

Podręcznik do kształcenia w zawodach **technik elektryk**
elektryk

według nowej podstawy programowej

Sławomir Kołodziejczyk

Instalacje elektryczne



Wydawnictwa Komunikacji i Łączności
Warszawa

Projekt okładki i wnętrza: *Dariusz Litwiniec*
Konsultacja merytoryczno-metodyczna: *mgr inż. Maria Krogulec-Sobowiec*
Opracowanie językowe: *mgr Barbara Gluch*
Redaktor merytoryczny: *mgr inż. Krzysztof Wiśniewski*
Redaktor techniczny: *mgr inż. Ewa Kęsicka*
Korekta: *Zespół*

Podręcznik dopuszczony do użytku szkolnego przez ministra właściwego do spraw oświaty i wychowania oraz wpisany do wykazu podręczników przeznaczonych do kształcenia w zawodach na podstawie opinii rzeczoznawców: *dr Iwony Benenowskiej, mgr inż. Tomasz Krzysztofa Madeja, mgr inż. Jolanty Gertrudy Matwiejczuk.*

Typy szkół: **technikum i zasadnicza szkoła zawodowa.**
Zawody: **technik elektryk, elektryk.**
Kwalifikacja: **E.8. Montaż i konserwacja instalacji elektrycznych.**

Rok dopuszczenia: **2016.**

621.315+621.316+628.9+696.6

Napisany zgodnie z nową podstawą programową kształcenia w zawodach, bogato ilustrowany podręcznik poświęcony instalacjom elektrycznym. Opisano w nim rodzaje przewodów i kabli elektrycznych (ich budowę, parametry, oznaczenie i sposoby łączenia), sprzęt i osprzęt w instalacjach elektrycznych, oświetlenie elektryczne (w tym m.in. parametry świetlne, rodzaje lamp, klasy i rodzaje oświetlenia, różne rodzaje opraw oświetleniowych oraz zasady oświetlania i metody obliczania natężenia oświetlenia), budowę i rodzaje instalacji elektrycznych oraz konserwację i eksploatację instalacji elektrycznych z uwzględnieniem m.in. środków ochrony przeciwporażeniowej, odgromowej i przepięciowej, zasad eksploatacji instalacji, zakłóceń w działaniu instalacji i zasad ochrony przeciwpożarowej. Na końcu każdego rozdziału zamieszczono pytania i testy kontrolne, umożliwiające uczniowi samoocenę stopnia opanowania materiału.

Odbiorcy: uczniowie kształcący się w zawodach technik elektryk i elektryk oraz uczestnicy kwalifikacyjnych kursów zawodowych w zakresie kwalifikacji E.8 (*Montaż i konserwacja instalacji elektrycznych*).

ISBN 978-83-206-1962-1

© Copyright by Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o., Warszawa 2016

Podręcznik szkolny dotowany przez Ministra Edukacji Narodowej.

Znaki handlowe oraz nazwy firm i produktów zaprezentowane lub wymienione w książce należą do ich właścicieli i zostały użyte tylko w celach informacyjnych lub ilustracyjnych.

Utwór ani w całości, ani we fragmentach nie może być skanowany, kserowany, powielany bądź rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, mechanicznych, kopiujących, nagrywających i innych, w tym również nie może być umieszczany ani rozpowszechniany w postaci cyfrowej zarówno w Internecie, jak i w sieciach lokalnych bez pisemnej zgody posiadacza praw autorskich.

Wydawnictwa Komunikacji i Łączności sp. z o.o.
ul. Kazimierzowska 52, 02-546 Warszawa

Wydanie 1. Warszawa 2016

Objętość: 24 ark. wyd. Nakład: 1500 egz.

Wiem, że wstępów na ogół się nie czyta. Panuje bowiem powszechna opinia, że są nudne, nadęte i niczego nie wnoszą. Jeśli jednak poświęcasz chwilę na przeczytanie tego tekstu, czuję się zaszczycony.

Wybierasz sobie ciekawy zawód. Śmiem nawet twierdzić, że jeden z ciekawszych. Prąd elektryczny to potężne i groźne medium. To wymagający przeciwnik, który nie wybacza pomyłek, ale jednocześnie wierny współpracownik i pomocnik w pracy, jeśli pozna się jego „reguły gry”. Ty, jako przyszły elektryk, musisz te reguły poznać i zaakceptować.

Każdy powinien być dumny ze swej pracy. Myślę, że tak będzie właśnie z Tobą, gdy po ukończeniu szkoły staniesz się prawdziwym fachowcem, świadomym swojej wartości i umiejętności. Tego właśnie Ci życzę.

Oddaję w Twoje ręce ten podręcznik. Napisałem go, aby ułatwić Ci zostanie dobrym fachowcem. Oprócz wiedzy teoretycznej znajdziesz w nim sporo porad praktycznych, będących owocem mego ponaddwudziestopięcioletniego doświadczenia w zawodzie. Porady te zawarłem głównie we fragmentach oznaczonych tytułem „Okiem praktyka”. Na końcu każdego rozdziału znajdziesz również obszerny materiał powtórzeniowy, dzięki któremu przekonasz się, czy wiadomości w nim zawarte zostały przez Ciebie należycie przyswojone. Pomoże on także w przygotowaniu do egzaminów.

Żaden podręcznik nie jest w stanie przedstawić całości zagadnień dotyczących tak obszernej gałęzi jak instalacje elektryczne. Zawód elektryka wymaga bowiem ciągłego samokształcenia. Możemy się jednak umówić, że wiedza, którą Ci tu przekazę, wystarczy... na początek. Tak aby można było rozpocząć pracę zawodową i nabierać doświadczenia. Życzę Ci powodzenia!

Przewody i kable w instalacjach elektrycznych

1

Z tego rozdziału dowiesz się:

- dlaczego miedź jest najlepszym materiałem na przewody elektryczne,
- jak są zbudowane elektryczne przewody jedno- i wielożyłowe oraz kable energetyczne,
- jak rozszyfrować oznaczenia przewodów i kabli,
- jak dobierać przewody do konkretnych zastosowań,
- w jaki sposób łączy się przewody ze sobą i z elementami urządzeń elektrycznych.

