
- » ocynkowane ogniowo,
- » galwanizowane.

Korytka kablowe SILTEC mają długość 3000 mm. Szerokość wynosi od 25 mm do 600 mm, wysokość od 25 mm do 125 mm. Standardowe korytka kablowe mogą zostać wykonane w rozmiarach określonych przez zamawiającego.

Wszystkie korytka kablowe mają zaokrąglone wykończenia, dzięki czemu nie uszkodzą

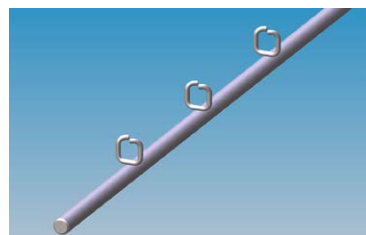
kabli ani przewodów. Korytka kablowe z blokadą to opatentowane rozwiązanie, które umożliwia swobodne czyszczenie kabli po ich ułożeniu w trasach kablowych.

## Korytka kablowe dla pojedynczego kabla

Na szczególną uwagę zasługują korytka kablowe SILTEC dla pojedynczego kabla znajdujące szczególne zastosowanie tam, gdzie pojedynczy kabel musi zostać doprowadzony do silnika, napędu, przekładni itp.

Korytka kablowe dla pojedynczego kabla umożliwiają swobodne, a zarazem dyskretne prowadzenie kabla, który na całym dystansie jest chroniony. Wszystkie korytka kablowe wykonane są z bardzo trwałych materiałów i mają zaokrąglone wykończenia, co chroni kable i przewody. Na życzenie mogą zostać wykonane korytka kablowe w nietypowych wymiarach.

Nasze systemy kablowe są bardzo dogodne w montażu i można je później swobodnie rozbudowywać. Udoskonalanie produktu jest ważną częścią działalności SILTEC – nieustannie staramy się ulepszać i poszerzać ofertę systemów tras kablowych. Dlatego chętnie ustosunkujemy się do nietypowych zapytań i potrzeb. Jako światowy producent podchodzimy do naszych obowiązków z największą powagą.



Korytka kablowe dla pojedynczego kabla umożliwiają swobodne, a zarazem dyskretne prowadzenie kabla, który na całym dystansie jest chroniony

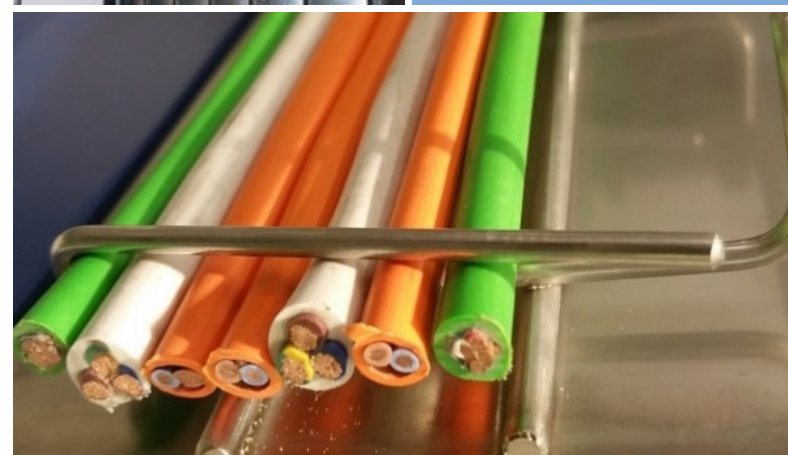
Chronimy środowisko i poddajemy recyklingowi materiały szcztątkowe. Jeśli zostaniemy Twoim dostawcą, będziesz mieć pewność współpracy z partnerem, który nie narusza równowagi ekologicznej i świadomie korzysta z zasobów. Teraz i w przyszłości.



**SILTEC A/S**  
Funder Dalgårdsvej 2-6  
DK-8600 Silkeborg  
tel. +45 868 51 800  
siltec@siltec.dk  
[www.siltec.dk](http://www.siltec.dk)



Oferujemy korytka kablowe zarówno dla przemysłu spożywczego, farmaceutycznego i chemicznego, jak i przemysłu maszynowego oraz do okablowania biur i stref-IT



# NAJWYŻSZEJ JAKOŚCI SYSTEMY TRAS KABLOWYCH OD SILTEC

Siltec partner na dziś i na przyszłość

Od ponad 30 lat firma SILTEC dostarcza systemy tras kablowych, które spełniają najwyższe standardy jakości i niezawodności. Jesteśmy światowym liderem w branży, a nasze rozwiązania znajdują zastosowanie w najróżniejszych sektorach na całym świecie.

## Dlaczego warto wybrać SILTEC?

**Najwyższa jakość wykonania** – nasze korytka kablowe produkowane są z najwyższej klasy stali, odpornej na korozję i działanie środków chemicznych. Indywidualne podejście – realizujemy zamówienia dopasowane do specyficznych potrzeb klienta, w tym nietypowe wymiary.

**Ekologia i odpowiedzialność** – dbamy o środowisko, poddajemy odpady produkcyjne recyklingowi i korzystamy z zasobów w sposób zrównoważony.

**Elastyczność** – nasze systemy tras kablowych są proste w montażu i łatwe w późniejszej rozbudowie.

Od lokalnej firmy na rynku duńskim staliśmy się znaczącym eksporterem na rynki europejskie i amerykańskie. Niezmiennie koncentrujemy się na potrzebach naszych klientów, oferując osobisty kontakt i najwyższy poziom obsługi.



[www.siltec.dk](http://www.siltec.dk)

**SILTEC A/S**  
Funder Dalgårdsvej 2-6  
DK-8600 Silkeborg  
tel. +45 868 51 800  
siltec@siltec.dk

**Peter Podsiedlik**  
Tel.: +48 605 650 800  
E-mail: pep@siltec.dk

**Robert Stawiński**  
Tel.: +48 664755088  
E-mail: ros@siltec.dk

**Piotr Żurawka**  
Tel.: +48 606 682 013  
E-mail: pzu@siltec.dk





Agnieszka Roszkowska

# Mufy kablowe

## Kluczowy element niezawodnych połączeń w instalacjach elektroenergetycznych

Niezawodność każdej instalacji elektroenergetycznej zależy od detali – jednym z najważniejszych są mufy kablowe. Choć często niewidoczne, odpowiadają za trwałość i bezpieczeństwo połączeń kabli w warunkach przemysłowych, miejskich i domowych. W artykule przyglądamy się ich rodzajom, materiałom, z których są wykonane, zasadom prawidłowego doboru oraz nowym trendom technologicznym w tym segmencie osprzętu.

W świecie instalacji elektroenergetycznych, gdzie niezawodność i bezpieczeństwo są priorytetem, mufy kablowe odgrywają nieocenioną rolę. Choć często pozostają niewidoczne dla użytkowników końcowych, to właśnie one zapewniają ciągłość i integralność połączeń kablowych w różnorodnych warunkach eksploatacyjnych.

### Czym są mufy kablowe i do czego służą?

Mufy kablowe to specjalistyczne elementy osprzętu elektroinstalacyjnego, służące do trwałego łączenia, rozgałęziania oraz izolowania przewodów elektrycznych. Ich głównym zadaniem jest zapewnienie bezpiecznego i trwałego połączenia między odcinkami kabli, zarówno w instalacjach niskiego, średniego, jak i wyso-



Mufa przejściowa termokurczliwa typu JHP fot. Radpol



Mufa żywiczna wodoodporna Etelec Submarine fot. Speckable.pl

kiego napięcia. Dzięki nim możliwe jest zachowanie ciągłości elektrycznej oraz mechanicznej linii kablowej, nawet w trudnych warunkach środowiskowych. Bez muf nie byłoby możliwe prowadzenie linii kablowych na dłuższych dystansach, szczególnie w infrastrukturze miejskiej, przemysłowej czy energetycznej. Mufy są też nieodzowne w sytuacjach naprawczych, gdy zachodzi potrzeba wymiany uszkodzonego odcinka kabla.

### Rodzaje muf kablowych

W zależności od zastosowania, konstrukcji oraz warunków pracy, mufy kablowe dzielą się na kilka podstawowych typów:

- » mufy termokurczliwe – wykonane z polimerów, które kurczą się pod wpływem temperatury, tworząc szczelną i trwałą osłonę; są lekkie i stosunkowo łatwe w montażu, powszechnie używane w instalacjach niskiego i średniego napięcia;
- » mufy żelowe – zawierają przezroczysty, elastyczny żel, który otacza połączenie kabli; są odporne na wilgoć, bardzo szybkie w montażu i idealne do zastosowań wewnętrznych lub w trudno dostępnych miejscach;
- » mufy żywiczne – zapewniają bardzo solidne i trwałe połączenie dzięki wypełnieniu żywicą; często stosowane w wymagających środowiskach – pod ziemią, pod wodą lub w miejscach narażonych na intensywne oddziaływanie mechaniczne;
- » mufy zimnokurczliwe – wykonane z elastycznych elastomerów, które kurczą się po usunięciu rdzenia formującego; nie wymagają nagrzewania, dzięki czemu są bezpieczniejsze w montażu;
- » mufy taśmowe – wykorzystywane głównie w prostych aplikacjach, gdzie stosuje się specjalne taśmy izolacyjne i uszczelniające do stworzenia połączenia.



Mufa izolacyjna z żywicy poliuretanowej fot. Etelec.com



Mufa przelotowa zimnokurczliwa z serii CSJ fot. Nexans

### Materiały wykorzystywane w produkcji

Dobór materiałów do produkcji muf wpływa bezpośrednio na ich trwałość, szczelność i odporność na czynniki środowiskowe. Najczęściej stosowane materiały to: polimery termokurczliwe – odporne na promienie UV, wilgoć, oleje i inne chemikalia; dobrze sprawdzają się w szerokim zakresie temperatur. Żele silikonowe i poliizobutylenowe są elastyczne, łatwe

w aplikacji i bardzo dobrze uszczelniają – idealnie sprawdzają się w zastosowaniach tymczasowych i naprawczych. Żywice epoksydowe i poliuretanowe zapewniają wysoką wytrzymałość mechaniczną i szczelność – stosuje się je głównie tam, gdzie mufy muszą wytrzymywać wysokie ciśnienie i skrajne temperatury. Z kolei elastomery – stosowane w mufach zimnokurczliwych – umożliwiają ich sprężyste dopasowanie do kabla, bez konieczności stosowania źródła ciepła.

### Od czego zależy jakość muf kablowych?

Jakość mufy kablowej wpływa bezpośrednio na bezpieczeństwo instalacji, dlatego nie warto na niej oszczędzać. Jest kilka kluczowych czynników, które decydują o jakości mufy. Podstawowy to szczelność – dobrej jakości mufa skutecznie chroni połączenie przed wilgocią, pyłem i innymi zanieczyszczeniami. Ważna jest też wytrzymałość mechaniczna – mufa musi być odporna na naciski, drgania oraz uszkodzenia mechaniczne, szczególnie w przypadku montażu w gruncie. Z kolei w środowiskach przemysłowych, gdzie mufa może mieć kontakt z olejami, rozpuszczalnikami czy gazami, istotna jest również odpowiednia odporność chemiczna. Mufy powinny też spełniać wymagania zawarte w określonych normach – w Polsce normą regulującą wymagania wobec muf kablowych jest norma PN-HD 629.1 S2:2006E oraz PN-HD 629.2 S2:2006E.

### Na co zwracać uwagę przy wyborze muf kablowych?

Dobór odpowiedniej mufy zależy od wielu czynników. Trzeba uwzględnić przede wszystkim typ kabla i jego przekrój – nie każda mufa pasuje do każdego typu kabla – oraz napięcie znamionowe – mufy muszą być dobrane zgodnie z poziomem napięcia sieci (nn, SN, WN). Należy też wziąć pod uwagę, gdzie mufa będzie instalowana – na zewnątrz, pod ziemią, w pomieszczeniu czy pod wodą? Istotne są również czas i miejsce montażu – w niektórych sytuacjach bardziej praktyczne będą mufy żelowe lub zimnokurczliwe, które nie wymagają specjalistycznego sprzętu. Planowana długość działania instalacji wpływa natomiast na wybór materiałów – żywica lub elastomer sprawdzą się lepiej przy długoterminowym zastosowaniu. Koniecznie też sprawdzajmy, czy produkt ma dokumentację i certyfikaty – każdy wyrób powinien mieć potwierdzenie zgodności z obowiązującymi normami.

### Błędy montażowe i ich skutki

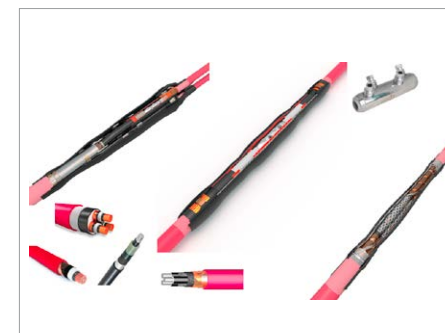
Nawet najlepsza mufa nie spełni swojego zadania, jeśli zostanie źle zamontowana. Do najczęstszych błędów należą: nieprawidłowe przygotowanie końcówek kabla, zbyt krótki czas mieszania lub nieprawidłowe proporcje żywicy, brak zachowania czystości montażowej (np. wilgoć lub pył w miejscu pracy), niedopasowanie mufy do typu kabla lub warunków środowiskowych, przegrzanie mufy termokurczliwej. Skutkiem takich niedoróbek może być nie tylko awaria połączenia, ale i kosztowny przestój instalacji, a nawet ryzyko pożaru lub porażenia prądem.

### Zastosowania specjalne

Nowoczesne mufy kablowe znajdują zastosowanie w wielu środowiskach o podwyższonych wymaganiach, takich jak instalacje OZE (farmy wiatrowe, fotowoltaika) – gdzie narażone są na zmienne warunki atmosferyczne i dużą amplitudę temperatur – czy w obiektach infrastruktury kolejowej, gdzie muszą wytrzymywać silne wibracje. Mufy wykorzystywane na platformach morskich i w portach – a także w morskich farmach wiatrowych – wymagają szczególnej odporności na korozję, wysokie ciśnienie oraz zasolenie. Z kolei mufy stosowane w przemyśle chemicznym i rafineryjnym muszą być odporne na substancje żrące i wybuchowość atmosfery.

### Nowe trendy i kierunki rozwoju

Branża muf kablowych dynamicznie się rozwija. Wśród najnowszych trendów można wymienić mufy z funkcją monitorowania stanu połączenia, zintegrowane z systemami zdalnego nadzoru, czy rozwiązania o bardzo krótkim czasie montażu, oparte na gotowych wkładach i prefabrykacjach. Oferowane są również zestawy modułowe, pozwalające dopasować mufę



Mufy termokurczliwe o zakresie napięć 6–42 kV fot. Nexans



Mufa przelotowa termokurczliwa ZRM fot. Radpol

do konkretnych warunków projektu. Jedną z nowości są też mufy wykonane z materiałów o niskiej emisji dymu i toksyn, cenione szczególnie w budynkach użyteczności publicznej i tunelach.

### Podsumowanie

Mufy kablowe są nieodzownym elementem systemów elektroenergetycznych – od prostych instalacji domowych po złożone systemy przemysłowe i infrastrukturalne. Ich prawidłowy dobór, jakość wykonania oraz profesjonalny montaż mają ogromny wpływ na bezpieczeństwo i niezawodność całej instalacji. Warto więc traktować wybór mufy z należytą uwagą – nie jako prosty element osprzętu, ale jako istotny punkt decydujący o trwałości i ciągłości zasilania.

| Typ mufy       | Materiał dominujący              | Sposób montażu      | Zalety                                          | Zastosowanie                                    |
|----------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Termokurczliwa | Polimery termokurczliwe          | Ogrzewanie (palnik) | Wysoka szczelność, dobra izolacja               | Instalacje NN i SN, standardowe warunki         |
| Żelowa         | Żel silikonowy/poliizobutylenowy | Bez nagrzewania     | Szybki montaż, łatwa naprawa                    | Rozgałęzienia, modernizacje, miejsca wilgotne   |
| Żywiczna       | Żywica epoksydowa/poliuretanowa  | Wlewanie żywicy     | Duża trwałość, odporność na nacisk              | Instalacje w ziemi, wodzie, obiekty przemysłowe |
| Zimnokurczliwa | Elastomer                        | Ręczne nałożenie    | Brak potrzeby ogrzewania, bezpieczna instalacja | Miejsca trudno dostępne, tunele                 |
| Taśmowa        | Taśmy izolacyjne                 | Ręczne owijanie     | Niska cena, łatwość użycia                      | Awaryjne, zastosowania tymczasowe, pomocnicze   |

Tab. 1. Porównanie typów muf kablowych



# Wymagania a możliwości osprzętu kablowego SN w perspektywie wzmożonego rozwoju sieci kablowych

Prace budowlane i ziemne coraz częściej realizowane są w obszarach o gęstej infrastrukturze podziemnej. Jak skutecznie zapobiegać jej uszkodzeniom i uniknąć kosztownych napraw? Rozwiązaniem są lokalizatory kabli, przewodów i instalacji podziemnych, które umożliwiają bezpieczne prowadzenie robót.

Rozwój sieci kablowych spowodował pewne zagrożenia w ramach przepływów mocy w sieciach dystrybucyjnych. Obecnie generują one rozproszoną ilość źródeł, co powoduje określone problemy eksploatacyjne i projektowe dla osób odpowiedzialnych za rozwój i utrzymanie sieci kablowej. Podstawowe problemy są przedstawione na bazie doświadczeń projektowych, szkoleniowych oraz wspomagania awarii u klientów.