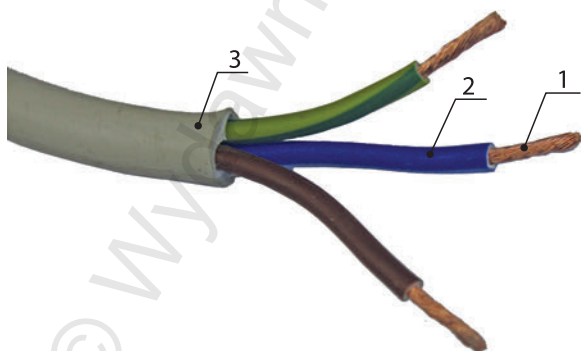
Budowa i rodzaje przewodów oraz kabli elektrycznych

1.1

Do stworzenia dowolnego obwodu elektrycznego oprócz jego elementów, czyli źródeł zasilania, odbiorników i łączników, niezbędne są przewody elektryczne, które połączą te elementy. Przewody muszą się charakteryzować przede wszystkim jak najmniejszą rezystancją, odpowiednią obciążalnością prądową i wytrzymałością mechaniczną oraz zapewnić odpowiedni poziom bezpieczeństwa użytkownika.

Przewód elektryczny składa się z następujących elementów (rys. 1.1):

- **żyły**, czyli części przewodzącej prąd;
- **izolacji** otaczającej żyłę i zapobiegającej jej zwarciu z sąsiednimi żyłami lub innymi elementami otoczenia;
- **ekranu** chroniącego żyły przed wpływem zewnętrznych pól elektromagnetycznych lub stabilizującego pole elektryczne wytwarzane przez przewód pod wysokim napięciem (te zagadnienia zostaną omówione nieco dalej);
- **warstw ochronnych**, do których należą: powłoka, pancerz oraz oploty włókniste.



Rys. 1.1

Budowa przewodu elektrycznego
1 – żyła miedziana, 2 – izolacja,
3 – powłoka

Żyłą przewodu jest elementem, który przewodzi prąd elektryczny. Wykonana jest z metalu o małej rezystancji właściwej (rezystywności). Z danych zawartych w tabelicy 1-1 wynika, że żyły przewodów powinno się wytwarzać ze srebra. Jest to metal szlachetny, czyli odporny na wpływy chemiczne, o bardzo małej rezystywności. Jednak z powodu jego wysokiej ceny używa się go tylko w obwodach elektronicznych wysokiej jakości i to najczęściej w postaci nanoszonych galwanicznie powłok lub drobnych elementów (np. nakładki styków).

Żyły większości współczesnych przewodów elektrycznych wykonuje się z miedzi. Charakteryzuje się ona małą rezystywnością, dość dużą wytrzymałością mechaniczną i odpornością na wpływ czynników środowiska. Nie jest przy tym zbyt kosztowna.

Tabl. 1-1 Rezystywność wybranych metali [14]

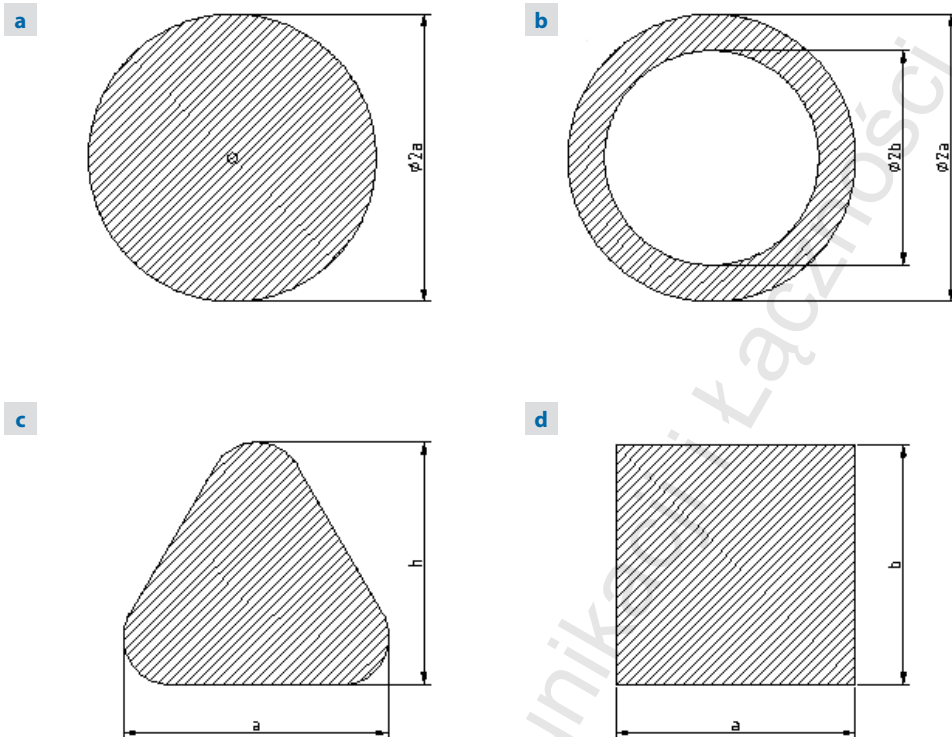
Material	Rezystywność ($\Omega \cdot m$)
Srebro	$1,59 \cdot 10^{-8}$
Miedź	$1,70 \cdot 10^{-8}$
Złoto	$2,44 \cdot 10^{-8}$
Aluminium	$2,82 \cdot 10^{-8}$
Nikiel	$6,99 \cdot 10^{-8}$
Żelazo	$10 \cdot 10^{-8}$
Platyna	$11 \cdot 10^{-8}$

Niegdyś, z powodów ekonomiczno-politycznych, w polskim budownictwie stosowano przewody o żyłach aluminiowych. Niestety, miały one wiele poważnych wad. Przede wszystkim aluminium ma małą wytrzymałość mechaniczną, więc przewody wykonane z tego materiału łatwo pękały przy wielokrotnym zginaniu. Poza tym cząsteczki tego metalu przemieszczają się powoli pod wpływem przyłożonego nacisku. Zjawisko to, nazywane „płynięciem aluminium”, powoduje obłuzowywanie żył nawet w prawidłowo zmontowanych zaciskach. Jego skutkiem było przegrzewanie się końców przewodów wewnątrz osprzętu, które powodowało częste awarie np. gniazd wtyczkowych. Kolejną wadą aluminium jest bardzo szybkie utlenianie się oczyszczonej powierzchni, które utrudnia wykonywanie prawidłowych połączeń.

Mimo opisanych wad przewody aluminiowe wykorzystuje się nadal w liniach napowietrznych i kablach energetycznych. W tych zastosowaniach małą wytrzymałość mechaniczną eliminuje się dzięki wykorzystaniu odpowiednio większego przekroju żył, a zwłaszcza w liniach napowietrznych cenna okazuje się zaleta aluminium, jaką jest jego mała masa właściwa (aluminium jest o połowę lżejsze od miedzi). Natomiast w instalacjach elektrycznych wewnątrz budynków mieszkalnych i użyteczności publicznej stosuje się tylko przewody miedziane.

W tym miejscu należy wspomnieć o sposobie wymiarowania żył przewodów. Wymiar musi być niezależny od kształtu żyły (rys. 1.2) i oczywiście bezpośrednio związany z obciążalnością prądową.

Wielkością niezależną od kształtu przewodnika jest powierzchnia jego przekroju poprzecznego. Wielkość tę przyjęto do jednoznacznego określania żył przewodów. Przekrój podajemy w milimetrach kwadratowych (mm^2). Wprowadzono znormalizowane



Rys. 1.2 Charakterystyczne wymiary do obliczania przekroju poprzecznego przewodników o zróżnicowanym kształcie
 a – przekrój kołowy ($S = \pi a^2$), b – przekrój rurowy ($S = \pi a^2 - \pi b^2$), c – przekrój sektorowy ($S = ah/2$), d – przekrój prostokątny ($S = ab$)

przekroje przewodów o następujących wartościach: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500; 625; 800 i 1000 mm². Przewody o przekrojach przekraczających 35 mm² spotyka się zwykle w instalacjach przemysłowych i sieciach przesyłowych, często w postaci tzw. szynoprzewodów.

W zależności od przeznaczenia żyły mogą być wykonywane jako druty lub linki (rys. 1.3). Przewody przeznaczone do układania na stałe nie muszą być bardzo giętkie, dlatego są wyposażone w żyły jednodrutowe (druty). Natomiast przewody do odbiorników przenośnych powinny być elastyczne, dlatego mają żyły wielodrutowe, nazywane linkami.

Okiem praktyka

Linki stosujemy do podłączania odbiorników ruchomych. Wszystkie przedłużacze oraz przewody do elektronarzędzi i odbiorników gospodarstwa domowego mają takie właśnie przewody. Również w instalacjach samochodowych stosujemy linki, ze względu na drgania występujące podczas pracy silnika i ruchu pojazdu. W urządzeniach stacjonarnych za pomocą przewodów elastycznych wykonujemy te połączenia, które podczas pracy mają być ruchome. Za pomocą elastycznych przewodów podłączymy więc np. osprzęt zamontowany na drzwiach rozdzielnic.

Do wykonywania przedłużaczy i podłączania odbiorników przenośnych nie wolno stosować przewodów z żyłami jednodrutowymi. Po krótkim użytkowaniu żyła złamie się, a przebijając ostrym końcem izolację i powłokę przewodu, może spowodować groźne porażenia elektryczne.

Warto wiedzieć, że linki o takiej samej średnicy mogą się różnić liczbą tworzących je drutów. Linka jest tym bardziej odporna na zginanie, im więcej ma włókien oraz im są one cieńsze. W przewodach stosowanych w elektronice (np. w słuchawkach) wprowadzono wiele rozwiązań mających chronić przed ułamywaniem się żył. Jednym z nich jest wykonywanie żył w postaci miedzianej plecionki na włóknie syntetycznym.

Osobną grupę stanowią aluminiowe linki do linii napowietrznych. Składają się z kilku lub kilkunastu względnie grubych drutów. Są dosyć sztywne i nie powinny być wielokrotnie zginane pod małym kątem.

Z wyjątkiem przeznaczonych do tego specjalnie linek aluminiowych lub stalowo-aluminiowych, przewody nie powinny przenosić naprężeń mechanicznych. Te przeznaczone do montażu na stałe układamy równo (po liniach prostych), ale swobodnie (nienaprężone). Również z przedłużaczami i przewodami do sprzętu przenośnego należy obchodzić się uważnie. Nie wolno zawieszać na nich ani podnosić za ich pomocą żadnego sprzętu. Przedłużacze powinny być układane lub podwieszane w taki sposób, aby nie wywoływać w nich nadmiernych naprężeń. Niedopuszczalne jest również ich ciasne skręcanie (np. owijanie ich na elektronarzędziach). W przeciwnym razie wystąpi w nich trudne do zlokalizowania przerwanie żyły, zwykle bez widocznego uszkodzenia powłoki i izolacji. Oczywiście istnieje grupa przewodów miedzianych przeznaczonych do zawieszania na konstrukcjach wsporczych. Są one wyposażone dodatkowo w specjalną linkę stalową, która przenosi obciążenia mechaniczne.

W pewnych przypadkach żyła bez izolacji może być przewodem – są to tzw. przewody gołe, przeznaczone do układania na odpowiednich izolatorach. Tak wykonuje się współczesne linie napowietrzne wysokiego napięcia oraz tak budowano kiedyś linie niskiego napięcia. We współczesnych liniach niskiego napięcia stosuje się izolowane przewody aluminiowe.



Rys. 1.3

Przykłady żył stosowanych w instalacjach elektrycznych
a – drut (przewód DY), b – linka (przewód LY)

Specyficzną grupę stanowią tzw. szynoprzewody. Są to kształtowniki (najczęściej płaskowniki, ceowniki, dwuteowniki albo rury) wykonane z miedzi lub aluminium. Montuje się je na odpowiednich izolatorach wewnątrz konstrukcji osłonowych. Służą do przesyłania dużych prądów na niewielkie odległości. Wykorzystuje się je np. do wykonywania połączeń we wnętrzach rozdzielni energetycznych, wyprowadzania energii elektrycznej z turbogeneratora do transformatora blokowego w elektrowniach i rozprowadzania zasilania w halach produkcyjnych dużych zakładów przemysłowych.

Niektóre bardzo silnie obciążone układy szynoprzewodów mogą mieć przekrój rurowy, a w ich wnętrzu może być tłoczone chłodziwo w celu intensywnego odbioru ciepła.

Zapamiętaj

- *Żyły przewodów wymiarujemy, podając ich przekrój w mm².*
- *Żyły przewodów wykonuje się z materiałów o małej rezystancji właściwej i dobrych właściwościach fizykochemicznych. Warunki te spełniają miedź i aluminium. Miedź ma większą wytrzymałość mechaniczną, aluminium zaś jest lżejsze. Ze względu na małą wytrzymałość mechaniczną aluminium stosuje się na żyły przewodów o przekroju większym niż 10 mm².*
- *Żyły przewodów produkuje się w postaci drutów o kształcie okrągłym, prostokątnym i sektorowym oraz w postaci linek. Druty stosujemy w instalacjach układanych na stałe, które nie są narażone na drgania. Linki stosuje się w przewodach wszystkich odbiorników przesylnych.*

Izolacja żyły. W celu ochrony przed zwarciem żyły przewodów pokrywa się izolacją. Stanowi ją szczelnie przylegająca do żyły rurka z materiału dielektrycznego. Jej zadaniem jest również ochrona metalu przed niekorzystnymi wpływami środowiska zewnętrznego. Materiał izolacji musi się charakteryzować:

- dużą wytrzymałością na przebicia elektryczne,
- odpowiednią elastycznością w różnych warunkach otoczenia,
- dużą wytrzymałością mechaniczną,
- odpornością na wpływ warunków środowiska zewnętrznego,
- niepalnością lub trudnozapalnością i własnościami samogasnącymi,
- niezmiennością właściwości z upływem czasu,
- niewchodzeniem w reakcje z materiałem żyły oraz powszechnie stosowanymi materiałami budowlanymi,
- nietoksycznością.