## I Rozwój sieci

Kształt sieci, w którym niewielka ilość źródeł generacyjnych stabilnie zasilala we wszystkich kierunkach na terenie kraju odbiorców ostatecznych i była stabilizowana siecią szkieletową, budowaną przez dziesięciolecia przez Operatorów Dystrybucyjnych oraz Operatora Krajowego (PSE), przez ostatnie 10 lat zaczął ulegać

gwałtownej zmianie. Rosła ilość źródeł wytwórczych mniej i bardziej stabilnych (fotowoltaika, wiatraki, biogazownie) oraz potrzeba zasilania znacznej ilości odbiorców w postaci stacji ładowania. Do tego doszły potrzeby trwalszego utrzymania energii i ustabilizowania parametrów sieciowych za pomocą magazynów energii, które te magazyny staną się wkrótce następnym, ogólnie spotykanym i bardzo ważnym elementem sieci elektroenergetycznej.

Te zagadnienia są powiązane z bardziej zaawansowanymi projektami kablowania sieci, która wg planów Operatorów Dystrybucyjnych ma dominować w sieciach SN.

## Dyrektywy, wymagania, parametryzacja

Jednym z istotnych obecnie zagadnień jest znajomość parametrów sieciowych, które

muszą znajdować się w każdym punkcie rozgałęźnym sieci tak, aby wartość prądów i napięć wspomagała prawidłową dystrybucję i zarządzanie przepływem energii. Zarządzanie z kolei ma pozwolić na dłuższą pracę urządzeń zainstalowanych w sieci, zapobiegać przerwom w zasilaniu i trwałym uszkodzeniom urządzeń i kabli. Uszkodzenia mogłyby bowiem doprowadzić do zwiększenia kosztów, które w ostatecznym rozrachunku będą musieli pokryć wszyscy odbiorcy ostateczni.

Obecnie kable używane w sieci napowietrznej muszą spełniać zastrzone kryteria i być w stanie przesyłać większą ilość energii. Dlatego projektanci i osoby zajmujące się zagadnieniem rozwoju sieci w zakresie już obecnych i nadchodzących zmian zwracają szczególną uwagę na możliwości pomiaru, obciążenia, parametry zwarcia oraz to, czy kable spełnia-



Rys. 2. Pomiar parametrów sieci kablowej w punktach rozgałęźnych.

ją wymagania normatywne i są zaprogramowaną na ewentualną możliwość popełnienia błędów.

## Rynek energii i zwiększenie potrzeb przesyłowych

Potrzeby rozwoju rozwiązań sieciowych to m.in:

- » zwiększenie wytrzymałości udaru napięciowego,
- » realna wytrzymałość prądowa końcówek i złączek instalowanych w osprzęcie,
- » zwiększenie wytrzymałości prądowej (czasowo),
- » rozwiązania osprzętowe dla różnych typów kabli,
- » rzeczywiste wytrzymałości układów połączeń.

Aby te wymagania zostały spełnione, potrzebne jest doświadczenie producenta oraz znajomość detali elementów i globalnych potrzeb przesyłowych sieci w zakresie prądów zwarcia, przebiegów i możliwych zjawisk, które częściowo da się przewidzieć, a część z nich zaprogramować w poszerzonym rozwiązaniu produktu.

Aspekt rozwiązania głowic konektorowych z sensorami i ich odporność na wyładowania czy zmienione konstrukcje rozdzielnic kablowych i nietypowych dla naszego rynku konstrukcji kabli, które muszą ze sobą współpracować, jest istotny przy doborze i prawidłowym dopasowaniu do siebie poszczególnych elementów – tak w kwestii jakości, jak i możliwości dobieranych elementów; uniwersalność podpięcia kabli o różnych przekrojach w kaskady rodzi następny problem przy rozwiązaniach projektowych – tak dla głowic konektorowych, jak i wewnętrznych w rozdzielnicach.

Rozwiązania konektorowego osprzętu kablowego do pól 2,5 kA w rozdzielnicach SN o zmniejszonych gabarytach dla obszarów miejskich to w dzisiejszej dobie już pierwszy

stopień do określenia, czy dostawca osprzętu kablowego ma określone możliwości spełnienia coraz bardziej wyśrubowanych wymagań rozwoju sieci kablowej i normy HD 629.1 S3 pod kątem dużych prądów oraz czy dostawca ma możliwość potwierdzenia swoim know-how, że nadal zachowa bezpieczeństwo użytkowników w aspekcie dotykowo bezpiecznych głowic konektorowych i prawidłowego ich podpięcia z kablami.

Głowice wewnętrzne dają możliwość podpięcia w wąskiej celce kilku głowic na jednej fazie – mając tylko bezkosztowe rozwiązania wewnętrzne – co nie każdy producent oferuje, a z kolei każdy klient tego poszukuje, ze względu na gabaryty i większą prostotę rozwiązania. Opisywanych tu kilka zagadnień, nielicznych zresztą, dziś wpływa na to, czy zaprojektowana i oddawana do eksploatacji sieć będzie mogła być używana przez 35-40 lat, które wstępnie zakładamy.

## I Najczęstsze błędy montażowe

Przebywając często z monterami podczas szkoleń czy z projektantami przy nowych projektach rozwojowych sieci elektroenergetycznych, zespół doradców technicznych producenta osprzętu często napotyka na ciekawe zagadnienia i widzi konsekwencje tanich rozwiązań, niedoszacowanych i „ponaciąganych do maksimum” projektów czy też fanfaronadę w stylu „jakoś to będzie”, która pokazuje niefrasobliwość, ale też skutkuje częstymi awariami i przestojami sieci. Najlepszy transformator czy też rozdzielnica nie da rady:

- » jeżeli prądy i napięcia w układzie łączeniowym kabli i osprzętu są niedoszacowane,
- » jeżeli monter nie ma odpowiednich narzędzi i umiejętności,
- » jeżeli brakuje nadzoru inżynierskiego z doświadczeniem teoretycznym i praktycznym,
- » jeżeli wyobraźnia projektanta nie przewidzi konsekwencji ludzkich błędów,

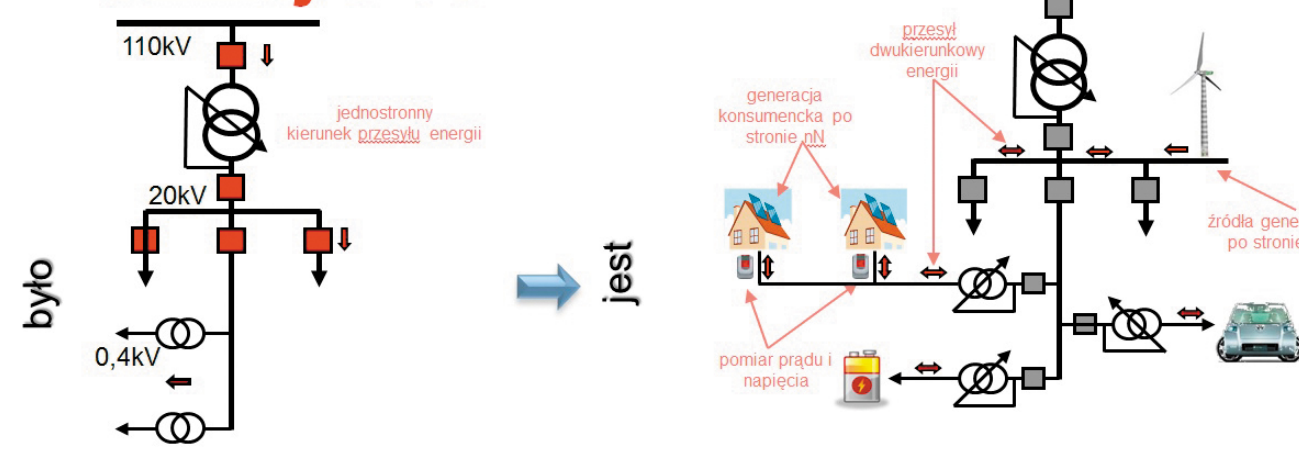
- » jeżeli osoby decyzyjne od podstaw nie zaprogramują sieci szkieletowej do odbioru energii odnawialnej,
- » jeżeli każdy z dostawców nie będzie wykazywał się jawnością realnych wartości uzyskanych w badaniach.

Wówczas zawsze będziemy mieli niedostateczne finanse dla nowych inwestycji, bo zamiast skupiać się na nowych wyzwaniach, finanse będą ciągle „zjadane” przez naprawianie dawnych błędów i powielanie problemów w nowych instalacjach.

## Wnioski

Czytając prawidłowo karty katalogowe i domagając się potwierdzenia opisanych w nich parametrów, szkoląc regularnie personel projektowy, techniczny i montażowy oraz współpracując z producentem w zakresie potrzeb standardowych sieci, jak i specyficznych wymagań lokalnych, będziemy mogli powiedzieć, że perspektywicznie ujmując, poprawimy stan sieci szkieletowej rozdziału pierwotnego i dystrybucji, jednak wymaga to ciągłego nadzoru inżynierskiego i kontynuacji myśli technicznej, nie zbacząc zbytnio z raz obranych idei, które oczywiście należy korygować, jednak absolutnie nie należy dopuszczać do rozwiązania: „Cena Czyny Cuda”, tylko kierować się rozsądkiem, gdyż skąpy dwa razy traci.

## rozwój sieci



Rys. 1. Zmiany struktury sieciowej



# Cel i zakres badań kabli elektrycznych pod względem ich reakcji na ogień

Zjawisko pożaru powoduje nadzwyczajne zagrożenie dla ludzi i infrastruktury budowlanej i w związku z tym istnieje konieczność zapewnienia bezpieczeństwa wszystkim ludziom, którzy są narażeni na potencjalne skutki jego oddziaływania. Dotyczy to w równym stopniu mieszkańców, użytkowników, a także ekip ratowniczych biorących udział w działaniach związanych z prowadzeniem akcji ratowniczej.

Podstawowym aktem prawnym, w którym uregulowane są kwestie (kryteria) bezpieczeństwa pożarowego w budynkach, jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1].

Na podstawie § 207 ust. 1 rozporządzenia [1] można stwierdzić, że zostanie zapewniony właściwy poziom bezpieczeństwa pożarowego wtedy, gdy zastosowany zespół rozwiązań techniczno-budowlanych w budynku i urządzeń z nim związanych zapewni w razie pożaru:

- » nośność konstrukcji przez czas wynikający z właściwych przepisów,
- » ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku,
- » ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia na sąsiednie budynki,

## STRESZCZENIE

Kable i przewody elektryczne należą do wyrobów budowlanych. Szczególnie w budynkach użyteczności publicznej czy wielorodzinnych ich liczba mierzona w km może być bardzo duża. Jakość materiałów zastosowanych na izolację i powłoki ma bardzo duży wpływ na szybkość tworzenia się potencjalnych zagrożeń pożarowych w czasie wystąpienia pożaru.

W artykule omówiono cel i zakres badań kabli elektrycznych pod względem ich reakcji na ogień. W Polsce kwestię tę reguluje norma PN-EN 13501-6:2014-04. Artykuł zawiera omówienie metod badawczych, które są wykorzystywane przy ocenie kabli elektrycznych. W zależności od otrzymanych wyników badań można je zaklasyfikować do jednej z tzw. Euroklas, które charakteryzują kable elektryczne w szerokim aspekcie palności i umożliwiają inwestorowi optymalny ich dobór, uwzględniając aspekt bezpieczeństwa pożarowego.

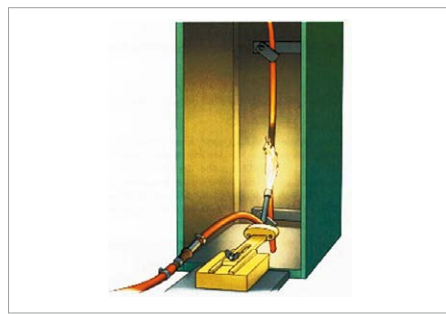
- » możliwość bezpiecznej i skutecznej ewakuacji (by osoby znajdujące się wewnątrz mogły opuścić obiekt budowlany lub mogły być uratowane w inny sposób),
- » bezpieczeństwo ekip ratowniczych.

Z powyższego wynika, że stan bezpieczeństwa pożarowego budynku określony jest przez stan środowiska (z uwagi na jego oddziaływanie na ludzi) oraz stan konstrukcji (z uwagi na zdolność do przenoszenia obciążeń).

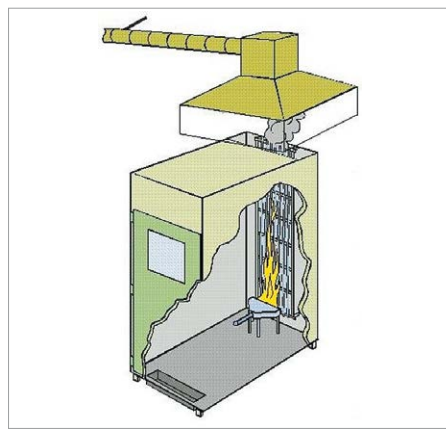
Stan konstrukcji w czasie pożaru zależy od jakości materiałów, z których została wykonana, a także obciążeń cieplnych, które powstają w warunkach pożaru, a są wynikiem spalania wyrobów (materiałów) budowlanych. Stan środowiska pożarowego jest pochodną jakości wyrobów (materiałów) budowlanych, zastosowanych urządzeń przeciwpożarowych, których zadaniem jest ograniczenie do minimum ryzyka powstania pożaru lub ograniczenie jego dynamiki rozwoju po to, aby nie przekroczyć kryteriów bezpiecznej ewakuacji w założonym czasie. Kryteria bezpiecznej ewakuacji (ang. *tenability criteria*) to maksymalny poziom ekspozycji na warunki pożaru, który jest akceptowalny z uwagi na to, że nie powoduje wykroczenia poza wyznaczone cele bezpiecznej ewakuacji. Przyjętym ogólnym kryterium bezpieczeństwa życia ludzi w pożarach budynków i obiektów budowlanych, z punktu widzenia efektywnej ewakuacji, jest to, aby możliwy czas ewakuacji był dłuższy niż czas wymagany do ewakuacji.

Zasadniczo podczas projektowania, montażu i eksploatacji instalacji elektrycznych należy uwzględnić przede wszystkim wymagania zawarte w § 98 ust. 2 § 180–192 rozporządzenia [1], a także w odrębnych dokumentach prawnych, normach ujętych w załączniku nr 1 rozporządzenia [1] do obowiązkowego stosowania. Jest tam wyszczególnionych ponad 50 norm. Odnoszą się one do różnych aspektów związanych z eksploatacją instalacji elektrycznych.

Instalacje elektryczne stosowane wewnątrz budynków powinny zapewniać nie tylko bezpieczeństwo i niezawodność eksploatacji w różnych warunkach, lecz także bezpieczeństwo pod względem pożarowym, które obejmuje różne aspekty tego bezpieczeństwa.



Rys. 1. Stanowisko badawcze według PN-EN 60332-1:2010 rys. W. Jaskółowski



Rys. 2. Schemat stanowiska według PN-EN 50399:2011 rys. W. Jaskółowski

W zakresie doboru kabli i przewodów elektrycznych (wymagania dotyczą także kabli teletechnicznych) istotne informacje zawiera norma N SEP-07:2017-09 [2]. W przedmiotowej normie zaproponowano zasady doboru kabli i przewodów elektrycznych, uwzględniając reakcję na ogień jako podstawowe kryterium, w zależności od rodzaju budynku, w którym mają być zainstalowane. Szczegółowe wymagania w zakresie instalacji elektrycznych dla budynków zawiera także Polska Norma PN-HD 60364-4-482:2011 [3]. Określono w niej wymagania uzupełniające do wytycznych w rozdziale 42, dotyczące instalacji w miejscach, w których występują warunki, o których mowa powyżej (wg rozdziału 332.4). Powiązano je z wymaganiami dotyczącymi ewakuacji w razie powstania niebezpieczeństwa oraz rodzajem przerabianych lub magazynowanych materiałów. W powszechnej opinii kable i przewody elektryczne w zestawieniu z ochroną przeciwpożarową kojarzą się z za-

silaniem urządzeń przeciwpożarowych i aby spełnić wymagania w tym zakresie, muszą przejść przez szereg testów potwierdzających ich parametry mechaniczne i elektryczne. Dodatkowo muszą zostać poddane badaniom ogniowym, które mają na celu sprawdzenie pod kątem zachowania ciągłości dostawy prądu do ww. urządzeń.

Nie wszyscy mają świadomość, że kable i przewody elektryczne należy traktować jako wyroby budowlane. Ze względu na swoją konstrukcję kable i przewody składają się z części metalowych i niemetalowych. Mogą być przyczyną rozprzestrzeniania się ognia, a także źródłem ciepła, emisji gęstych dymów i duszących toksycznych gazów utrudniających ewakuację. Zatem, tak jak w przypadku każdego wyrobu, istnieje potrzeba jego oceny pod kątem szeroko rozumianej palności.

Przyjęta ponad 15 lat temu w krajach Unii Europejskiej tzw. Europejska Klasyfikacja Ogniowa wyrobów (materiałów) budowlanych (w Polsce wprowadzona normą PN-ISO 13501) zmieniła diametralnie podejście do oceny właściwości pożarowych wyrobów budowlanych. Zasadniczo klasyfikacja materiałów budowlanych opiera się na właściwościach termokinetycznych, dymotwórczych oraz ocenie zdolności do tworzenia kropli. Dotychczas unormowano tylko niektóre z wyrobów budowlanych w zakresie reakcji na ogień (m.in. wyroby stosowane na podłogi i ściany).

W odniesieniu do kabli i przewodów elektrycznych wiążąca jest Decyzja Komisji Europejskiej 2006/751/WE, wykonująca Dyrektywę Rady 89/106/ EWG, w której przedstawiono kryteria klasyfikacji oraz metody badawcze. W Polsce dopiero w roku 2014 r. przyjęto normę PN-EN 13501-6:2014-04 [4], która opisuje klasyfikację kabli i przewodów elektrycznych pod kątem ich reakcji na ogień. Zgodnie z tą normą stosowany jest system tzw. Euroklas, charakteryzujący kable i przewody elektryczne pod względem reakcji na ogień jako klasy: A<sub>ca</sub>, B1<sub>ca</sub>, B2<sub>ca</sub>, C<sub>ca</sub>, D<sub>ca</sub>, E<sub>ca</sub>, F<sub>ca</sub>, wraz z kryteriami dodatkowymi, uwzględniającymi wydzielanie dymu, występowanie płonących kropli oraz kwasowość produktów rozkładu termicznego i spalania (**tab. 1**).

Analiza normy PN-EN 13501-6:2014-4 [4] i **tabeli 1** wskazuje, że do oceny palności kabli elektrycznych pod względem reakcji na ogień zaproponowano metody badawcze opisane w normach PN-EN ISO 1716:2010 [5], PN-EN 50399:2011 [6], PN-EN 60332-1-2:2010 [7], PN-EN 61034-2:2010 [8], PN-EN 60754-2:2014-11 [9]. W porównaniu z wcześniej obowiązującymi kryteriami klasyfikacyjnymi nastąpiła istotna zmiana. Wcześniej obowiązujące kryteria oceny kabli i przewodów pod względem palności koncentrowały się na zachowaniu pojedynczego kabla i przewodu lub wiązek kabl

i przewodów poddanych oddziaływaniu płomienia pod kątem rozprzestrzeniania się ognia (seria norm PN-EN 60332). Takie podejście do oceny nie uwzględniało tych cech pożarowych kabli i przewodów elektrycznych, które są związane z wydzielaniem ciepła, dymu, toksycznością i korozyjnością gazów powstałych podczas rozkładu termicznego i spalania. W związku z powyższym, ocena przewodów i kabli elektrycznych była bardzo wybiórcza. Kryteria klasyfikacji przyjęte w PN-EN 13501-6:2019-02 [4] wypełniają tę lukę, choć nie w pełni, gdyż nie uwzględniono w niej aspektu toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania. Zakres badań i zastosowanie metod badawczych zależą od klasy, którą chcemy nadać badanym kablom elektrycznym. I tak, w celu uzyskania klasy A<sub>ca</sub> kable należy poddać badaniom wg PN-EN ISO 1716:2018-08 (**fort. 1.**) [5].

Badanie to umożliwia określenie ciepła spalania składowych części kabla lub przewodu. W metodzie tej określa się wartość ciepła spalania brutto (PCS), w [MJ/kg]. Ciepło spalania brutto przy stałym ciśnieniu oblicza się z następującej zależności:

$$PCS = \frac{E \cdot (T_m - T_i + c) - b}{m}$$

gdzie:

PCS – ciepło spalania brutto, w [MJ/kg],

E – równoważnik wodny kalorymetru, bomby, ich wyposażenia i wody wprowadzonej do bomby, w [MJ/kg],

T<sub>i</sub> – temperatura początkowa, w [K],

T<sub>m</sub> – temperatura maksymalna, w [K],

c – poprawka temperatury dla i-tej badanej próbki, b – poprawka uwzględniająca ciepło spalania „paliw” używanych w badaniach, drutu zapalającego, w [MJ],

m – masa „paliwa”, w [kg].

Doświadczalne wyznaczenie ciepła spalania w bombie kalorymetrycznej polega na całkowitym spalaniu próbki w atmosferze tlenu pod ciśnieniem i pomiarze przyrostu temperatury wody w naczyniu kalorymetrycznym. Zapłon badanego materiału uzyskuje się przez rozżarzenie spiralki z drutu oporowego. Ostatecznie ciepło spalania jest obliczane na podstawie bilansu cieplnego pomiędzy temperaturą wody przed i po spalaniu próbki materiału.

W tej metodzie należy ustalić ciepło spalania brutto wszystkich elementów niemetalicznych kabla lub przewodu elektrycznego. Z kryteriów klasyfikacyjnych (**tab. 1**) wynika, że aby kabel lub przewód spełniły kryterium odpowiadające klasie A<sub>ca</sub>, ciepło spalania brutto (PCS) musi wynieść poniżej 2,0 MJ/kg, co jest wartością bardzo niską, gdyż przeciętnie tworzywa sztuczne mają ciepło spalania równe 40 MJ/kg i nawet więcej.

| Klasa            | Metody badania                                    | Kryteria klasyfikacji                                                                                               | Klasyfikacja dodatkowa                                                        |
|------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| A <sub>ca</sub>  | EN ISO 1716                                       | PCS ≤ 2,0 MJ/kg (1)                                                                                                 | –                                                                             |
| B1 <sub>ca</sub> | EN 50399 (30 kW źródło ognia) i<br>EN 60332-1-2   | FS ≤ 1,75 m<br>THR <sub>1200s</sub> ≤ 10 MJ<br>Maksymalne HRR ≤ 20 kW<br>FIGRA ≤ 120 Ws <sup>-1</sup><br>H ≤ 425 mm | Produkcja dymu (2, 5) i płonące kropelki/cząsteczki (3) oraz kwasowość (4, 8) |
| B2 <sub>ca</sub> | EN 50399 (20,5 kW źródło ognia) i<br>EN 60332-1-2 | FS ≤ 1,5 m<br>THR <sub>1200s</sub> ≤ 15 MJ<br>Maksymalne HRR ≤ 30 kW<br>FIGRA ≤ 150 Ws <sup>-1</sup><br>H ≤ 425 mm  | Produkcja dymu (2, 6) i płonące kropelki/cząsteczki (3) oraz kwasowość (4)    |
| C <sub>ca</sub>  | EN 50399 (20,5 kW źródło ognia) i<br>EN 60332-1-2 | FS ≤ 2,0 m<br>THR <sub>1200s</sub> ≤ 30 MJ<br>Maksymalne HRR ≤ 60 kW<br>FIGRA ≤ 300 Ws <sup>-1</sup><br>H ≤ 425 mm  | Produkcja dymu (2, 6) i płonące kropelki/cząsteczki (3) oraz kwasowość (4, 8) |
| D <sub>ca</sub>  | EN 50399 (20,5 kW źródło ognia) i<br>EN 60332-1-2 | THR <sub>1200s</sub> ≤ 70 MJ<br>Maksymalne HRR ≤ 400 kW<br>FIGRA ≤ 1300 Ws <sup>-1</sup><br>H ≤ 425 mm              | Produkcja dymu (2, 6) i płonące kropelki/cząsteczki (3) oraz kwasowość (4, 8) |
| E <sub>ca</sub>  | EN 60332-1-2                                      | H ≤ 425 mm                                                                                                          | –                                                                             |
| F <sub>ca</sub>  | Odporność nieokreślona                            |                                                                                                                     |                                                                               |

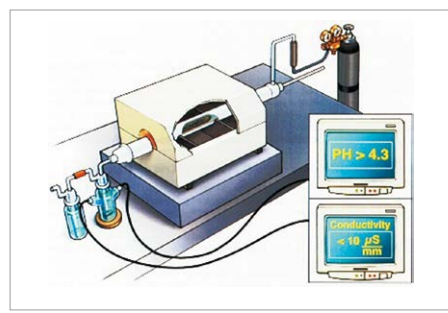
- (1) Dla wyrobu jako całości, z wyłączeniem materiałów metalicznych, oraz dla wszelkich jego komponentów zewnętrznych (np. osłon).
- (2) s1 = TSP<sub>1200</sub> ≤ 50 m<sup>2</sup> i SPR<sub>max</sub> ≤ 0,25 m<sup>2</sup>/s, s1a = s1 oraz przepuszczalność zgodna z EN 61034-2 ≥ 80%, s1b = s1 oraz przepuszczalność zgodna z EN 61034-2 ≥ 60% < 80%, s2 = TSP<sub>1200</sub> ≤ 400 m<sup>2</sup> oraz maksymalne SPR ≤ 1,5 m<sup>2</sup>/s, s3 = ani s1, ani s2.
- (3) d0 = bez płonących kropelek/cząsteczek 1200 s; d1 = bez płonących kropelek/cząsteczek utrzymujących się dłużej niż 10 s w ciągu 1200 s; d2 = ani d0, ani d1.
- (4) PN-EN 60754-2:2014-11: a1 = przewodność < 2,5 μS/mm oraz pH > 4,3; a2 = przewodność < 10 μS/mm oraz pH > 4,3; a3 = ani a1, ani a2. Brak deklaracji = odporność nieokreślona.
- (5) Klasa dymu określona dla klasy kabli B1<sub>ca</sub> musi zostać określona na podstawie EN 50399 (30 kW źródło ognia).
- (6) Klasa dymu określona dla klasy kabli B2<sub>ca</sub>, C<sub>ca</sub>, D<sub>ca</sub> musi zostać określona na podstawie EN 50399 (20,5 kW źródło ognia).

Tab. 1. Klasy reakcji na ogień dla kabli elektrycznych według PN-EN 13501-6:2014-4





Rys. 3. Stanowisko badawcze według PN-EN 61034-1:2010  
rys. W. Jaskółowski



Rys. 4. Aparatura badawcza według  
PN-EN 60754-2:2014-11 rys. W. Jaskółowski

W celu uzyskania klasy B<sub>1ca</sub> wymagana jest konieczność przeprowadzenia badań z zastosowaniem metod badawczych opisanych w normach: PN-EN 60332-1-2:2010 [7] oraz PN-EN 50399:2011 [6]. W celu ustalenia dodatkowej klasyfikacji stosuje się normy PN-EN 61034-2 [8] oraz PN-EN 60754-2:2014-11 [9].

Metoda określona w PN-EN 60332-1-2:2010 (rys. 1.) [7] polega na badaniu pionowo przymocowanego odcinka kabla lub przewodu o długości 600±25 mm w komorze o wymiarach 1200×300×450 mm i przystawieniu zgodnie z normą, tj. w odległości 475±5 mm od dolnej krawędzi górnego poziomego uchwytu palnika pod kątem 45°±2° do pionowej osi próbki. Czas przyłożenia palnika zależy od średnicy próbki. Specyfikację aparatury do badania opisano w PN-EN 60332-1-1:2010 [10]. Źródło zapłonu stanowi palnik propanowy według wymagań PN-EN 60695-11-2017-11 [11], zasilany propanem technicznym o czystości 95%. W badaniu tym dokonuje się pomiaru wysokości H zniszczenia (zwęglenia) próbki.

W PN-EN 50399:2023-07 (rys. 2.) [7] określono aparaturę i opis metod badawczych, które umożliwiają ocenę kabli i przewodów elektrycznych pod kątem pionowego rozprzestrzeniania się płomienia, wydzielania ciepła, tworzenia dymu oraz powstawania płonących kropli (cząstek) z pionowo zamontowanych wiązek przewodów i kabli elektrycznych. W tym miejscu należy zaznaczyć, że według przedmiotowej normy termin „przewody elektryczne” dotyczy wszystkich przewodów o izolacji nałożonej na metalową żyłę i służących do przesyłania energii lub sygnałów.

Badanie polega na poddaniu wiązki kabli lub przewodów, zamontowanej na drabince proberczej, oddziaływaniu palnika zasilanego propanem technicznym o czystości 95%. Palnik ma specjalną konstrukcję, której istotą są 242 otwory o średnicy 1,32 mm, znajdujące się w trzech rzędach. W rezultacie palnik tworzy coś w rodzaju tablicy (rys. 2.). Warunki montażu i mocowania kabli i przewodów zostały ściśle określone – uzależnione są od ich średnicy oraz klasy, dla której przeprowadzane jest badanie. Liczbę kabli lub przewodów w wiązce dobiera się według specjalnych wytycznych (wzorów). Moc źródła zapłonu przy badaniu klas (B<sub>2ca</sub>, C<sub>ca</sub>, D<sub>ca</sub>) wynosi 20,5 kW. W przypadku badania kabli i przewodów zaliczanych do klasy B<sub>1ca</sub>, na tylnej stronie korytka do prowadzenia kabli należy zamontować niepalną płytę z krzemianu wapnia o gęstości 870±50 kg/m<sup>3</sup> oraz grubości 11±2 mm oraz zastosować moc źródła zapłonu 30 kW.

W trakcie pomiaru należy zapewnić przepływ powietrza o określonych parametrach przez komorę badawczą. Podczas badania rejestruje się następujące parametry, określające:

- » całkowitą ilość wydzielonego ciepła (THR),
  - » wskaźnik dynamiki spalania (FIGRA),
  - » całkowitą ilość wydzielonego dymu (TSP),
  - » szybkość wydzielania dymu (SPR),
- których wartości stanowią podstawę klasyfikacji kabli i przewodów elektrycznych pod względem reakcji na ogień.

Zgodnie z PN-EN 61034-2:2010 (rys. 3.) [8] badania przeprowadza się w komorze badawczej o objętości 27 m<sup>3</sup> (3×3×3 m). Do badania dobiera się odpowiednią liczbę odcinków kabli lub przewodu, uzależnioną od średnicy zewnętrznej kabla lub przewodu. Przewody o średnicy mniejszej niż 5 mm i większej niż 1 mm układa się w wiązki. Liczba wiązek jest zależna od średnicy zewnętrznej i oblicza się ją na podstawie podanego w normie wzoru. Inicjatorem spalania jest 95% alkohol, który w ilości 1 dm<sup>3</sup> znajduje się w metalowym pojemniku o wymiarach: dno 21×11 cm, góra 24×14 cm, wysokość 8 cm. Miarą zdolności kabli i przewodów do tworzenia dymu jest parametr: minimalna wartość transmisji światła.

Badanie trwa do momentu, gdy nie obserwuje się zmniejszenia transmisji światła po 5 min od zgaśnięcia ognia lub po 40 min od początku próby. W przypadku przewodów lub kabli o średnicy nie większej niż 80 mm najmniejszą transmitancję światła należy przyjąć za transmitancję światła badanego przewodu. W przypadku średnicy większej niż 80 mm należy wynik pomnożyć przez współczynnik D/80 (D – średnica przewodu lub kabla).

Metoda badawcza zgodna z PNEN 60754-2:2014-11 [9] (rys. 4.) polega na określeniu kwasowości gazów powstałych podczas spalania poprzez wyznaczenie średniej ważonej pH i konduktywności dla poszczególnych materiałów, z których wykonany jest przewód, kabel elektryczny lub światłowodowy. Próbkę do badań stanowi 1000 mg każdego materiału pobranego z reprezentatywnego odcinka. Próbkę umieszczoną na „łódeczce” podlega ogrzewaniu w temperaturze nie niższej niż 935°C przez 30 min. W trakcie spalania gazy spalinowe zbierane są do dwóch kolb z wodą destylowaną lub demineralizowaną o pojemności ok. 450 ml każda. Następnie zawartość obu kolb zlewa się do jednej kolby i uzupełnia wodą do objętości 1000 ml i przystępuje do pomiarów pH i konduktywności (przewodności). Po zakończonych pomiarach (po 3 próbkach) oblicza się wartości ważne dla kabla lub przewodu, stosując odpowiednie wzory:

$$pH' = \log_{10} \left[ \frac{\sum w_i}{\sum \left( \frac{w_i}{10^x} \right)} \right]$$

gdzie:

x – wartość pH każdego niemetalowego materiału,

$$c' = \frac{\sum c \cdot w_i}{\sum w_i}$$

gdzie:

c – konduktywność każdego niemetalowego materiału.

## I Podsumowanie

Niektóre z metod badawczych wykorzystywanych do określania klas reakcji na ogień dla kabli lub przewodów elektrycznych oparto na zastosowaniu źródeł ciepła symulujących środowisko pożarowe w budynku. Przyjęcie kryterium klasyfikacji pod względem reakcji na ogień spowodowało, że kable i przewody elektryczne, podobnie jak inne materiały budowlane, zostały ocenione w znacznie szerszym zakresie niż wcześniej. Uwzględniono przede wszystkim aspekt wydzielania ciepła i dymu, które istotnie determinują stan środowiska pożarowego, co bezpośrednio wpływa na dostępność i skuteczność bezpiecznej ewakuacji. Wraz z wprowadzeniem normy PN-EN 13501-6:2015-02 [4] inwestorzy otrzymali narzędzie do formułowania szerszych wymagań wobec producentów kabli i przewodów elektrycznych.



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



Julian Wiatr

## Metodyka zasilania urządzeń przeciwpożarowych w energię elektryczną oraz dopuszczanie wyrobów budowlanych w ochronie przeciwpożarowej

Zasilanie urządzeń elektrycznych w czasie pożaru to zagrożenie, 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 zagrożenia, 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 opisane zagrożenia.