Zwykle wszystkich wymagań nie udaje się spełnić, bo nie istnieją idealne materiały izolacyjne. Wszystkie materiały izolacyjne przemysłowo produkowanych przewodów stanowią pewien kompromis w odniesieniu do podanych wymagań.

Do izolowania żył najczęściej stosuje się polwinit, czyli odpowiednio zmodyfikowany polichlorek winylu (PCV). W celu uzyskania odpowiedniej elastyczności i trwałości, oprócz PCV, zawiera on odpowiednie plastyfikatory i stabilizatory. Niestety, dodatki te pogarszają nieco właściwości dielektryczne, dlatego stosuje się go wyłącznie na izolację przewodów do 1 kV. Polwinit jest materiałem samogasnącym, odpornym na działanie chemiczne słabych kwasów i zasad oraz promieniowania ultrafioletowego. Jest elastyczny

i wytrzymały, ale w niskich temperaturach twardnieje i w razie zginania może pękać. Ulega również starzeniu, w wyniku którego staje się łamliwy. Proces ten przebiega szybciej w podwyższonych temperaturach, co obserwuje się zwłaszcza w instalacjach samochodowych.

Do izolowania przewodów i kabli powyżej 1 kV najczęściej wykorzystuje się polietylen. Podobnie jak polwinit, polietylen jest syntetycznym tworzywem termoplastycznym. Ma od niego jednak znacznie większą rezystywność właściwą i wytrzymałość na przebicia oraz charakteryzuje się mniejszymi stratami dielektrycznymi. Niestety, jest znacznie sztywniejszy i mniej odporny na złamanie. Podczas zginania mogą powstawać w nim mikrouszkodzenia, które w trakcie pracy kabla prowadzą do jego przebicia. Polietylen występuje w dwóch rodzajach: jako niesieciovany (mniej wytrzymały i tańszy) oraz sieciowany (bardziej wytrzymały i droższy). Sieciowanie polega na wytworzeniu dodatkowych wiązań poprzecznych między cząstkami polimeru, które wydatnie zwiększają jego wytrzymałość.

Polietylen stosuje się do izolowania żył w dwóch grupach kabli:

- wysokonapięciowych, o napięciu znamionowym powyżej 1 kV, w których podstawowe znaczenie ma duża odporność na przebicia;
- koncentrycznych, przeznaczonych do transmisji sygnałów wysokiej częstotliwości, w których najistotniejsze są przede wszystkim niewielkie straty dielektryczne.

Natomiast z dodatkiem wypełniacza w postaci sadzy, jako materiał przewodzący, polietylen stosuje się do wykonywania ekranów kabli.

Przypomnienie

Niektóre pojęcia mogłeś już poznać dokładniej na zajęciach z elektrotechniki, jednak przypomnimy wybrane definicje.

Straty dielektryczne to straty energii zmiennego pola elektrycznego w dielektryku zachodzące na skutek zjawiska polaryzacji dielektrycznej; nie występują one po przyłożeniu napięcia stałego (wtedy mamy do czynienia tylko z upływem, a w dielektrykach gazowych z ulotem); dla prądu przemiennego wzrastają wraz z częstotliwością; często są wyrażane za pomocą tzw. kąta stratności dielektryka.

Guma jest powszechnie wykorzystywana do izolowania przewodów z żyłami linkowymi. Jest to zwulkanizowany z dodatkiem wypełniaczy kauczuk naturalny lub syntetyczny o bardzo dobrej elastyczności oraz wytrzymałości mechanicznej i chemicznej w dużym zakresie temperatur. Guma jest wrażliwa na działanie promieniowania ultrafioletowego (UV) i pochodnych ropy naftowej. Dzięki odpowiednim modyfikacjom w procesie technologicznym uzyskuje się jednak gumy olejoodporne, pozbawione tej wady. Siarka zawarta w tym materiale reaguje z miedzią żył, powodując ich czernienie. Siarczki miedzi źle przewodzą prąd, co utrudnia wykonanie prawidłowego połączenia elektrycznego. Aby temu zapobiec, poszczególne druty składające się na linkę pokrywa się cienką warstwą cyny. Przewody w izolacji gumowej spotyka się powszechnie w elektronarzędziach i ruchomych odbiornikach warsztatowych. Ich najważniejsza zaleta polega na tym, że nie twardnieją w niskich temperaturach.

Odmianą izolacji gumowej jest izolacja z **kauczuku silikonowego**. Ten materiał charakteryzuje się dużą elastycznością, odpornością na wysoką temperaturę i trudnopalnością. Wykonuje się z niego izolację przewodów narażonych na kontakt z nagrzanymi przedmio-

tami (np. w gospodarstwie domowym do zasilania żelazek oraz kuchenek elektrycznych). Izolację z kauczuku silikonowego mają również wysokiej jakości przewody laboratoryjne.

Żyła w izolacji stanowi przewód wykorzystywany w instalacjach elektrycznych oraz okablowaniu maszyn i pojazdów. Przewody takie zapewniają podstawową ochronę użytkownika przed porażeniem, jednak przepisy bezpieczeństwa wymagają, aby były układane zawsze w osłonach (rurach instalacyjnych, listwach i in.).

Aby kilka izolowanych żył stanowiło przewód wielożyłowy, konieczne jest umieszczenie dodatkowej warstwy, która utrzyma je razem oraz ochroni przed uszkodzeniami mechanicznymi i wpływem środowiska zewnętrznego (rys. 1.4). Powszechnie używa się trzech typów takich osłon: powłoki, pancerza i odzieży. Mogą one być stosowane oddzielnie, ale równie często stanowią kolejne warstwy ochronne żył przewodów.



Rys. 1.4 Przykłady przewodów wielożyłowych
a – YDY, b – YDYp, c – OMY, d – OW (w izolacji i oponie gumowej)

Powłoka jest szczelną warstwą ochronną zapobiegającą przedostawaniu się wilgoci do wnętrza przewodu. W przewodach przeznaczonych do układania na stałe wykonuje się ją z polwinitu. Aby zapobiec sklejanemu się z izolacją żył, używa się talku. Przewody o takiej budowie nazywa się przewodami kabelkowymi. Przewody do odbiorników ruchomych również bywają pokrywane polwinitem lub gumą. Osłona taka, jeśli ma odpowiednią grubość i wytrzymałość mechaniczną, nazywa się **oponą**, a tak wykonane przewody – przewodami oponowymi.

Okiem praktyka

Przewody oponowe w polwincie wyglądają znacznie estetyczniej niż gumowe. Nie brudzą również rąk i otoczenia, dlatego są powszechnie wykorzystywane do zasilania sprzętu gospodarstwa domowego, wykonywania przedłużaczy itp. Niestety, polwinit twardnieje w niskich temperaturach, co uniemożliwia stosowanie go na zewnątrz w zimie. Niejednokrotnie można spotkać się z uszkodzoną powłoką przewodów np. do lampek choinkowych, w których stosuje się przewody oponowe w polwincie. Zwykle nie zwraca się uwagi, czy dany komplet lampek choinkowych jest przeznaczony do pracy w pomieszczeniach, czy też na zewnątrz. Prowadzi to do bardzo niebezpiecznych sytuacji, które można opisać prostym równaniem:

prąd elektryczny + uszkodzona izolacja + wilgotne podłoże = niebezpieczny wypadek.

Nie bez przyczyny atestowane komplety oświetleniowe przeznaczone do pracy na zewnątrz kosztują kilka razy drożej niż bazarowa tandeta.

Wszędzie tam, gdzie mogą występować niskie (zwłaszcza ujemne) temperatury, należy stosować przewody oponowe w gumie lub gumie silikonowej. Dotyczy to przede wszystkim elektronarzędzi, urządzeń warsztatowych i wszelkich przedłużaczy używanych w przemyśle. Opona gumowa jest również znacznie bardziej wytrzymała mechanicznie, dlatego przewody oponowe są odporne np. na przejechanie kołami samochodowymi.

Przewody kabelkowe i oponowe nie są jednak aż tak wytrzymałe, aby można je było układać w ziemi lub wodzie. Do tego celu służą kable (rys. 1.5). Mają one powłokę o zwiększonej wytrzymałości i szczelności.



Rys. 1.5 Kable energetyczne

a – YKY z okrągłymi żyłami miedzianymi, *b* – YAKY z sektorowymi żyłami aluminiowymi

Pancerz jest osłoną ochronną powstałą przez owinięcie przewodu taśmą lub drutem stalowym w celu ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi. Pancerz z reguły zakłada się na powłokę z gumy lub tworzywa sztucznego. Tak zabezpieczony przewód nazywamy przewodem uzbrojonym.

Odzież przewodu stanowi warstwa materiału włóknistego nałożonego na izolację lub powłokę przewodu w celu zabezpieczenia go przed wpływami zewnętrznymi. Powszechnie stosowanymi przewodami tego rodzaju są sznury mieszkaniowe, czyli przewody o żyłach z linki miedzianej, izolowane kauczukiem silikonowym lub gumą i oplecione opłotem bawełnianym. Przewody takie stosuje się w domowych odbiornikach elektrycznych, takich jak żelazka i kuchenki elektryczne, ponieważ dotknięcie takiego przewodu do gorącej powierzchni nie powoduje nadtapiania jego powłoki.

Ekran jest cienką warstwą wykonaną z metalu (folia aluminiowa lub opłot z cienkich drutów miedzianych) bądź przewodzącego tworzywa (np. polietylen z dodatkiem grafitu) stosowaną w celu zapobieżenia indukowaniu zakłóceń przez zewnętrzne pola magnetyczne (przewody do zastosowań informatycznych, telekomunikacyjnych i akustycznych)

albo stabilizacji rozkładu pola elektrycznego wokół żyły (kable wysokonapięciowe). Ekran z reguły jest uziemiany na końcu kabla lub przewodu.

Zapamiętaj

— **Isolacja to szczelna rurka obejmująca żyłę przewodu. Musi się charakteryzować dużą rezystancją i odpornością na wpływ czynników zewnętrznych.**

— **Przewody wielożyłowe mają dodatkowe warstwy ochronne, takie jak powłoka, opona i inne, mające utrzymywać razem i osłaniać izolowane żyły.**

— **W ziemi układa się wyłączanie kable.**

Ponieważ produkuje się wiele odmian przewodów i kabli, niezbędny jest znormalizowany system ich oznaczania. Niestety, część producentów, zwłaszcza azjatyckich, używa własnej symboliki, co utrudnia rozeznanie w przeznaczeniu danego wyrobu. W tablicy 1-2 przedstawiono symbole literowe oznaczeń wybranych przewodów i kabli stosowanych powszechnie w Polsce.

Tabl. 1-2 Oznaczenia wybranych przewodów i kabli [14]

Budowa	Oznaczenie	Przykład
Konstrukcja żył		
— jednodrutowa (druć)	D	DY
— wielodrutowa (linka)	L	LY
— wielodrutowa giętka (linka giętka)	Lg	LgY
Materiał żyły		
— miedź	(brak)	YKY
— aluminium	A	YAKY
Materiał izolacji lub powłoki		
— polwinit	Y	YKY
— polwinit samogasnący	Yn	YnTKSXekw
— polwinit benzenopodobny	Yb	YbKSY
— polietylen niesieciowany	X	XTKMXPw
— polietylen sieciowany	XS	YAKXS
— polietylen z zaporą przeciwwilgotnościową	Xz	XzTKMXP
— polietylen piankowy	Xp	XzTKMXP
— guma (przewód oponowy)	G (O)	OPd
Pancerz		
— taśma stalowa	Ft	YKYFty
— taśma stalowa lakierowana	Ftl	YKYFtly
— taśma z drutów stalowych okrągłych	Fo	YKYFoy
— taśma z drutów stalowych płaskich	Fp	YKYFp
Ekran		
— wspólny	ekw	YbStYekw
— pary indywidualnie ekranowane	ekp	YTKSYekp
— taśmowy	ekt	YstYekt
— z drutu	eko	YStYekt

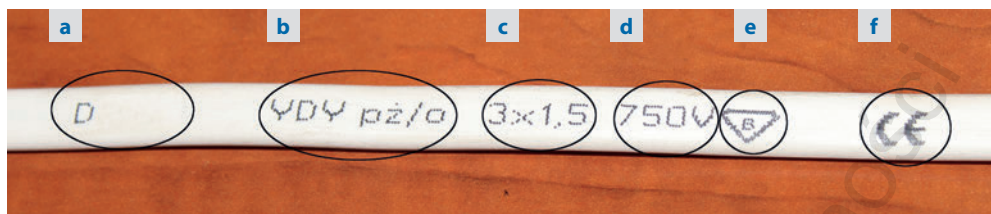
Tabl. 1-2 cd.