Publikacja pod patronatem miesięcznika

**elektro**  
info

zamówienia: [www.ksiegarniatechniczna.com.pl](http://www.ksiegarniatechniczna.com.pl)



mgr inż. Julian Wiatr, mgr inż. Marcin Orzechowski

# Poprawność doboru przewodów instalowanych wewnątrz rozdzielnic jako warunek minimalizacji zagrożeń pożarowych

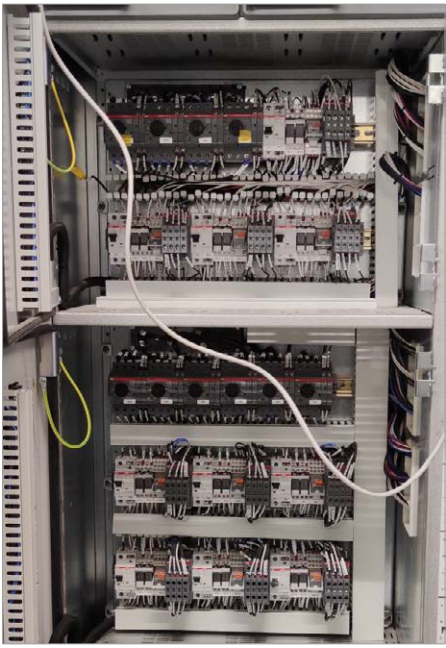
Celem artykułu jest wskazanie potencjalnych zagrożeń występujących wewnątrz rozdzielnic, które często są przyczyną pożarów rozdzielnic. Najczęściej powodem takich pożarów jest niepoprawny dobór oprzewodowania wewnętrznego. Zanim przejdziemy do omówienia doboru oprzewodowania wewnątrz rozdzielnic, przeanalizujemy poszczególne kroki, jakie poprzedzają ten proces.

Pierwszym krokiem jest ustalenie wartości spodziewanego prądu obciążenia  $I_B$  obwodu, co stanowi podstawę doboru prądu znamionowego ciągłego aparatów oraz wstępnego doboru obciążalności długotrwałej  $I_z$  przewodów. W obwodzie pojedynczego odbiornika, transformatora lub generatora jest to prąd znamionowy tego urządzenia. W tabeli 1. przedstawione zostały typowe odbiorniki wraz ze wzorami pozwalającymi na wyznaczenie spodziewanego prądu obciążenia źródła zasilającego  $I_B$ . W tabeli 2. przedstawiono zalecane krotności prądu znamionowego zasilanego odbiornika przy doborze zabezpieczeń. Dobrą praktyką jest przyjmowanie prądu obciążenia  $I_B$  obwodu o wartości większej, zgodnie z zaleceniami określonymi w kolumnie 3. tabeli 2. W tabeli 1. oraz tabeli 2. podano minimalne wymagania, jakie należy spełnić przy wyznaczeniu spodziewanego prądu obciążenia  $I_B$  oraz wytyczne w zakresie doboru zabezpieczeń – więcej na ten temat czytelnik znajdzie w rozdziale 6. „Poradnika projektanta elektryka” (J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa Medium, Warszawa 2021, wydanie VI). Powyższe czynności powinien wykonać projektant, a uzyskane na podstawie obliczeń wyniki – zamieścić w dokumentacji projektowej. Oczywiście swoje założenie opieramy na fakcie, że z reguły projektant i wytwórca zestawu są to dwie różne osoby (nawet jeśli zatrudnione w tej samej firmie).

Drugim krokiem jest dobór prądu znamionowego i/lub prądu nastawczego zabezpieczeń nadprądowych w taki sposób, aby przetrzymywały one bez zadziałania nie tylko oblicze-

niowy prąd szczytowy obwodu  $I_B$ , ale również wszelkie prądy załączeniowe, będące prądami normalnego użytkownika (prąd rozruchowy silnika, prąd rozświecania źródła światła, prąd załączania kondensatorów itp.). Podobnie, do prądów załączeniowych obwodu dobiera się prąd nastawczy członu zabezpieczeniowego zwarciowego wyłącznika, określony w kolumnie 5. tabeli 2. W obwodach rozdzielczych wymagane prądy znamionowe bądź nastawcze zabezpieczeń, wraz z wymaganą zwłoką ich działania, mogą wymagać zwiększenia ze względu na wybiórczość działania z zabezpieczeniami usytuowanymi na niższych stopniach układu zasilania [6]. Problematyka wybiórczości działania poszczególnych stopni zabezpieczeń została opisana w rozdziale 6. „Poradnika projektanta elektryka” (J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa Medium, Warszawa 2021, wydanie VI).

Ten krok również wykonuje projektant i umieszcza go w dokumentacji projektowej. Należy zwrócić uwagę, że w dokumentacji projektowej poza prądem znamionowym i/lub prądem nastawczym zabezpieczeń nadprądowych powinny się znaleźć m.in. nastawy poszczególnych wyzwalaczy/charakterystyki użytych wkładek topikowych itd. W tym przypadku rolę wytwórcy zestawu (prefabrykatora) jest weryfikacja, czy przyjęte aparaty są dostępne i możliwe do zabudowania w danej rozdzielnicy (choćby dostępne wymiary, parametry zwarciowe itd.). W przypadku jakichkolwiek niejasności lub braków w dokumentacji projektowej, prefabrykator powinien skontaktować się z projektantem lub zamawiającym (użytkowni-



Fot. 1. Przykład ułożenia przewodów wewnątrz rozdzielnic za pomocą korytek kablowych (zdjęcie wykonane podczas uruchomienia rozdzielnic) fot. J. Wiatr, M. Orzechowski

kiem według [1]) w celu wyjaśnienia nieścisłości. Wszelkie zmiany wprowadzone przez prefabrykatora wymagają akceptacji projektanta. Tak samo przygotowana przez prefabrykatora koncepcja rozdzielnic (układ rozmieszczenia poszczególnych elementów, dobrane przewody połączeń wewnętrznych oraz wizualizacja dla możliwości porównania wprowadzonych zmian) podlega zatwierdzeniu przez projektanta oraz kierownika robót i inspektora nadzoru inwestorskiego. Na ten element zwracamy szczególną uwagę, gdyż często projektant jest pomijany –

prefabrykator wprowadza zmiany bez uzgodnienia z projektantem.

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

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

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

- » prądów rozruchowych (silników), prądów załączeniowych (źródła światła, transformatorów,

- zasilaczy impulsowych) bądź innych zwiększonych prądów normalnego użytkownika,
- » braku wybiórczości z zabezpieczeniami usytuowanymi na niższych poziomach zabezpieczeń.

Ponieważ dobór zabezpieczeń został szczegółowo opisany w „Poradniku projektanta elektryka” (J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa Medium, Warszawa 2021, wydanie VI), w artykule problem ten został pominięty. Dlatego niniejszy artykuł został ograniczony do zasad doboru przewodów wewnątrz rozdzielnic, których niepoprawny dobór ze względu na dopuszczalną obciążalność prądową oraz spodziewane prądy zwarciowe jest najczęstszą przyczyną pożarów rozdzielnic.

Wewnątrz rozdzielnic najbardziej właściwym sposobem ułożenia przewodów jest:

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



Fot. 2. Przykład ułożenia w powietrzu i wiązkach (zdjęcie wykonane od strony „pleców” rozdzielnic) fot. J. Wiatr, M. Orzechowski

- » sposób „F”, zdefiniowany w normie [2] – stykające się przewody jednożyłowe w powietrzu (fot. 2.).

Obliczeniowa temperatura otoczenia  $t_o$  jest to najwyższa temperatura powietrza otaczającego rozważane urządzenie elektryczne, występująca stale lub okresowo, w normalnych warunkach użytkowania.

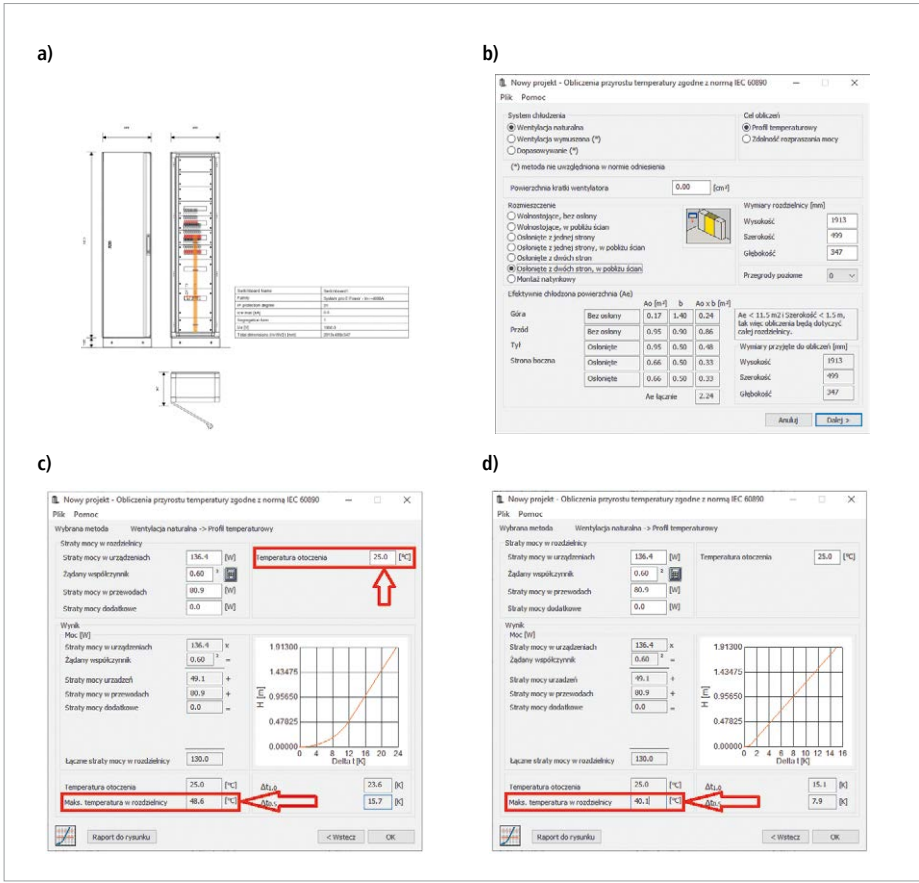
W normie PN-HD 60364-5-52:2011 [2] podano dopuszczalne wartości długotrwałej obciążalności prądowej właściwe dla klimatu występującego w rejonie Morza Śródziemnego.

| Piec, kuchnia, ogrzewacz rezystancyjny         | Urządzenie oświetleniowe (lampy wyładowcze)                                                 | Silnik indukcyjny                                                        | Generator                              | Transformator                                    | Bateria kondensatorów                  |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Moc i prąd w obwodzie w warunkach znamionowych |                                                                                             |                                                                          |                                        |                                                  |                                        |
|                                                |                                                                                             |                                                                          |                                        |                                                  |                                        |
| $\cos \varphi = 1$                             | $\lambda_n \approx 0,80 \div 0,96$ z kompensacją<br>$\lambda_n \approx 0,5$ bez kompensacji | $\cos \varphi_n = 0,75 \div 0,90$                                        | $\cos \varphi_n = 0,8$                 | wymuszony przez obciążenie                       | $\cos \varphi = 0_{poj}$               |
| $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$         | $I_B = k_{as} \cdot \frac{\sum (P_n + \Delta P)}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \lambda_n}$       | $I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}$ | $I_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$ | $I_{n(2)} = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n(2)}}$ | $I_n = \frac{Q_n}{\sqrt{3} \cdot U_n}$ |

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

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





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

| Urządzenie zasilane<br>o prądzie znamionowym I <sub>n</sub>     | Bezpiecznik                                                      | Wyłącznik nadprądowy                       |                                              |                                        |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                                 | Prąd<br>znamionowy<br>włładki<br>topikowej                       | Prąd<br>znamionowy<br>ciągły<br>wyłącznika | Prąd nastawczy<br>członu<br>przeciążeniowego | Prąd nastawczy<br>członu<br>zwarcowego |
|                                                                 | Krotność prądu znamionowego I <sub>N</sub> zasilanego urządzenia |                                            |                                              |                                        |
|                                                                 | ≥                                                                | ≥                                          | =                                            | ≥                                      |
| Ogrzewacz, piec rezystancyjny, kuchnia                          | 1,0 ÷ 1,1                                                        | 1,0 ÷ 1,1                                  | —                                            | —                                      |
| Lampy żarowe                                                    | 1,5 ÷ 2,5                                                        | 1,10                                       | —                                            | 9 ÷ 12                                 |
| Lampy wyładowcze z kompensacją równoległą                       | 1,5 ÷ 2,5                                                        | 1,30                                       | 1,30                                         | 10 ÷ 14                                |
| Silnik indukcyjny o rozruchu bezpośrednim lekkim                | 1,6 ÷ 2,5                                                        | 1,10 ÷ 1,25                                | 1,0 ÷ 1,1                                    | 10 ÷ 14                                |
| Silnik indukcyjny o rozruchu bezpośrednim ciężkim               | 1,9 ÷ 3,5                                                        | 1,10 ÷ 1,25                                | 1,0 ÷ 1,1                                    | 10 ÷ 14                                |
| Silnik indukcyjny z rozrusznikiem gwiazda-trójkąt               | 1,25 ÷ 1,35                                                      | 1,10 ÷ 1,25                                | 1,0 ÷ 1,1                                    | 10 ÷ 16                                |
| Silnik indukcyjny z układem łagodnego rozruchu <i>softstart</i> | 2,0 ÷ 4,0 <sup>1)</sup>                                          | 1,25                                       | 1,0 ÷ 1,1                                    | 10 ÷ 14 <sup>2)</sup>                  |
| Jednoczłonowa bateria kondensatorów                             | 1,5 ÷ 1,8                                                        | 1,50                                       | 1,35 ÷ 1,50                                  | 10 ÷ 14                                |
| Człon wieloczołonowej baterii kondensatorów                     | 1,7 ÷ 2,2                                                        | 1,50                                       | 1,35 ÷ 1,50                                  | 10 ÷ 16                                |

<sup>1)</sup> Wkładki topikowe o charakterystyce bardzo szybkiej, do półprzewodników. Pozostałe wkładki klasy gG.  
<sup>2)</sup> Można obniżyć dwukrotnie w opcji bez kickstartu.

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

Natomiast w normie IEC 60287-3-1/A1:1999 [4] zostały określone wartości temperatur właściwe dla Polski. Zostały one zestawione w **tabeli 3**. Jeśli występują okoliczności uzasadniające przyjęcie wyższej temperatury niż podana w normie (np. pomieszczenie kotłowni, ciasne wnętrza rozdzielni), należy to uczynić, gdyż wszelkie przesłanki przemawiające za przyjęciem niższej temperatury mogą być złudne i prowadzić do poważnych uchybień [5].

Dla spodziewanej temperatury otoczenia  $\tau_0$  przy której pracowały będą przewody, należy dokonać przeliczenia wartości określonej w normie [2], z wykorzystaniem wzoru (1):

$$I_{\tau_0} = I_{230^\circ} \cdot \sqrt{\frac{\tau_{dd} - \tau_0}{\tau_{dd} - 30^\circ}} \quad (1)$$

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

W praktyce projektowanie rozdzielni kończy się na przedstawieniu jej schematu ideowego, na którym są podane parametry zwarcio-we:  $I_k$ ,  $I_{th}$  oraz  $I_p$ . Ponadto określone są prądy znamionowe zabezpieczeń, wraz z wymaganą ich odpornością zwarciovą eksploatacyjną  $I_{cs}$ . Podstawowy błąd, jaki jest popełniany na tym etapie, to brak określenia wymagań w zakresie spodziewanych temperatur wewnątrz zestawu. Wynika to z błędnego założenia, że rozdzielnica jest traktowana jako gotowe urządzenie (*black box*). Należy jednak zwrócić uwagę, że w normie PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe Część 1: Postanowienia ogólne* [1] podane są następujące wytyczne w zakresie temperatur zewnętrznej i wewnętrznej, której wartość nie jest bez znaczenia przy doborze oprzewodowania wewnętrznego oraz zewnętrznego:

- » Temperatura otoczenia/zewnętrzna rozdzielni (fragment załącznika **BB** normy [1]):
  - A) dolna granica:
    - wewnątrz pomieszczeń:  $-5^\circ\text{C}$ ;
    - na zewnątrz pomieszczeń:  $-25^\circ\text{C}$ .
  - B) górna granica (**bez względu na miejsce instalacji**):  $40^\circ\text{C}$ ;
  - C) najwyższa średnia dzienna (**bez względu na miejsce instalacji**):  $35^\circ\text{C}$ ;
- » Temperatura wewnątrz rozdzielni (zestawu) nie jest określona w sposób jednoznacz-

ny. W punkcie 9.2 normy [1] „Graniczne przyrosty temperatury” są opisane następujące warunki pracy zestawu (rozdzielni):

- jest obciążona prądem znamionowym (obciążenie w 100%);
- średnia temperatura **otoczenia** rozdzielni-cy nie przekracza  $35^\circ\text{C}$ ;
- maks. przyrosty temperatury dla elementów wbudowanych (tzn. typowa aparatura rozdzielcza i sterownicza) – zgodnie z odpowiednimi wymaganiami norm wyrobu dla pojedynczych elementów wyposażenia lub zgodnie z instrukcjami producenta elementu, biorąc pod uwagę temperaturę w ZESTAWIE.

D) maks. przyrosty temperatury dla szyn zbiorczych i przewodów – ograniczony przyrost do m.in.:

- wytrzymałości mechanicznej materiału przewodzącego;
- ewentualnego wpływu na sąsiednie wyposażenie;
- dopuszczalnej temperatury granicznej materiałów izolacyjnych stykających się z przewodem;
- wpływu temperatury przewodu na przylą-czone do niego aparaty.