Budowa	Oznaczenie	Przykład
Oznaczenie dodatkowe		
— wtykowy	t	YDYt
— wzmocniona izolacja	d	OPd
— ciepłoodporny	c	DYc
— płaski	p	YDYp
— samonośny	s	AsXS
— niepalny (bezhalogenkowy)	n (N)	AsXSn
— żyła z izolacją żółto-zieloną	zo	YKYzo
— górniczy	G	YKGYtlyn
— sterowniczy	ST	YSTYzo
— sygnalizacyjny	S	YKSY9OS
— spawalniczy	OS	OS
Do odbiorników ruchomych i przenośnych		
— sznur mieszkaniowy	SM	SMYp
— przewód oponowy warsztatowy	OW	OWY
— przewód oponowy mieszkaniowy	OM	OMYm
— przewód oponowy przemysłowy	OP	OPd
— przewód radiofoniczny	RP	XRPX
Do instalacji samochodowych	-S	YLY-S
Telekomunikacyjne		
— stacyjny	TKS	TKS
— miejscowy	TKM	XzTKMXw
— instalacyjny	J- (St)	J-Y(St)Y
— do sygnałów alarmowych	TKS	YnTKSYekw
— słaboprądowy	T	TDY
Komputerowe		
— nieekranowany	UTP	UTP
— ekranowany	FTP	FTP
— indywidualnie ekranowane pary żył	STP	STP
— indywidualnie ekranowane pary żył oraz ekran wspólny	S-STP	S-STP
Optotelekomunikacyjne		
— rozetowy	OTKr	XOTKrd
— tubowy	OTKt	YOTKrt

Oznaczenie przewodu zawiera symbol literowy, liczbę żył oraz przekrój pojedynczej żyły, z tym że w oznaczeniu przewodu jednożyłowego cyfra jeden nie występuje.

Sposoby oznaczania przewodów (rys. 1.6) najłatwiej omówić na przykładach. Na początek weźmy prosty symbol przewodu jednożyłowego „DY 2,5”. Zgodnie z oznaczeniami w tabelicy 1-2 widzimy, że mamy do czynienia z jednożyłowym drutem (D) miedzianym (brak symbolu materiału) w izolacji polwinitowej (Y) o przekroju 2,5 mm². Przewodów tego rodzaju używa się do układania instalacji w osłonach w postaci rur lub listew instalacyjnych.

Rozpatrzmy teraz oznaczenie równie powszechnie używanego przewodu wielożyłowego „YDYp 3×1,5”. Pierwszy symbol (Y) oznacza powłokę polwinitową, następny (D)



Rys. 1.6 Przykład oznaczenia przewodu

a – nazwa producenta, *b* – rodzaj przewodu, *c* – liczba żył i ich przekrój w mm², *d* – napięcie znamionowe, *e* – symbol polskiego certyfikatu bezpieczeństwa, *f* – symbol europejskiego certyfikatu bezpieczeństwa

– drut miedziany (brak symbolu materiału) w izolacji polwinitowej. Przewód ten ma trzy żyły (3x) o przekroju 1,5 mm² każda (1,5) ułożone płasko obok siebie (p). Należy on do grupy przewodów kablkowych, powszechnie stosowanych w instalacjach w i na tynku.

Jeśli w symbolu po oznaczeniu materiału żyły wystąpi litera „K”, będziemy mieli do czynienia z kablami. I tak np. „YAKY 4x16” oznacza kabel o czterech żyłach aluminiowych, o przekroju 16 mm² każda, w izolacji i powłoce polwinitowej. Jest on powszechnie używany do wykonywania przyłączy kablkowych do budynków jednorodzinnych.

Nieco mylący może być symbol przewodu służącego do wykonywania linii napowietrznych izolowanych, czyli „AsXS 5x32”. Przez elektryków jest on nazywany plecionką. Zawiera pięć żył z linki aluminiowej w izolacji z polietylenu sieciowanego, luźno splecionych ze sobą bez żadnej dodatkowej powłoki. Mała litera „s” oznacza, że mamy do czynienia z przewodem samonośnym, czyli takim, którego można używać w liniach napowietrznych.

Również przewody przeznaczone do odbiorników ruchomych mają nieco inny układ liter w symbolu. Odbiorniki ruchome to takie, które nie są na stałe przymocowane do podłoża ani ścian. Należą do nich m.in. elektronarzędzia, sprzęt agd oraz odbiorniki zainstalowane na ruchomych ramionach. Nie musimy tu oznaczać ani budowy, ani materiału żyły, gdyż zawsze będzie to linka miedziana. Oznaczamy więc:

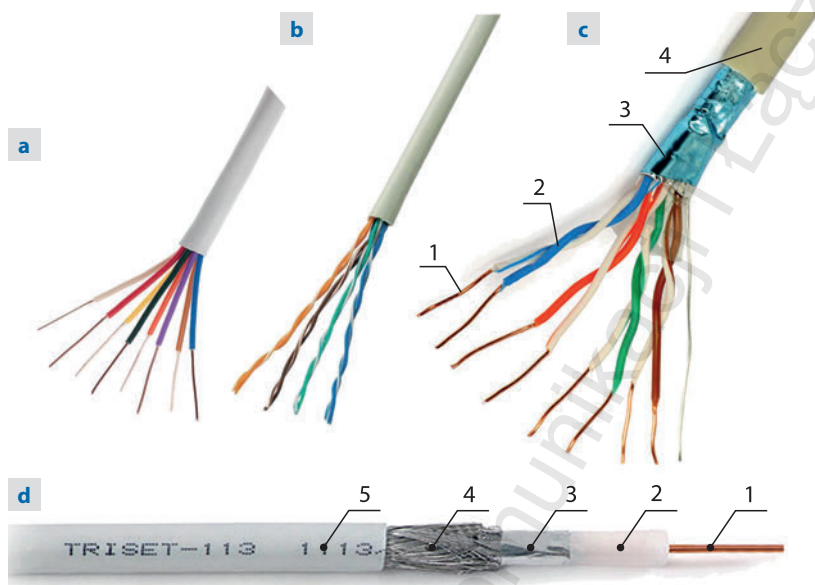
- rodzaj przewodu, który w tym przypadku może być jedynie sznurem (S) lub przewodem oponowym (O);
- materiał izolacji, ale tylko w przypadku polwinitu (Y), gdyż w przypadku gumy symbolu nie umieszczamy;
- przeznaczenie przewodu: przemysłowy (P), warsztatowy (W) lub mieszkaniowy (M);
- informacje dodatkowe: przewód płaski (p) lub zbudowany na napięcie wyższe od 1 kV (w).

W ten sposób możemy rozszyfrować symbol „OW 5x4” jako przewód oponowy warsztatowy o pięciu żyłach w postaci linki miedzianej o przekroju 4 mm² każda, w izolacji i oponie gumowej. Natomiast symbol „SM 3x1,5” odczytujemy jako sznur mieszkaniowy, czyli przewód o trzech żyłach z linki miedzianej o przekroju 1,5 mm² każda, w izolacji gumowej oraz oplocie z przędzy bawełnianej. Stosowany jest on najczęściej do zasilania żelazek, prądzi i innych urządzeń gospodarstwa domowego.

Nieco inny system obowiązuje w oznaczaniu przewodów telekomunikacyjnych i komputerowych (rys. 1.7). Symbol „UTP 4x2x0,5” oznacza przewód mający cztery skręcone osobno pary żył o przekroju 0,5 mm² każda, izolowanych polwinitem i umieszczonych w powłoce polwinitowej. Przewód ten nie ma ekranu. Jak zapewne zauważasz, w przy-

padku przewodów telekomunikacyjnych podaje się liczbę par żył, a żyły zawsze są skręcane po dwie. Zmniejsza to wzajemny wpływ transmitowanych nimi sygnałów.

Instalacje telewizyjne prowadzi się natomiast przewodami koncentrycznymi, oznaczonymi np. „YWDXpek 75-0,75/4,8”. Symbol ten możemy odczytać jako przewód koncentryczny (W) wysokiej częstotliwości o żyłe z drutu miedzianego o przekroju $0,75 \text{ mm}^2$ w izolacji z polietylenu o średnicy 4,8 mm, z ekranem w postaci oplotu z drutu miedzianego na folii aluminiowej. Jego powłoka jest wykonana z polwinitu.



Rys. 1.7

Przewody teletechniczne

a – przewód telefoniczny z żyłami żelowanymi, b – „skrętka” ethernetowa nieekranowana (UTP), c – „skrętka” ethernetowa ekranowana (FTP; 1 – żyła z drutu miedzianego, 2 – izolacja żyły, 3 – ekran z folii aluminiowej, 4 – powłoka przewodu), d – przewód koncentryczny ekranowany (telewizyjny; 1 – żyła z drutu miedzianego, 2 – izolacja żyły, 3 – ekran z folii aluminiowej, 4 – ekran w postaci oplotu z drutu, 5 – powłoka przewodu)

Okiem praktyka

Może się wydawać, że przedstawiony powyżej system oznaczeń jest skomplikowany i trudny do zapamiętania. Z drugiej strony, idąc do sklepu z artykułami elektrycznymi, możemy spotkać elektryków biegle posługujących się symbolami przewodów i kabli. Czy wszyscy oni uczą się na pamięć długich tabel wyrobów? Oczywiście, że nie.

W praktyce, w instalacjach mieszkaniowych oraz budynków użyteczności publicznej używa się niezbyt licznej grupy przewodów, do których należą:

- przewody jednożyłowe (DY oraz LY),
- przewody kablkowe (YDY oraz YDYp),
- przewody do odbiorników ruchomych (OW, OWY, OM, OMY, SM),
- kable (YAKY, YKY),
- przewód do przyłączy napowietrznych (AsXS),

- przewody do instalacji komputerowych, telefonicznych i alarmowych (TDY, UTP, FTP),
- przewody do instalacji anten telewizyjnych (np. YWDXpek).

Do wąskich, specjalistycznych zastosowań stosuje się przewody o innym oznaczeniu. Dla tego też zdecydowana większość elektryków posługuje się katalogami, w których po oznaczeniu potrafią ocenić, do jakiego konkretnego zastosowania można przeznaczyć dany przewód.

Ważnym parametrem przewodów antenowych (nazywanych popularnie koncentrykami) jest impedancja falowa. Zazwyczaj wynosi ona 75 Ω .

Nie znaczy to jednak, że po podłączeniu do tego przewodu omomierza uzyskasz taką właśnie wartość. Omomierz, jak dla każdego innego przewodu, wskaże nieskończoność, jeśli będziesz mierzył między żyłą a oplotem, albo wartość bliską zera dla samej żyły lub oplotu. O co więc chodzi?

Impedancję falową można zmierzyć tylko wtedy, kiedy do falowodu (przewód koncentryczny jest falowodem) przyłożą się przemienne napięcie wysokiej częstotliwości i zmierzy się wywołane przez nie natężenie prądu. Następnie, korzystając z prawa Ohma, można obliczyć wartość impedancji.

Drugi ciekawy parametr to współczynnik skrócenia fali. Jest on istotny, gdy przewód koncentryczny ma współpracować z nadajnikiem. Przewód musi mieć wtedy taką długość, aby stanowił wielokrotność długości połówki fali. Fala elektromagnetyczna w ośrodku takim jak izolacja polietylenowa porusza się wolniej niż w powietrzu, dlatego dla takiej samej częstotliwości ma mniejszą długość. Stosunek długości fali w powietrzu do długości fali w przewodzie dla takiej samej częstotliwości stanowi właśnie współczynnik skrócenia fali. Dla polietylenu wynosi on aż 0,6.

Czy wiesz, że...

W eksploatacji przewodów elektrycznych kluczowe znaczenie ma napięcie znamionowe, na które wykonano izolację żył. Oznacza się je, podając pojedynczą wartość napięcia dla przewodów jednożyłowych oraz dwie wartości napięcia dla przewodów wielożyłowych. Może to być np. $U_n = 300/500$ V (U_n to napięcie znamionowe, czyli takie, na które przewód lub urządzenie zostały zbudowane i mogą pracować w sposób ciągły). Pierwsza liczba oznacza dopuszczalną wartość skuteczną napięcia między żyłą a ziemią lub ekranem, a druga – dopuszczalne napięcie między poszczególnymi żyłami. Produkuje się przewody instalacyjne na napięcia 300/300 V, 300/500 V, 450/750 V oraz 600/1000 V. Dla przewodów używanych w instalacjach mieszkaniowych do zasilania odbiorników jednofazowych powinno być co najmniej $U_n = 300/300$ V, natomiast do zasilania odbiorników trójfazowych – przynajmniej $U_n = 300/500$ V. Kable energetyczne produkuje się na napięcie 1000/1000 V.