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

E) dla aparatów (wyłączniki powietrzne, wyłączniki mocy oraz dla aparatury modułowej):  $70^\circ\text{C}$ ;

F) dla przewodów i kabli – norma PN-HD 60364-5-52 [17] przewiduje maks. temperaturę otoczenia w zależności od typu izolacji:

- $60^\circ\text{C}$  – dla izolacji z polichlorku winylu (PCV);
- $80^\circ\text{C}$  – dla izolacji z polietylenu usiecowanego (XLPE) lub gumy etylenowo-propylenowej (ERP) i ERP;

Zgodnie z punktami C oraz D, stanowiącymi wyciąg z normy PN-EN IEC 61439-1 [1], maks. temperatura wewnątrz rozdzielni może wynosić  $60^\circ\text{C}$  (przy zastosowaniu przewodów i kabli z izolacją PCV, które są najczęściej stosowane do połączeń we wnętrzach rozdzielni oraz jako przewody do zasilania odbiorników). Oczywiście, jeśli w rozdzielni będą zabudowane inne urządzenia o bardziej krytycznych wymaganiach w zakresie temperatury pracy, to podana wcześniej temperatura powinna ulec obniżeniu. Więcej na ten temat czytelnik znajdzie w publikacjach [8] oraz [9].

| Rodzaj przewodu i warunki układania              |                                               | $\tau_0$ , w $^\circ\text{C}$ |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------|
| Przewody w pomieszczeniach                       |                                               | 25                            |
| Przewody izolowane w przestrzeniach zewnętrznych | nienarażonych na bezpośrednie nasłonecznienie | 25                            |
|                                                  | narażonych na bezpośrednie nasłonecznienie    | 40                            |
| Kable w ziemi w zależności od pory roku          |                                               | 20 (15; 5) <sup>1)</sup>      |

Objaśnienia: <sup>1)</sup>  $20^\circ\text{C}$  – lato,  $15^\circ\text{C}$  – wiosna i jesień,  $5^\circ\text{C}$  – zima

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

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

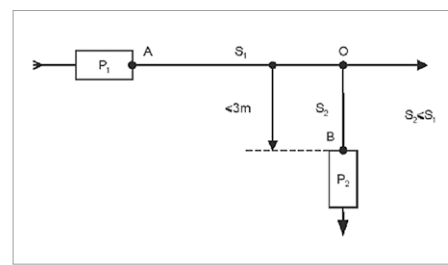
- » temperatura zewnętrzna (otoczenia) rozdzielni wynosi  $25^\circ\text{C}$ ;
- » przedstawiona rozdzielnica jest zainstalowana pomiędzy innymi polami i stanowi typowe pole odpływowe;
- » nie uwzględniono szyn do rozdziału energii w jej wnętrzu;
- » poza aparatami oraz odkładającymi się na nich stratami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

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

Jak przedstawiono na powyższym przykładzie, w typowej rozdzielni (bez zastosowania elementów poprawiających wentylację) **wypełnionej w 50%** oraz przy **przyjętym współczynnikiem jednoczesności 0,6**, temperatura w górnej części wynosi blisko  **$50^\circ\text{C}$** . Zastosowanie rozwiązania przyjętego na podstawie przeprowadzonych badań, które zawiera maskownicę umożliwiającą swobodny przepływ powietrza, pozwala na obniżenie spodziewanej temperatury. Dalsza analiza powyższego przykładu pozwala na wyciągnięcie wniosku, że wykorzystywanie każdej wolnej przestrzeni w rozdzielni z punktu widzenia optymalizacji miejsca jest oczywiście zasadne, ale wiąże się ze wzrostem temperatury w jej wnętrzu. W tym miejscu należy podkreślić, że powszechne dążenie do optymalizacji i ograniczania kosztów musi stanowić kompromis pomiędzy nakładami finansowymi a poziomem bezpieczeństwa, które jest najważniejsze. Musi przede wszystkim zapewniać warunki do ograniczenia przyrostów temperatury. Oczywiście takie rozwiązania spełniają wymagania normy PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Postanowienia ogólne* [1] – tzn. wewnątrz zestawu nie są przekroczone maksymalne przyrosty temperatury, co oznacza nieprzekroczenie temperatury  $60^\circ\text{C}$ . Takie rozwiązanie może zostać dopuszczone pod warunkiem poprawnego doboru kabli i przewodów połączeń wewnętrznych oraz zewnętrznych. Więcej informacji na ten temat czytelnik znajdzie w [9, 10].

Drugi bardzo poważny problem występujący przy konstruowaniu rozdzielnic stanowią obliczenia prądów zwarciovych i wynikająca z otrzymanych wyników poprawność doboru





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

przewodów i zabezpieczeń. Najwięcej błędów spotyka się przy doborze oprzewodowania wewnętrznego rozdzielnic w zakresie odporności zwarciowej. W środowisku elektryków przyjęło się nieprawdziwe twierdzenie, że na odległość do 3 m przewód może nie być zabezpieczony. Zgodnie z przyjętą definicją zabezpieczenia zwarciowego, jest ono wymagane na początku każdego obwodu instalacji elektrycznej, w miejscu wyprowadzenia go lub odgałęzienia, najdalej 3 m od tego miejsca. Wymagania w tym zakresie precyzuje w pkt. 434.2 norma PN-HD 60364-4-43: 2010 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa Ochrona przed prądem przeciętnym* [3].

W części przewodu pomiędzy punktem zmniejszenia przekroju przewodu lub innej zmiany a miejscem usytuowania urządzenia zabezpieczającego nie powinno być żadnych obwodów odgałęźnych ani gniazd wtyczkowych, a ta część przewodu powinna:

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

c) nie być umieszczona w pobliżu materiałów łatwopalnych.

**Wymienione wyżej warunki należy spełnić jednocześnie.**

Należy zwrócić uwagę, że w przypadku rozdzielnic złagodzenia te mają ograniczone zastosowanie, ze względu na możliwość zapłonu izolacji przewodu o zmniejszonym przekroju, który lawinowo przeniesie się na przewody sąsiednie. Stosowanie tego złagodzenia w praktyce wymaga precyzyjnego przemyslenia, gdyż opisane zjawisko jest bardzo częstą przyczyną pożarów rozdzielnic. W tym miejscu należy zwrócić uwagę na występowanie zjawiska kominowego wewnątrz szaf rozdzielnic, które znacznie przyspiesza rozwój powstałego pożaru. Zgodnie z **rysunkiem 1**, urządzenie zabezpieczające przed zwarciem P2 może być przesunięte wzdłuż obwodu odgałęźnego (S2) od początku (O) na długość do 3 m, pod warunkiem że na długości tej nie ma innego połączenia lub gniazda wtyczkowego, a ryzyko powstania zwarcia, pożaru lub niebezpieczeństwa dla ludzi na tej długości zostało ograniczone do minimum.

Zabezpieczenie przeciążeniowe natomiast można dobrać pod warunkiem że przewód jest zabezpieczony od zwarć przez zabezpieczenie poprzedzające (jego przekrój spełnia wymagania ze względu na dopuszczalną obciążalność zwarciową [7]). Zgodnie z pkt. 8.6.1 normy PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe Część 1: Postanowienia ogólne*: „W ramach jednego segmentu przewodu (w tym szyny zbiorcze rozdzielcze) pomiędzy głównymi szynami zbiorczymi a stroną zasilania pól rozdzielnic – lub w przypadku zestawu jednosegmentowego pomiędzy zaciskami obciążenia urządzenia wejściowego i zaciskami zasilającymi każdego odbiorczego SCPD –

jak również elementów wyposażenia tych pól, mogą być dobrane na podstawie obniżonych narażeń zwarciowych, występujących po stronie obciążenia odpowiedniego zabezpieczenia zwarciowego w każdym polu. Zachodzi to pod warunkiem takiego rozmieszczenia przewodów, w którym w normalnych warunkach pracy nie należy się spodziewać zwarcia wewnętrznego między częściami czynnymi i/lub między częściami czynnymi a ziemią”.

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

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

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

Każde z powyższych rozwiązań powinno uzyskać akceptację projektanta.

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

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

Należy zwrócić uwagę, że każdy z tych aparatów może mieć wymaganą zdolność zwarciową, ale ich zaciski nie są przystosowane do przyłączenia przewodów o przekrojach większych od 35 mm<sup>2</sup>. W takim przypadku należy odbiory zabezpieczane małogabarytowymi rozłącznikami bezpiecznikami (typu TYTAN, ILTS, R303 itd.) posekjonować i zabezpieczać przejściowym zabezpieczeniem w postaci bezpieczników topikowych o większym prądzie dla zmniejszenia narażeń zwarciowych. Bezpieczniki topikowe o większym prądzie znamionowym niż prądy znamionowe zabezpieczeń zasilanych odbiorników pozwolą na wydzielenie sekcji zasilanych odbiorników o mniejszym narażeniu zwarciowym, ze względu na przepuszczaną całość Joule’a wyłączenia I<sup>2</sup>t<sub>w</sub>, której wartości przedstawia **tabela 4**.

Zasadę zmniejszenia narażeń zwarciowych – przy zabezpieczeniu sekcji zabezpieczeń od-

biornych – poprzedzającym bezpiecznikiem topikowym wyjaśnia **rysunek 2**.

Ponieważ metodyka prowadzenia obliczeń zwarciowych została szczegółowo opisana w rozdziale 5. „Poradnika projektanta elektryka” (J. Wiatr, M. Orzechowski, Grupa Medium, Warszawa 2021, wydanie VI), w artykule ograniczymy się do zastosowań praktycznych.

## Przykład 1

Rozdzielnica główna nn zasilana jest ze stacji dwutransformatorowej, pracującej w układzie rezerwy ukrytej, gdzie każdy transformator posiada moc 2 MVA. Należy obliczyć prąd początkowy zwarcia oraz prąd udarowy i zastępczy prąd zwarciowy cieplny na szynach głównych rozdzielnic, a następnie dobrać przewody do odbiorów końcowych, o mocach określonych na **rysunku 3**.

Na podstawie tabeli 10.32 zamieszczonej w publikacji „Dobór przewodów i kabli elektrycznych niskiego napięcia oraz ich zabezpieczeń”, J. Wiatr, Grupa Medium, Warszawa 2024 [6], parametry transformatora o mocy 2 MVA wynoszą:

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

Prąd znamionowy zabezpieczenia głównego [7]:

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

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

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

Spodziewany prąd udarowy i<sub>p</sub> [6]:

$$\kappa = 1,02 + 0,98 \cdot \exp\left(-3 \frac{R_T}{X_T}\right) = \\ = 1,02 + 0,98 \cdot \exp\left(-3 \frac{0,0007}{0,0052}\right) \approx 1,68$$

$$i_p = \kappa \cdot \sqrt{2} \cdot I_{k3} = 1,68 \cdot \sqrt{2} \cdot 48 \approx 113,71 \, \text{kA}$$

Elektromagnetyczna stała czasowa obwodu zwarciowego T, wyniesie [7]:

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

Prąd zastępczy cieplny (czas trwania zwarcia T<sub>k</sub> = 0,2 s) [7]:

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

Tab. 4. Największe wartości całki Joule’a wyłączenia I<sup>2</sup>t<sub>w</sub> dla bezpieczników topikowych ogólnego przeznaczenia o pełnozakresowej wartości wyłączenia gG [5]

Zobacz więcej:

**RADOSŁAW LENARTOWICZ**

# EGZAMIN KWALIFIKACYJNY

**GRUPA 1 Kurs przygotowawczy**

**Stan prawny styczeń 2025**

**Nowe wydanie: rozszerzone i uzupełnione**



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

zatem:

$$m = \frac{T}{T_k} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2T_k}{T}}\right) = \frac{0,024}{0,2} \cdot \left(1 - e^{-\frac{2 \cdot 0,2}{0,024}}\right) \approx 0,12$$

$$I_{th} = I_k \cdot \sqrt{1+m} = 48 \cdot \sqrt{1+0,12} = 50,80 \text{ kA}$$

Wymagany przekrój przewodu łączącego szyny główne rozdzielnic z zainstalowanymi rozłącznikami wyposażonymi w bezpieczniki topikowe o prądzie znamionowym 250 A wynosi:

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

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

Zabezpieczenie sekcji, poprzedzające zabezpieczenia odbiorników zasilanych przez roz-

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

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

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

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

Zgodnie z normą PN-HD 660364-5-52:2011 [2], przewód o przekroju 25 mm<sup>2</sup> w izolacji XLPE, przy sposobie ułożenia B1, po uwzględnieniu współczynnika progresji  $k_p$ , uwzględniającego ułożenie przewodów w wiązce, spełni wymagania dopuszczalnej obciążalności prądo-

wej i przeciążalności oraz odporności na prądy zwarciowe [5]:

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

$$\tau_0 = 35^\circ\text{C}$$

$$I_{z1 \text{ } 35^\circ\text{C}} = I_{z1} \cdot \sqrt{\frac{\vartheta_{dop.} - 35}{\vartheta_{dop.} - 30}} = 75,93 \cdot \sqrt{\frac{70 - 35}{70 - 30}} \approx 71,02 \text{ A}$$

$$I_z \geq \frac{I_n \cdot k_2}{1,45} = \frac{63 \cdot 1,6}{1,45} = 69,51 \text{ A} < I_{z1 \text{ } 35^\circ\text{C}} = 71,02 \text{ A}$$

Połączenia należy wykonać poprzez listwy zaciskowe.

## Literatura

1. Norma PN-EN IEC 61439-1:2021 *Rozdzielnice i sterownice niskonapięciowe*. Część 1: Postanowienia ogólne.
2. Norma PN-HD 60364-5-52: 2011 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 5-52: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Przewodowanie*.
3. Norma PN-HD 60364-4-43: 2010 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym*.
4. Norma IEC 60287-3-1/A1:1999 *Electric cables. Calculation of the current rating. Part 3-1: Sections on operating conditions. Reference operating conditions and selection of cable type*.
5. E. Musiał, „Obciążalność cieplna oraz zabezpieczenia nadprądowe przewodów i kabli”, [www.edwardmusial.info](http://www.edwardmusial.info) (dostęp: 1.04.2025).
6. J. Wiatr, Dobór przewodów i kabli elektrycznych niskiego napięcia oraz ich zabezpieczeń”, Grupa Medium Sp. z o.o. Sp. K., Warszawa 2024.
7. J. Wiatr, M. Orzechowski, Poradnik projektanta elektryka, Grupa Medium Sp. z o.o. Sp. K., Warszawa 2021, wydanie VI (dodruk 2023).
8. M. Orzechowski, Rozdzielnice niskich napięć – wpływ temperatury na bezpieczeństwo eksploatacji rozdzielnic niskiego napięcia (zagadnienia wybrane) (część 1.), „elektro.info” nr 1–2/2024.
9. M. Orzechowski, Rozdzielnice niskich napięć – wpływ temperatury na bezpieczeństwo eksploatacji rozdzielnic niskiego napięcia (zagadnienia wybrane) (część 2.), „elektro.info” nr 3/2024.
10. <https://partnerhub.connect.abb.com>.

# Kable i przewody

o wysokiej klasie reakcji na ogień **B2ca**

Do stosowania w budynkach przemysłowych, użyteczności publicznej, systemach bezpieczeństwa i drogach ewakuacyjnych >>>



## Kompleksowe zastosowanie i bezpieczeństwo w nowoczesnym budownictwie

**Klimatyzacja  
Wentylacja  
Oświetlenie  
Rolety / zasłony  
Kontrola dostępu  
Sterowanie**

BIT1000\*H Power B2ca jednożyłowy B2ca **Nowość**  
BIT 1000\*2(ST)H B2ca  
BITinstal\*H 0,6/1 kV B2ca  
BITinstal\*H(p) 450/750 V B2ca  
BIT 500\*(ST)CH B2ca B2ca  
BITsensor\*PE(ST)CH B2ca B2ca  
BIT 500\*H B2ca B2ca  
**Uzupełnienie oferty:**  
BIT E-BUS-H Dca  
BIT LiHH, LiHCH Dca

**Czujki ppoż.  
System ppoż.**

BITflame\*A B2ca  
BITflame\*A(ST) B2ca  
BITfiber\*Flame CLT SMF PH120/E30-60 B2ca Cca  
BITfiber\*Flame CLT MMF PH120/E30-60 B2ca Cca  
**Uzupełnienie oferty:**  
HTKSH FE180/PH90/E90  
HTKShekw FE180/PH90/E90  
HDGs FE180/PH120/E90  
BITflame\*1000 FE180/PH120/E90  
BITflame\*1000C FE180/PH120/E90

**Zasilanie  
Zasilanie awaryjne UPS  
Ogrzewanie**

BIT1000\*H Power B2ca jednożyłowy B2ca **Nowość**  
BITinstal\*H 0,6/1 kV B2ca  
BITinstal\*H(p) 450/750 V B2ca  
**Uzupełnienie oferty:**  
BITservo\*UV 2XSLCHK-J Dca  
BITservo\*UV 3 plus 2XSLCHK-J Dca  
BIT 500\*BLACK FR Eca  
BIT 1000\*H Power Eca  
BIT 1000\*Power FR Eca

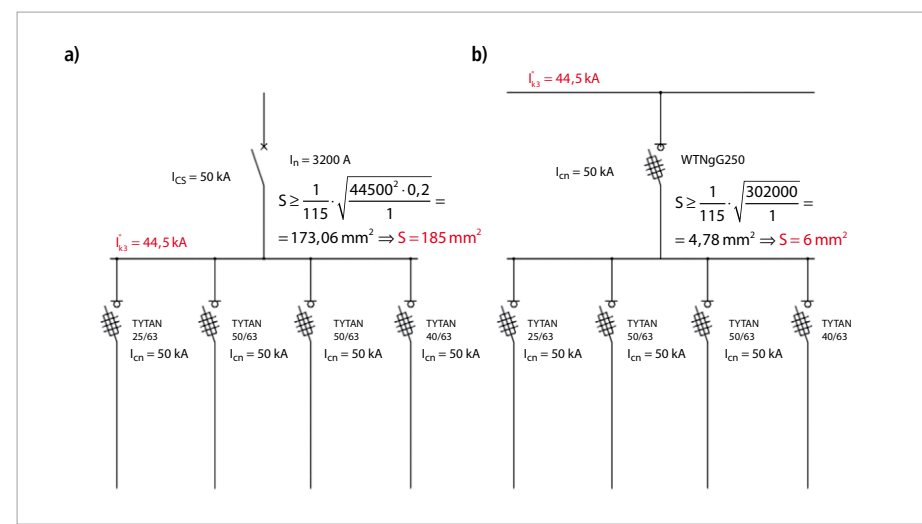
**Monitoring  
Sieci audio / video  
Sieci transmisyjne**

BITLAN\*U/FTP cat. 6A 500 MHz LSOH B2ca B2ca  
BITLAN\*F/FTP cat. 6A 500 MHz LSOH B2ca B2ca  
BITLAN\*S/FTP cat. 7A 1200 MHz LSOH B2ca B2ca  
BITsound\*INSTAL Speaker Cable LSOH OFC B2ca **Nowość**

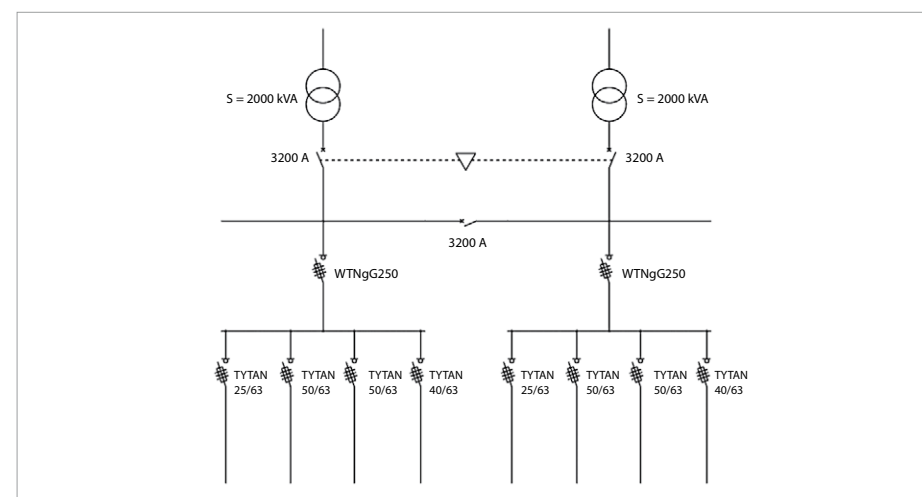
**WYSOKA  
KLASA**

[www.bitner.com.pl](http://www.bitner.com.pl)

[wsparcie.techniczne@bitner.com.pl](mailto:wsparcie.techniczne@bitner.com.pl)



Rys. 2. Metodyka zmniejszania narażeń zwarciowych dla zabezpieczeń odbiorników końcowych: a) przewody odbiorów końcowych, przyłączone do głównej szyny; b) przewody odbiorów końcowych poprzedzone zabezpieczeniem dzielącym na sekcje rys. J. Wiatr, M. Orzechowski



Rys. 3. Przykład 1: schemat fragmentu układu rozdzielnic głównej nn rys. J. Wiatr, M. Orzechowski



# Uproszczony projekt rozbudowy elektroenergetycznej linii napowietrzno-kablowej

## Podstawa opracowania

- Warunki techniczne wydane przez zakład energetyczny.
- Wizja lokalna w terenie i uzgodnienia z użytkownikami oraz właścicielami gruntów.
- Projekt zagospodarowania terenu opracowany przez architekta.
- Uzgodnienie trasy projektowanej linii elektroenergetycznej w Zespole Uzgodniania Dokumentacji Projektowej.
- Badania geologiczne gruntu.
- Profil trasy linii przygotowany przez geodetę.
- Katalog linii napowietrznych niskiego napięcia z przewodami samonośnymi o powłoce z polietylenu usieciowanego o przekrojach 25–120 mm<sup>2</sup> na żerdziach żelbetowych ŻN – 2002, opracowanie Energoinżynieria Poznań, wydanie 2005.
- N SEP-E 004:2022-08 *Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.*
- N SEP-E 001 *Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa.*
- PN-E 05100-1:1998 *Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa* (norma ma wartość archiwalną, korzystanie z niej jest zgodne z obowiązującymi przepisami na zasadzie wiedzy technicznej).
- N SEP-E 002 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Instalacje elektryczne w obiektach mieszkalnych. Podstawy planowania.*
- N SEP-E 003 *Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami pełnoizolowanymi oraz z przewodami niepełnoizolowanymi.*
- PN-IEC 60364-5-523: 2002 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów.*
- PN-HD 60364-4-41:2009 *Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.*

## Wyciąg z warunków technicznych

Ze stacji transformatorowej „Wiewiórczyn” należy wyprowadzić nowy obwód linii napowietrznej wykonany kablem AsXS<sub>n</sub> 4×70 w kierunku drogi dojazdowej do działek rekreacyjnych (ul. Słoneczna). Wzdłuż ul. Słonecznej zasilanie do działek rekreacyjnych należy doprowadzić kablem YAKX 4×120, przyłączonym do kabla AsXS<sub>n</sub> 4×70 projektowanej linii napowietrznej nn. Kabel należy prowadzić poprzez szafki złączowo-licznikowe (SZL) zlokalizowane w linii ogrodzenia, z których do poszczególnych budynków zasilanie należy doprowadzić kablem YKYżo 5×10 lub o przekroju większym – w zależności od wyniku obliczeń. W szafkach złączowo-licznikowych należy projektować układy pomiarowe w układzie bezpośrednim. Dopuszczalny współczynnik tgφ ≤ 0,4.

Zapotrzebowanie mocy dla projektowanych obwodów obliczyć zgodnie z wymaganiami normy N SEP-E 002 *Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Instalacje elektryczne w obiektach mieszkalnych. Podstawy planowania.*

## Stan istniejący

W miejscowości Wiewiórczyn zlokalizowana jest słupowa stacja transformatorowa SN/nn „Wiewiórczyn” o mocy S = 100 kVA. Transformator olejowy oraz rozdzielnica niskiego napięcia zainstalowane są na konstrukcji nośnej stanowiącej słup „rozkraczny” (odporowy). Ze stacji wyprowadzony jest jeden obwód napowietrznej linii niskiego napięcia. Moc zapotrzebowana przez odbiorców przyłączonych do istniejącej linii napowietrznej, ustalona przez pomiary wykonane przez zakład energetyczny, wynosi 40 kW. W rozdzielnicy niskiego napięcia stacji transformatorowej występuje wolne pole, do którego możliwe jest przyłączenie drugiego obwodu.

W terenie objętym inwestycją występuje strefa wiatrowa WI oraz strefa sadowa SI. Wyniki badań geologicznych pozwalają zakwalifikować grunt do kategorii średniej. Teren inwestycyjny jest płaski, bez zauważalnych przewyższeń terenowych. Wzdłuż ul. Pirata przebiega pas instalacyjny przeznaczony do budowy linii uzbrojenia terenu, który stanowi własność gminy, na terenie której leży miejscowość Wiewiórczyn. Parametry transformatora stacji transformatorowej „Wiewiórczyn”, ustalone na podstawie dokumentacji technicznej pozostającej w posiadaniu zakładu energetycznego:

$$S_{nTr} = 100 \text{ kVA}; \quad \Delta P_0 = 0,8 \text{ kW}; \quad \Delta P_{obc\_zn} = 1,75 \text{ kW} \\ u_k = 4,5\%; \quad i_0 = 1\%$$

## Stan projektowany

Linie napowietrzną należy wykonać kablem AsXS<sub>n</sub> 4×70 na słupach ŻN – 2002 o długości 9,2 m:

- » słup przelotowy: typ ŻN-9/200-2002, wyposażony w ustój UP1/ŻN (słupy nr 1–3 na **rysunku 1.**),
- » słup krańcowy: typ 2×ŻN – 9/200-2002 wyposażony w ustój UPbb4ŻN (słup nr 4 na **rysunku 1.**).

Słupy należy posadzić w miejscach określonych na **rysunku 1.** Kable AsXS<sub>n</sub> 4×70 należy wyprowadzić z wolnego pola rozdzielnicy stacji transformatorowej SN/nn „Wiewiórczyn” i rozwiesić na słupach ŻN-2002, zgodnie z wymaganiami określonymi na **rysunku 2.** – profil linii napowietrznej. Sekcję odciągową stanowi konstrukcja stacji transformatorowej „Wiewiórczyn” oraz słup nr 4.

Kabel AsXS<sub>n</sub> 4×70 należy wyprowadzić z rozdzielnicy nn stacji transformatorowej „Wiewiórczyn” i zamocować do słupa stanowiącego jej kon-

strukcję za pomocą uchwytu odciągowego (**rys. 2.**) i rozciągnąć na całej długości sekcji odciągowej. Następnie, po spełnieniu wymagań określonych na **rysunku 2.**, należy zamocować do słupa krańcowego na stałe za pomocą uchwytu odciągowego mocowanego do haka wieszakowego.

Na końcu projektowanej linii napowietrznej należy zainstalować odgromniki SE 30.166 Ap, które trzeba przyłączyć do uziemienia przewodu PEN. Rezystancja uziemienia przewodu PEN końca projektowanej linii napowietrznej R<sub>u</sub> ≤ 10 Ω.

Z krańcowego słupa (nr 4 – **rys. 1.**) projektowanej linii napowietrznej należy wyprowadzić kabel YAKXS 4×120, zasilający szafki złączowo-licznikowe (SZL) zlokalizowane w linii ogrodzenia w miejscach określonych na **rysunku 1.** Kabel YAKXS 4×120 należy przyłączyć do kabla AsXS<sub>n</sub> 4×70 za pomocą złączek SL 4.25 i mocować do słupa. Od wysokości 3 m nad poziomem gruntu oraz do głębokości 0,5 m poniżej poziomu gruntu, kabel YAKXS 4×120 należy prowadzić w rurze osłonowej Ø110, odpornej na promieniowanie UV. Końce rury należy uszczelnić, aby nie przedostawała się tam woda. Schemat zasilania budynków przedstawia **rysunek 3.**

Kabel YAKXS 4×120 należy układać w wykopie o głębokości 105 cm, na podsypce piasku o grubości 10 cm. Następnie należy go zasypać warstwą piasku o grubości 10 cm, warstwą rodzimego gruntu o grubości 15 cm, ułożyć taśmę kablową koloru niebieskiego i zasypać wykop. Z szafek złączowo-licznikowych należy wyprowadzić kable YKYżo 5×10 (WLZ) zasilające poszczególne budynki.

Przebieg projektowanych tras WLZ-tów został przedstawiony na **rysunku 1.** Kable WLZ-tów należy układać w wykopie o głębokości 85 cm – zgodnie z zasadami określającymi sposób budowy linii kablowej wykonanej kablem YAKXS 4×120. Na kablach układanych w ziemi należy w odstępach co 10 m nałożyć opaski kablowe zawierające następujące informacje: typ kabla – rok ułożenia – długość – trasa – symbol użytkownika – symbol wykonawcy. Rury SRS Ø110 stanowiące osłony kabla (**rys. 1.**) należy uszczelnić, aby zabezpieczyć przed przedostawaniem się wody. Zacisk PEN w każdej szafce złączowo-licznikowej należy uziemić. Rezystancja uziemienia: R<sub>A</sub> ≤ 10 Ω.

## Obliczenia

### 1. Moc zapotrzebowana przez odbiorców przyłączanych do projektowanej linii napowietrzno-kablowej, określona zgodnie z wymaganiami normy N SEP-E 002:

$$P_{ZII} = 5 \cdot P_{Z1} \cdot k_j = 5 \cdot 12,5 \cdot 0,592 = 37 \text{ kW}$$

gdzie:

P<sub>Z1</sub> – moc czynna zapotrzebowana przez pojedynczy budynek przyłączany do projektowanej linii elektroenergetycznej, w [kW],

k<sub>j</sub> – współczynnik jednoczesności, w [-],

P<sub>ZII</sub> – moc czynna zapotrzebowana przez odbiorców planowanych do przyłączenia do projektowanej linii napowietrzno-kablowej (obwód nr 2), w [kW].

### 2. Sprawdzenie obciążenia transformatora po przyłączeniu nowych odbiorców:

$$P_z = P_{Z1} + P_{ZII} = 40 + 37 = 77 \text{ kW} \\ Q_z = P_z \cdot \tan \varphi = 77 \cdot 0,4 = 30,8 \text{ kvar} \\ S_z = \sqrt{P_z^2 + Q_z^2} = \sqrt{77^2 + 30,8^2} \approx 83 \text{ kVA} \\ \Delta P_{Tr} = \Delta P_0 + \Delta P_{obc\_zn} \cdot \left( \frac{S_z}{S_{nTr}} \right)^2 = 0,8 + 1,75 \cdot \left( \frac{83}{100} \right)^2 \approx 2 \text{ kW}$$

$$\Delta Q_0 = \frac{i_0}{100} \cdot S_{nTr} = \frac{1}{100} \cdot 100 = 1 \text{ kvar} \\ \Delta Q_{obc\_zn} = \frac{u_k}{100} \cdot S_{nTr} = \frac{4,5}{100} \cdot 100 = 4,5 \text{ kvar} \\ \Delta Q_{Tr} = \Delta Q_0 + \Delta Q_{obc\_zn} \cdot \left( \frac{S_z}{S_{nTr}} \right)^2 = 1 + 4,5 \cdot \left( \frac{83}{100} \right)^2 = 4,1 \text{ kvar} \\ S_{obTr} = \sqrt{(P_z + \Delta P_{Tr})^2 + (Q_z + \Delta Q_{Tr})^2} = \\ = \sqrt{(77 + 2)^2 + (30,8 + 4,1)^2} = 86,37 \text{ kVA} < 100 \text{ kVA}$$

gdzie:

ΔQ<sub>Tr</sub> – straty mocy biernej transformatora, w [kvar],

ΔP<sub>Tr</sub> – straty mocy czynnej transformatora, w [kW],

ΔP<sub>0</sub> – straty mocy czynnej biegu jałowego transformatora, w [kW],

ΔQ<sub>0</sub> – straty mocy biernej biegu jałowego transformatora, w [kvar],

ΔP<sub>obc\_zn</sub> – straty obciążeniowe mocy czynnej transformatora, w [kW],

ΔQ<sub>obc\_zn</sub> – straty obciążeniowe mocy biernej transformatora, w [kvar],

S<sub>nTr</sub> – moc znamionowa transformatora, w [kVA],

P<sub>z</sub> – moc czynna zapotrzebowana przez odbiory przyłączone do sieci, w [kW],

Q<sub>z</sub> – moc bierna zapotrzebowana przez odbiory przyłączone do sieci, w [kvar],

S<sub>z</sub> – moc zapotrzebowana pozorna, w [kVA],

u<sub>k</sub> – napięcie zwarcia transformatora, w [%],

i<sub>0</sub> – prąd biegu jałowego transformatora, w [%],

P<sub>Z1</sub> – moc czynna zapotrzebowana przez odbiorców przyłączonych do istniejącej linii napowietrznej (obwód nr 1), w [kW].

Rozbudowa linii nie wymaga wymiany transformatora w stacji „Wiewiórczyn”.

### 3. Dobór zabezpieczenia oraz kabli zasilających projektowanego obwodu linii napowietrzno-kablowej:

$$I_{BII} = \frac{P_{ZII}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{37000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,93} = 57,5 \text{ A} \\ I_{nII} \geq 1,25 \cdot I_{BII} = 1,25 \cdot 57,5 = 71,88 \text{ A}$$

gdzie:

I<sub>BII</sub> – prąd spodziewanego obciążenia projektowanej linii napowietrzno-kablowej, w [A],

I<sub>nII</sub> – wymagany prąd znamionowy zabezpieczenia projektowanej linii napowietrzno-kablowej, w [A].

Należy zatem przyjąć zabezpieczenie WTN1gG80.

Wymagana długotrwała obciążalność prądowa kabla zasilającego projektowanej linii napowietrzno-kablowej (zgodnie z wymaganiami normy N SEP-E 004):

$$I_{ZII} \geq I_{nII} = 80 \text{ A}$$

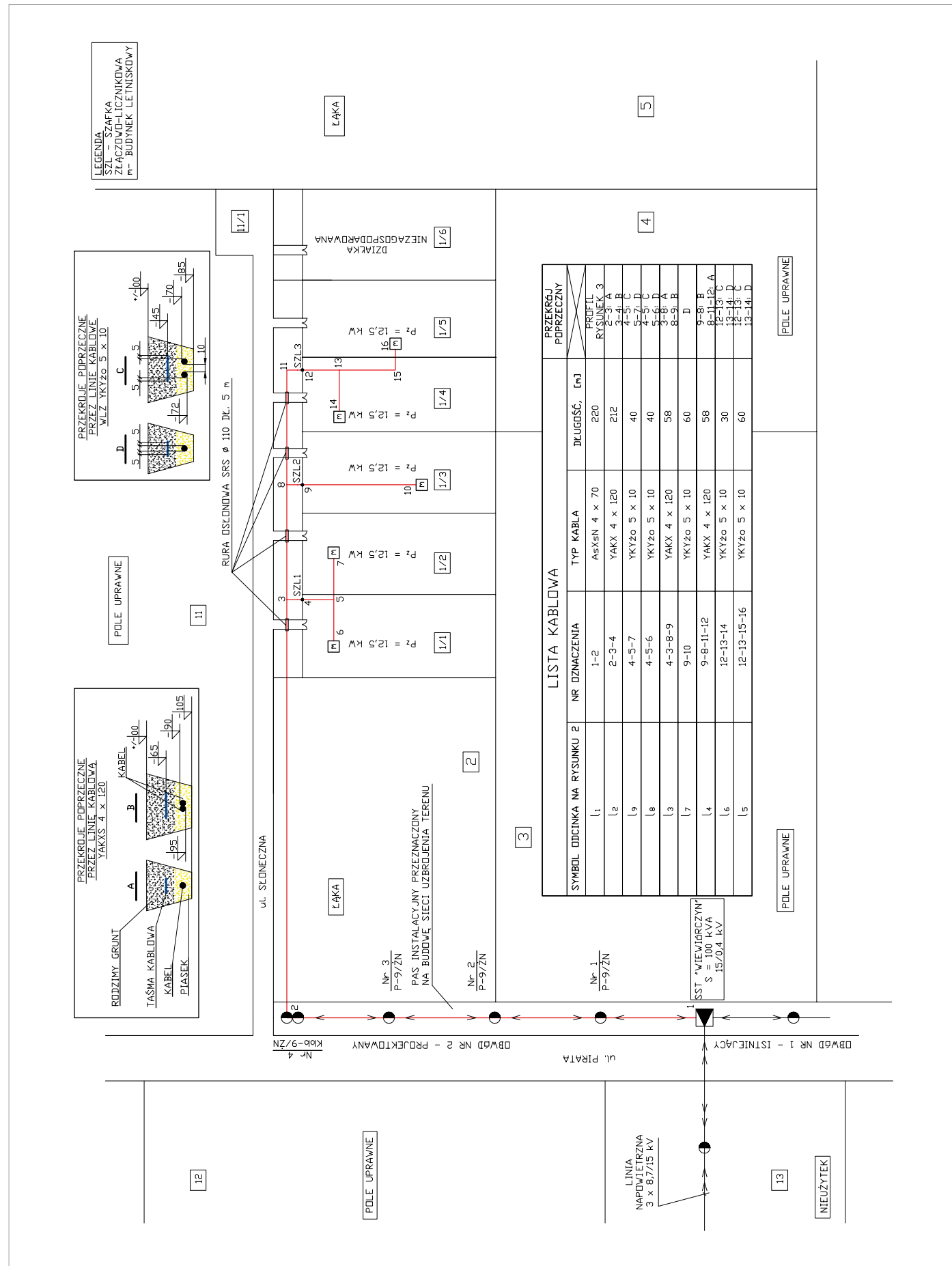
Kabel AsXS<sub>n</sub> 4×70, określony w warunkach technicznych, po uwzględnieniu maksymalnej spodziewanej temperatury otoczenia (τ<sub>rz</sub> = 40°C) oraz prądu obciążenia czwartej żyły, posiada następującą obciążalność prądową:

$$I_z = 0,91 \cdot I_{Z30} \cdot \sqrt{\frac{\tau_{dd} - \tau_{rz}}{\tau_{dd} - 30}} = 0,91 \cdot 187 \cdot \sqrt{\frac{90 - 40}{90 - 30}} \approx 155 \text{ A} \gg 80 \text{ A}$$

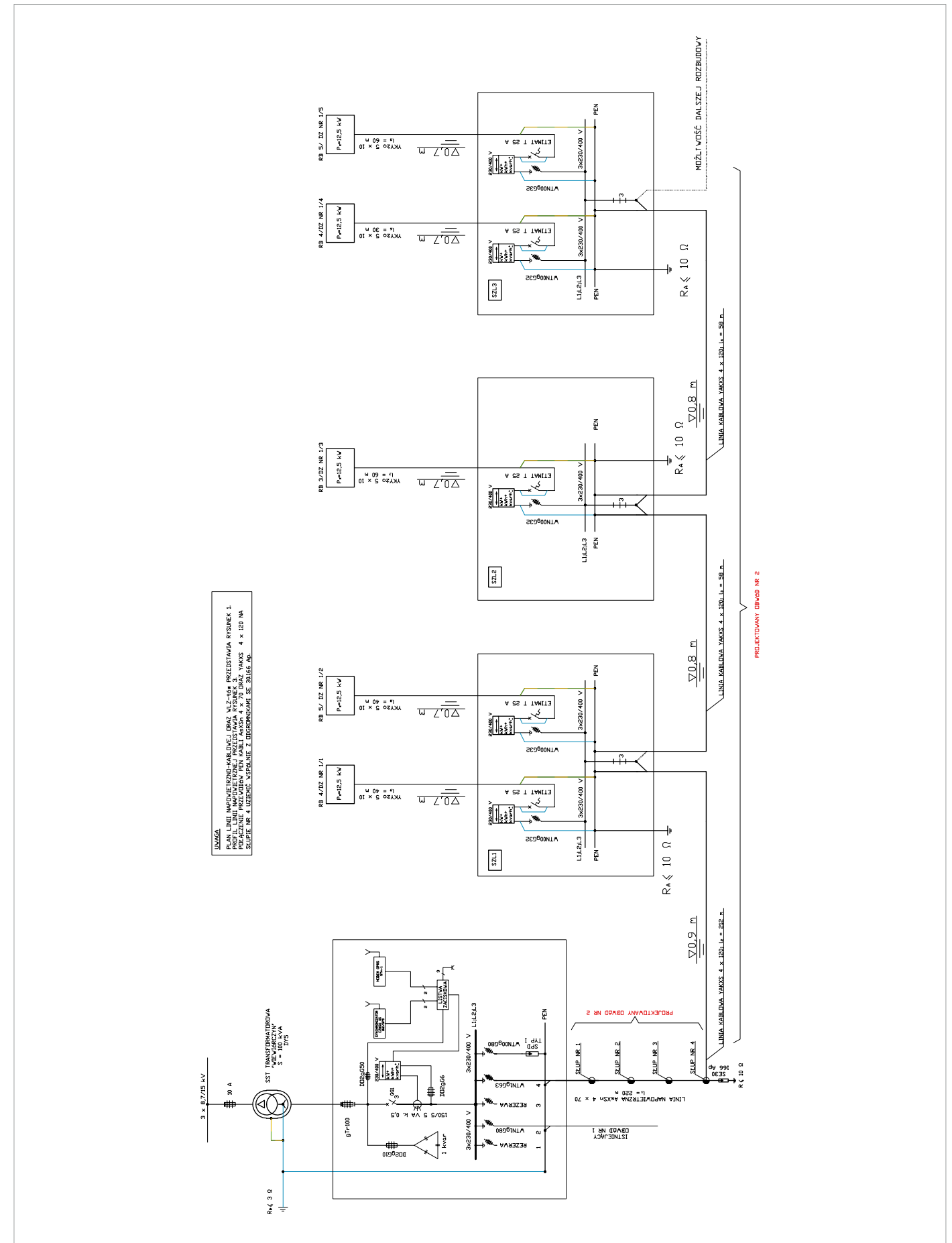
gdzie:

I<sub>Z30</sub> – dopuszczalna obciążalność kabla AsXS<sub>n</sub> 4×70 (w temperaturze otoczenia τ = 30°C) określona w normie PN-IEC 60364-5-523:2002, w [A],



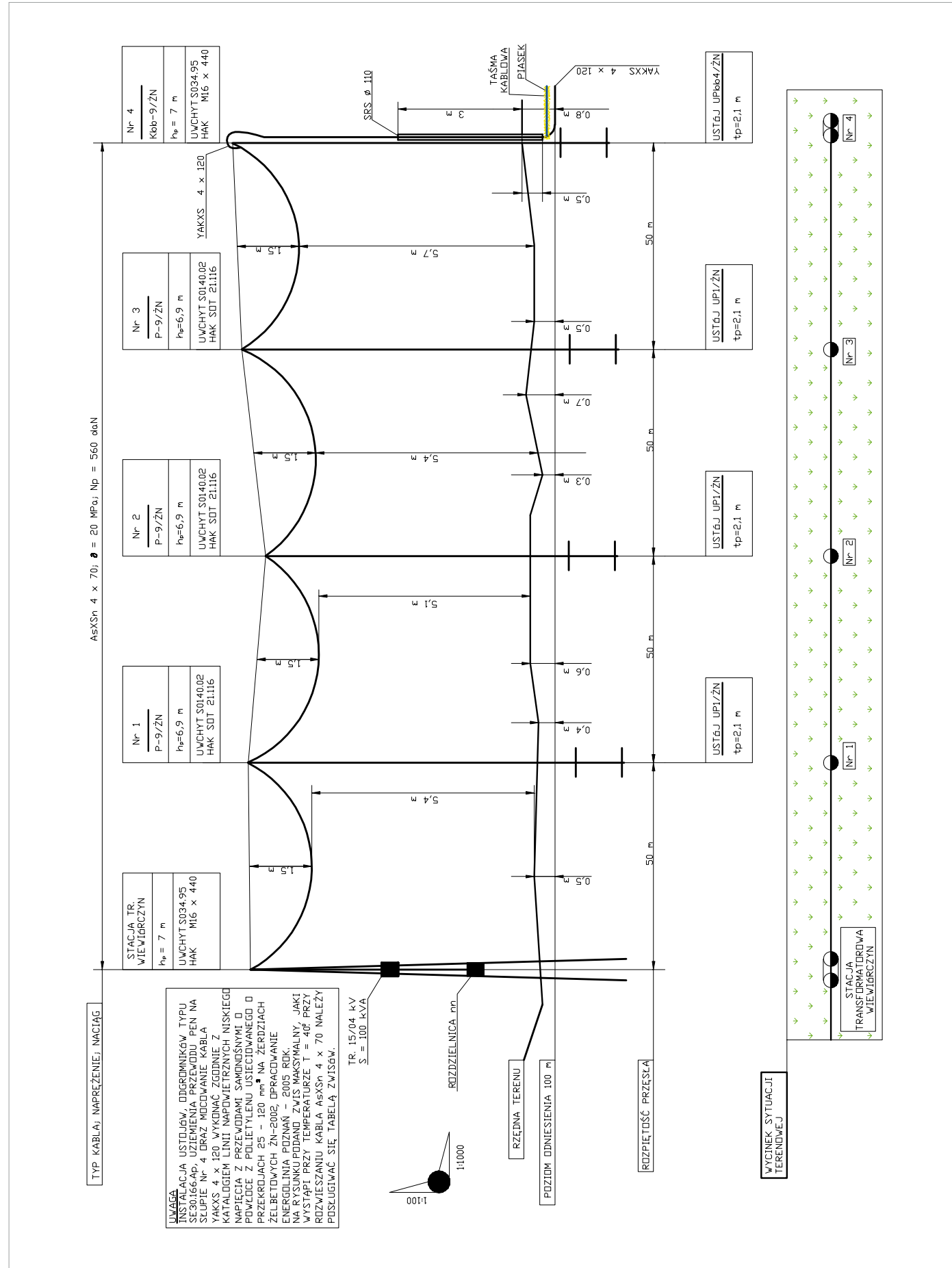


Rys. 1. Plan linii napowietrzno-kablowej oraz WLZ-tów rys. J. Wiatr



Rys. 2. Schemat zasilania budynków rys. J. Wiatr





Rys. 3. Profil linii napowietrznej rys. J. Wiatr

$\tau_{dd}$  – dopuszczalna długotrwała temperatura pracy kabla, w [°C],  
 $I_{zII}$  – wymagana wartość długotrwałej obciążalności prądowej kabla projektowanej linii napowietrzno-kablowej, w [A],  
 $I_{nII}$  – prąd znamionowy zabezpieczenia projektowanej linii napowietrzno-kablowej, w [A].

Natomiast kabel YAKXS 4x120, przy sposobie ułożenia „D” (po uwzględnieniu współczynników poprawkowych uwzględniających obciążenie czwartej żyły oraz rezystywności gruntu, wynoszącej w krajowych warunkach przeciętnie  $\rho = 1$  [Km/W]), posiada następującą dopuszczalną długotrwałą obciążalność prądową:

$$I_z = 0,91 \cdot 1,16 \cdot 186 \approx 196,34 \text{ A} \gg 80 \text{ A}$$

Należy zatem uznać dobór kabli za poprawny.

#### 4. Dobór kabli WLZ na długotrwałą obciążalność prądową i przeciążalność:

$$I_{B1} = \frac{P_{Z1}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{12500}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 0,93} \approx 19,43 \text{ A} = 19,5 \text{ A}$$

$$I_{n1} \geq 1,25 \cdot I_{B1} = 1,25 \cdot 19,43 = 24,29 \text{ A}$$

Należy przyjąć zabezpieczenie przedlicznikowe WTN00gG32.

$$I_{z1} \geq \frac{k_2 \cdot I_{n1}}{1,45} = \frac{1,6 \cdot 32}{1,45} = 35,31 \text{ A}$$

$$I_{z1} = 0,91 \cdot 1,16 \cdot 52 = 54,89 \text{ A} > 35,31 \text{ A}$$

gdzie:

$I_{B1}$  – spodziewany prąd obciążenia pojedynczego WLZ, w [A],

$I_{n1}$  – prąd znamionowy zabezpieczenia WLZ, w [A],

$U_n$  – napięcie nominalne zasilania, w [V],

$\cos \varphi$  – współczynnik mocy, w [-],

$I_{z1}$  – wymagana dopuszczalna obciążalność prądowa kabla WLZ, w [A],

$k_2$  – współczynnik uwzględniający niedopasowanie charakterystyk prądowo-czasowych bezpiecznika i zabezpieczanego przewodu/kabla, w [-].

Zatem kabel YKYżo 5x10, określony w warunkach technicznych, przy sposobie ułożenia „D”, spełnia warunek długotrwałej obciążalności prądowej i przeciążalności.

#### 5. Sprawdzenie dobranych kabli z warunku spadku napięcia:

Uwaga! Linia napowietrzna zostanie rozwieszona na słupach ŻN o wysokości 7 m nad ziemią, przy maksymalnym zwisie  $f_{max} = 1,5$  m, występującym przy temperaturze 40°C. Ponieważ zróżnicowanie terenu jest pomijalne (różnica w wysokości zawieszenia przewodów nie przekracza 0,1 rozpiętości przęsła – W. Kotlarski, „Sieci elektryczne”, WSIP 1989, wydanie V), dopuszczalne jest przyjęcie upraszczającego założenia, że punkty zwieszania poszczególnych przęseł zostaną zawieszane na jednakowej wysokości. Przyjmując długość przęsła  $a = 50$  m, przybliżoną długość ciągu „L” należy obliczyć z uproszczonego wzoru (T. Kolendowicz, „Mechanika budowli dla architektów”, Arkady, Warszawa 1977):

$$L = l \cdot \left( 1 + \frac{8}{3} \cdot \frac{f^2}{a^2} \right) = 50 \cdot \left( 1 + \frac{8}{3} \cdot \frac{1,5^2}{50^2} \right) = 50,12 \text{ m}$$

Zatem całkowita długość kabla AsXS 4x70 projektowanej linii napowietrznej – z uwzględnieniem odcinka pionowego  $l_x = 8$  m, stanowiącego połączenie z rozdzielnicą nn stacji transformatorowej „Wiewiórczyn”, oraz współczynnika poprawkowego uwzględniającego niedoszacowanie długości kabla – wyniesie:

$$l_1 = 1,05 \cdot (4 \cdot L) + l_x = 1,05 \cdot (4 \cdot 50,12) + 8 \approx 218,5 \text{ m}$$

Do dalszych obliczeń zostanie przyjęta wartość  $l_1 = 220$  m.

Spadki napięć w poszczególnych odcinkach projektowanej linii napowietrzno-kablowej:

$$R_1 = \frac{l_1}{\gamma \cdot S} = \frac{220}{35 \cdot 70} \approx 0,09 \Omega$$

$$X_1 = x' \cdot l_1 = 0,08 \cdot 0,22 = 0,018 \Omega$$

$$\tan \varphi = 0,4 \Rightarrow \cos \varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \varphi}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,4^2}} = 0,93$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,93^2} = 0,37$$

$$\Delta U_1 = \frac{100 \cdot \sqrt{3}}{U_n} \cdot (R_1 \cdot \cos \varphi + X_1 \cdot \sin \varphi) \cdot I_{B1} =$$

$$= \frac{100 \cdot \sqrt{3}}{400} \cdot (0,090 \cdot 0,93 + 0,018 \cdot 0,37) \cdot 55,7 \approx 2,18\%$$

gdzie:

$x'$  – jednostkowa reaktancja kabla, w [ $\Omega$ /km],

$X$  – reaktancja linii kablowej, w [ $\Omega$ ],

$R$  – rezystancja linii kablowej, w [ $\Omega$ ],

$\cos \varphi$  – współczynnik mocy, w [-],

$U_n$  – napięcie nominalne linii elektroenergetycznej, w [V],

$S$  – przekrój żyły przewodzącej kabla, w [mm<sup>2</sup>],

$l$  – długość kabla, w [m],

$\gamma$  – konduktywność żyły przewodzącej kabla, w [m/( $\Omega$  mm<sup>2</sup>)].

Spadki napięć w poszczególnych budynkach przyłączanych do projektowanej linii napowietrzno-kablowej:

» spadek napięcia w WLZ:

$$R_5 = \frac{l_5}{\gamma \cdot S} = \frac{60}{35 \cdot 70} \approx 0,11 \Omega$$

$$\Delta U_{m5} = \frac{P_1 \cdot l_5 \cdot 100}{\gamma \cdot S \cdot U_n^2} = \frac{12500 \cdot 60 \cdot 100}{55 \cdot 10 \cdot 400^2} = 0,85\%$$

#### UWAGA!

Dla przekrojów przewodów Al nie większych od 70 mm<sup>2</sup> oraz przewodów Cu o przekroju nie większym od 50 mm<sup>2</sup> dopuszczalne jest pominięcie reaktancji przewodu ze względu na jej małą wartość w stosunku do rezystancji. Dlatego spadek napięcia  $\Delta U_{m5}$  został wyznaczony z uproszczonego wzoru.

» całkowity spadek napięcia na końcu WLZ liczony od zacisków transformatora stacji transformatorowej „Wiewiórczyn”:

$$\Delta U_{cs} = \sum_{i=1}^4 \Delta U_i + \Delta U_{m5} = 2,18 + 1,31 + 0,28 + 0,22 + 0,85 = 4,84\% < 5\%$$

Warunek spadku napięcia w każdym punkcie projektowanej linii należy uznać za spełniony.

#### 6. Sprawdzenie dobranych kabli z warunku samoczynnego wyłączenia:

Na podstawie tabeli Z.3.1 z „Poradnika projektanta elektryka” (J. Wiatr, M. Orzechowski, DW Medium 2012, wydanie V), parametry zwarciove transformatora wynoszą odpowiednio:



| Numer odcinka linii–kabel      | Moc obciążenia $P_{zi}$ , w [kW] | Długość odcinka linii $l_i$ , w [m] | $R_i$ , w [ $\Omega$ ] | $X_i$ , w [ $\Omega$ ] | Spodziewany prąd obciążenia $I_{Bi}$ , w [A] | $\Delta U_i$ , w [%] |
|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------------|----------------------|
| $I_1$ : AsXS <sub>n</sub> 4×70 | 37                               | 220                                 | 0,090                  | 0,018                  | 57,5                                         | 2,18                 |
| $I_2$ : YAKX 4×120             | 37                               | 212                                 | 0,050                  | 0,017                  | 57,5                                         | 1,31                 |
| $I_3$ : YAKX 4×120             | 28                               | 58                                  | 0,014                  | 0,005                  | 43,5                                         | 0,28                 |
| $I_4$ : YAKX 4×120             | 22                               | 58                                  | 0,014                  | 0,005                  | 34,2                                         | 0,22                 |

Tab. 1. Zestawienie wyników obliczeń spadków napięć dla linii napowietrzno-kablowej

| Numer działki | Numer i typ kabla  | Długość, w [m] | $P_{zi}$ , w [kW] | $\Delta U_{mi}$ , w [%] | $\Delta U_{ci}$ , w [%] | $R_i$ , w [ $\Omega$ ] |
|---------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1/5           | $I_5$ : YKYżo 5×10 | 60             | 12,5              | 0,85                    | 4,84                    | 0,11                   |
| 1/4           | $I_6$ : YKYżo 5×10 | 30             | 12,5              | 0,42                    | 4,46                    | 0,06                   |
| 1/3           | $I_7$ : YKYżo 5×10 | 60             | 12,5              | 0,85                    | 4,62                    | 0,11                   |
| 1/2           | $I_8$ : YKYżo 5×10 | 40             | 12,5              | 0,57                    | 4,06                    | 0,07                   |
| 1/1           | $I_9$ : YKYżo 5×10 | 40             | 12,5              | 0,57                    | 4,06                    | 0,07                   |

Tab. 2. Zestawienie wyników obliczeń spadków napięć dla WLZ-tów zasilających poszczególne budynki

| Element   | $Z_{k1}$ , w [ $\Omega$ ] | $I_{k1}$ , w [A] | $I_a$ , w [A] |
|-----------|---------------------------|------------------|---------------|
| SZL1      | 0,35                      | 525,7            | 424           |
| SZL2      | 0,38                      | 484,2            | 424           |
| SZL3      | 0,40                      | 460              | 424           |
| Budynek 1 | 0,48                      | 383,3            | 249,6         |
| Budynek 2 | 0,48                      | 383,3            | 249,6         |
| Budynek 3 | 0,58                      | 317,2            | 249,6         |
| Budynek 4 | 0,54                      | 340,7            | 249,6         |
| Budynek 5 | 0,61                      | 301,6            | 249,6         |

Tab. 3. Zestawienie wyników obliczeń zwarciovych dla zwarć jednofazowych

- $R_T=0309\,\Omega$  – rezystancja uzwojeń transformatora,
- $X_T=0732\,\Omega$  – reaktancja uzwojeń transformatora,
- » zwarcie w szafce złączowo-licznikowej nr 3:

$$Z_{k1} = \sqrt{[R_T + 2 \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4)]^2 + [X_T + 2 \cdot (X_1 + X_2 + X_3 + X_4)]^2} = \\ = \sqrt{[0,0309 + 2 \cdot 0,168]^2 + [0,0732 + 2 \cdot 0,045]^2} \approx 0,4\,\Omega \\ I_{k1} = \frac{0,8 \cdot U_0}{Z_{k1}} = \frac{0,8 \cdot 230}{0,4} = 460\,A > I_{a/T_k \leq S_s} = 424\,A$$

- Wartość prądu samoczynnego wyłączenia – tabela Z.10.4 w „Poradniku projektanta elektryka” (J. Wiatr, M. Orzechowski, DW Medium 2012).
- » zwarcie w budynku nr 5 – działka nr 1/5 (najmniejszy spodziewany prąd zwarcia jednofazowego):

$$Z_{k1} = \sqrt{[R_T + 2 \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5)]^2 + [X_T + 2 \cdot (X_1 + X_2 + X_3 + X_4)]^2} = \\ = \sqrt{[0,0309 + 2 \cdot 0,278]^2 + [0,0732 + 2 \cdot 0,045]^2} \approx 0,61\,\Omega \\ I_{k1} = \frac{0,8 \cdot U_0}{Z_{k1}} = \frac{0,8 \cdot 230}{0,61} \approx 301,6\,A > I_{a/T_k \leq 0,4s} = 249,6\,A$$

- Wartość prądu samoczynnego wyłączenia – tabela Z.10.4 w „Poradniku projektanta elektryka” (J. Wiatr, M. Orzechowski, DW Medium 2012).
- Na podstawie otrzymanych wyników obliczeń należy uznać, że w całej projektowanej sieci warunek samoczynnego wyłączenia będzie zachowany.

- » największy spodziewany prąd zwarcia jednofazowego ze względu na wybiórczość działania zabezpieczeń (zwarcie w budynku nr 1 – działka 1/1):

$$I_{k1} = \frac{U_0}{Z_{k1}} = \frac{230}{0,48} = 479,17\,A$$

- gdzie:
- $U_0$  – napięcie pomiędzy przewodem fazowym a uziemionym przewodem PEN lub PE, w [V],
- $\gamma$  – konduktywność żyły przewodzącej przewodu/kabla, w [m/( $\Omega$  mm<sup>2</sup>)],
- $l_9$  – długość WLZ nr 1, w [m],
- $Z_{k1}$  – impedancja obwodu zwarciovego dla zwarć jednofazowych, w [ $\Omega$ ],
- $S$  – przekrój żyły przewodzącej kabla, w [mm<sup>2</sup>],
- $I_{k1}$  – prąd zwarcia jednofazowego, w [A],
- Przy zastosowaniu w budynkach zabezpieczeń obwodowych typu S301(3)C16 selektywność działania zabezpieczeń będzie zachowana dla prądów zwarciovych nie większych od 900 A, a w przypadku wyłączników nadprądowych S301B16 – do wartości prądów zwarciovych nie większych od 1,15 kA.
- 7. Sprawdzenie wybiórczości działania dla bezpieczników topikowych:**

$$\frac{I_{nl}}{I_{n1}} = \frac{80}{32} = 2,5 > 1,6$$

gdzie:

- $I_{n1}$  – prąd znamionowy zabezpieczenia głównego projektowanej linii napowietrzno-kablowej, w [A],
- $I_{n1}$  – prąd znamionowy zabezpieczenia WLZ, w [A],
- Należy uznać, że w całej projektowanej sieci nn wybiórczość działania poszczególnych stopni zabezpieczeń będzie zachowana.
- 8. Dobór elementów linii napowietrznej (zgodnie z katalogiem [5]):**
- a) wysokość zawieszenia przewodów z uwzględnieniem minimalnej wysokości przewodów nn nad ziemią, maksymalną wartością zwisu w terenie płaskim oraz 0,5 m zapasu ze względu na nierówności terenu:

$$h_{pmin} = h_{min} + f_{max} + 0,5 = 5,5 + 1,5 + 0,5 = 6,5\,m < 6,9\,m$$

- » dobór słupa przelotowego: przyjęty zostanie słup P-9/ŻN (ŻN-9/200-2002 – sylwetka na s. 34 katalogu [5]), wyposażony w ustój UP1/ŻN (tablica na s. 62 katalogu [5]).

$$G_n = 2,84\,daN/m \\ W_p = 1,26\,daN/m \\ P_p = W_p \cdot a = 1,26 \cdot 50 = 63\,daN \\ P_{sx} = 42\,daN \\ P_{ux} = P_p + P_{sx} = 63 + 42 = 105\,daN < P_{dx} = 230\,daN \\ P_{uy} = P_{sy} = 46\,daN < P_{dy} = 130\,daN$$

- gdzie:
- $G_n$  – ciężar przewodu z sadią normalną (tablica nr 13 katalogu [5]), w [daN],
- $a$  – rozpiętość przęsła, w [m],
- $W_p$  – jednostkowe obciążenie wiatrem (tablica nr 13 katalogu [5]), w [daN/m],
- $P_p$  – obciążenie przęsła wiatrem, w [daN],
- $P_{sx}$  – obciążenie słupa wiatrem w osi X (tablica nr 14 katalogu [5]), w [daN],
- $P_{sy}$  – obciążenie słupa wiatrem w osi Y (tablica nr 14 katalogu [5]), w [daN],
- $P_{ux}$  – spodziewane obciążenie słupa w osi X, w [daN],
- $P_{uy}$  – spodziewane obciążenie słupa w osi Y, w [daN],
- $P_{dx}$  – dopuszczalne obciążenie słupa w osi X (tablica nr 6 katalogu [5]), w [daN],
- $P_{dy}$  – dopuszczalne obciążenie słupa w osi Y (tablica nr 6 katalogu [5]), w [daN],
- $f_{max}$  – zwis maksymalny w temperaturze  $\tau = 40^\circ C$  (tablica nr 2 katalogu [5]), w [m],
- $h_{min}$  – minimalna wysokość przewodów izolowanych nad ziemia w terenie płaskim, w [m],
- $h_{pmin}$  – minimalna wysokość zawieszenia przewodów na słupie, w [m].
- b) dobór słupa krańcowego: przyjęty zostanie słup zbliźniaczony Kbb-9/ŻN (2×ŻN-9/200-2002 – sylwetka na s. 45 katalogu [5]), wyposażony w ustój UPbb4/ŻN (tablica na s. 63 katalogu [5]):
- Naprężenia i naciągi zgodnie z tabelą 2., zamieszczoną na stronie 11 katalogu [5], dla długości przęsła  $a = 50\,m$  oraz zwisu  $f_{max} = 1,5\,m$  w temperaturze  $40^\circ$ : naciąg  $N_p = 560\,daN$ ; naprężenie podstawowe  $\sigma = 20\,MPa$ .

$$P_{ux} = N_p = 560\,daN < P_{dx} = 650\,daN \\ P_{uy} = P_{sy} = 92\,daN < P_{dy} = 260\,daN$$

- c) dobór osprzętu:
- » słup przelotowy
- Obciążenie pionowe haka wieszakowego i uchwytu przelotowego:

$$F_y = a \cdot G_n = 50 \cdot 2,84 = 142\,daN < F_{dop} = 150\,daN$$

- Na tej podstawie należy, zgodnie z tabelą zamieszczoną na stronie 87 katalogu [5], przyjąć hak SOT 21.16, dla którego  $F_x = 150\,daN > 142\,daN$ , oraz uchwyt przelotowy SO 140.02 (tablica na stronie 86 katalogu [5])
- » słup krańcowy (tablica 2 katalogu [5]) – obciążenie poziome haka i uchwytu odciągowego:

$$F_x = N_p = 560\,daN$$

- gdzie:
- $F_x$  – spodziewane obciążenie poziome haka i uchwytu odciągowego.
- Na podstawie tabel zamieszczonych na stronach 86 oraz 87 w katalogu [5] zostaną przyjęte:
- » uchwyt odciągowy SO 34.95,
- » hak wieszakowy M16×440.

### Uwagi końcowe

- Rozmieszczenie słupów oraz trasę wykopu linii kablowej i WLZ należy wytyczyć geodezyjnie na gruncie.
- Przed posadowieniem słupów w gruncie należy w pozycji leżącej wykonać montaż ustojów oraz elementów nośnych przewodów.
- Uzbrojony słup należy ustawić w wykopie za pomocą dźwigu samochodowego.
- Kabel AsXS<sub>n</sub> 4×70 należy rozciągać pomiędzy słupem konstrukcji nośnej stacji transformatorowej „Wiewiórczyn” a słupem końcowym za pomocą przeciągniętej wstępnie linki nylonowej opartej na rolkach montażowych zamocowanych do słupa w pobliżu uchwytów przelotowych. Kabel należy rozwijać z bębna kablowego bez kontaktu z ziemią oraz przeszkodami terenowymi. Po dociągnięciu kabla do słupa krańcowego (słup nr 4 na **rysunku 2.**), należy zamocować go w uchwycie końcowym na stałe zainstalowanym na słupie krańcowym oraz słupie konstrukcji wsporczej stacji transformatorowej. Parametry montażowe oraz uzbrojenie poszczególnych słupów zostały określone na **rysunku 2.** Podczas rozciągania kabla linii napowietrznej należy posługiwać się tabelą zwisów. Naciąg lub zwis należy dobrać do temperatury o  $5^\circ C$  niższej od panującej w czasie montażu.
- Kabel YAKXS 4x120 oraz kable WLZ-tów (YKYżo 5×10) po ułożeniu w wykopach, a przed ich zasypaniem, należy zainwentaryzować geodezyjnie oraz poddać badaniu w zakresie rezystancji izolacji i ciągłości żył przewodzących.
- Na końcach każdego z odcinków projektowanej linii kablowej oraz WLZ-tów należy pozostawić zapasy o wartości 1% długości (uwzględniono w obliczeniach).
- W szafkach złączowo-licznikowych, za układami pomiarowymi zużytej energii elektrycznej, w celu ograniczenia poboru mocy należy zainstalować zabezpieczenia przeciążeniowe (bez członu zwarciovego) typu ETIMAT T 3p 25 A.
- Wszelkie prace montażowe należy prowadzić zgodnie z zaleceniami katalogu [5] oraz norm: N SEP-E 003; N SEP-E 004.
- Ochrona przeciwporażeniowa – samoczynne wyłączenie zgodnie z normą PN-HD 60364-4-41:2009 oraz znowelizowaną normą N SEP-E 001.
- Po wykonaniu prac montażowych należy przeprowadzić próby i pomiary pomontażowe.



**BRADY Polska**

Dział Sprzedaży:  
+48 22 104 6262  
poland@bradycorp.com  
www.bradypol.pl


**Zakłady Kablowe BITNER Sp. z o.o.**

30-009 Kraków, ul. Józefa Friedleina 3/3  
tel. 12 389 40 24, faks 12 378 37 92  
bitner@bitner.com.pl  
www.bitner.com.pl


**Brother Polska Sp. z o.o.**

ul. Marynarska 15  
02-674 Warszawa  
tel.: 22 441 63 00  
biuro@brother.pl  
www.brother.pl


**DRUT-PLAST CABLES Sp. z o.o.**

61-719 Poznań  
ul. Gen. T. Kutrzeby 16G/137  
oferty@drutplast.com.pl  
www.drutplast.com.pl


**Nexans Power Accessories Poland sp. z o.o.**

47-400 Racibórz  
ul. Wiejska 18  
tel. 32 418 23 49  
fax 32 418 22 48  
www.nexans-power-accessories.pl


**NKT S.A.**

43-254 Warszowice  
ul. Gajowa 3  
tel. 32 757 17 00  
info.pl@nkt.com  
www.nkt.com.pl


**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


**Poltechnik Sp. z o.o. Sp. k.**

55-330 Błonie k. Wrocławia  
ul. Usługowa 2  
tel. 71 353 86 94  
info@poltechnik.pl  
www.poltechnik.pl


**SILTEC A/S**

Funder Dalgårdsvej 2-6  
DK-8600 Silkeborg  
tel. +45 868 51 800  
siltec@siltec.dk  
www.siltec.dk


**SONEL S.A.**

58-100 Świdnica  
ul. Wokulskiego 11  
tel. 74 884 10 53  
bok@sonel.pl  
www.sonel.pl