Rozważmy więc pełne oznaczenie przewodu z rysunku 1.6 – YDY pzo 3 \times 1,5 750V. Jest to przewód trójżyłowy, o żyłach jednodrutowych zbudowanych z miedzi o przekroju 1,5 mm². Izolację żył i powłokę wykonano z polwinitu. Przewód ten ma żyłę ochronną o izolacji żółto-zielonej. Producent oznaczył na nim tylko jedno napięcie (wyższe), ale można wnioskować, że jest to przewód o napięciu znamionowym 450/750 V, czyli o znamionowym napięciu fazowym 450 V i znamionowym napięciu międzyfazowym 750 V. Jest to przewód płaski, przeznaczony do układania na stałe w pomieszczeniach suchych i wilgotnych na tynku lub pod tynkiem. Bywa również chętnie stosowany w instalacjach wtykowych, jeśli grubość tynku umożliwia jego zamontowanie.

W tym miejscu warto wspomnieć o wszelkiego typu przewodach telekomunikacyjnych oraz przeznaczonych do sieci komputerowych. Mają one izolację żył przewidzianą na napięcie nieprzekraczające 100 V. Zresztą zwykle pracują przy znacznie niższym napięciu. Przewody telefoniczne pracują pod napięciem ok. 60 do 80 V, natomiast w systemach alarmowych i sieciach komputerowych panuje napięcie 5 do 24 V. Niedopuszczalne jest stosowanie takich przewodów w instalacjach zasilanych napięciem sieciowym 230/400 V. W najlepszym przypadku może się to skończyć przebiciem i zadziałaniem bezpieczników, w najgorszym – pożarem lub porażeniem.

Przewody na napięcia wyższe niż 1 kV (rys. 1.8) mają izolację z polietylenu sieciowego, który jest odporniejszy na przebicia. Często również są one wyposażone w ekrany wokół poszczególnych żył, mające zapewnić równomierny rozkład pola elektrycznego. Przebicia bowiem występują najczęściej tam, gdzie linie pola się zagęszczają.



Rys. 1.8

Przewód wysokiego napięcia

Zapamiętaj

- Każdy przewód jest opisany literowym symbolem określającym jego rodzaj i przeznaczenie. Oznaczenie zawiera również liczbę i przekrój żył.
- Jednym z ważniejszych parametrów określających przewód jest jego napięcie znamionowe, które składa się z dwóch wartości wyrażonych w voltach. Pierwsza określa dopuszczalne napięcie między dowolną żyłą a ziemią, druga – między żyłami.

Światłowody (rys. 1.9) są specjalną grupą przewodów telekomunikacyjnych. Medium, które one transmitują, nie jest prąd elektryczny, lecz światło. Ich żyły są cienkimi włóknami ze szkła kwarcowego lub specjalnych tworzyw sztucznych. Światłowody są przystosowane do transmisji impulsów światła podczerwonego o odpowiedniej długości fali. Spotyka się również światłowody przeznaczone do transmisji światła widzialnego w systemach oświetleniowych. Stosowano je np. do wprowadzania światła pod wodę lub w inne miejsca, w których bezpośrednia instalacja opraw oświetleniowych byłaby kłopotliwa.



Rys. 1.9

Światłowody
a – kabel światłowodowy wielowłóknowy, *b* – światłowód z zamontowanymi wtykami (*patchcord*)



Rys. 1.10

Przewody grzewcze
a – jednożyłowy, *b* – dwużyłowy
 z metalowym elementem grzejnym,
c – dwużyłowy z „inteligentnym”
 polimerowym materiałem grzejnym

Warto wspomnieć również o specyficznym rodzaju przewodów, które właściwie są odbiornikami energii elektrycznej. Chodzi tu o przewody grzejne, nazywane także grzewczymi (rys. 1.10). Stosuje się je przede wszystkim do budowy systemów ogrzewania podłogowego, ale także do odmrażania schodów, podjazdów i rynien. Używa się ich również do ochrony elementów instalacji wodociągowych narażonych na zamarzanie. Produkuje się je w dwóch podstawowych odmianach: jako jedno- lub dwużyłowe.

Jednożyłowy przewód grzejny ma żyłę wykonaną najczęściej z chromonikieliny o znacznej rezystancji. Jego izolację i powłokę stanowi ciepłoodporny polwinit. Aby chronić użytkowników przed nadmierną emisją pola magnetycznego, między izolacją i powłoką znajduje się gęsty ekran miedziany. Przewód podłączony do zasilania stanowi zamkniętą pętlę (podłącza się go tak jak rezystor, oboma końcami). Jego rezystancja zależy od długości, dlatego długość poszczególnych odcinków jest ustalana przez producenta i należy jej bezwzględnie przestrzegać. Zbyt krótki przewód będzie się przegrzewał (wytworzy więcej ciepła niż może rozproszyć w założonej temperaturze), natomiast zbyt długi będzie grzał zbyt wolno i słabo.

W dwużyłowym przewodzie elementem grzejnym jest warstwa izolacji znajdująca się między żyłami. Stanowi ją polimer z dość znacznym dodatkiem grafitu. To właśnie węgiel jest czynnikiem przewodzącym. Przewód tego rodzaju zasilamy tylko z jednego końca. Na drugim żyły muszą być tak zabezpieczone po ich ucięciu, aby nie nastąpiło zwarcie między nimi ani innymi obiektami otoczenia. Robi się to, nasuwając zwykle specjalny kapturek. Przewód dwużyłowy ma również ekran i zewnętrzną powłokę z odpornego na ciepło polwinitu. Jego moc zależy od długości (producent podaje moc przypadającą na 1 metr przewodu oraz maksymalną moc dopuszczalną całości). Jest ona istotna, ponie-

waż prąd na początku przewodu jest wynikiem tej mocy i żyły muszą go wytrzymać. Można więc stosować krótkie odcinki, ale nie wolno nadmiernie wydłużać pojedynczego obwodu.

W sprzedaży pojawiły się również „inteligentne” przewody grzejne. Rezystancja znajdującego się między ich żyłami materiału oporowego zależy od temperatury. Jeśli przewód jest silnie chłodzony, jego moc jednostkowa rośnie. Gdy odbiór ciepła jest mniejszy i temperatura rośnie, ilość ciepła wytwarzanego przez przewód maleje, aby ustać zupełnie po osiągnięciu temperatury założonej przez producenta.

Na polskim rynku występują przede wszystkim przewody oznaczane według **niezharmonizowanej polskiej normy** PN-E 90411:1993 wycofanej w 2002 roku, określane mianem przewodów niezharmonizowanych. Ten system oznaczeń był opisywany dotychczas w niniejszym podręczniku. Pomimo wycofania normy przedstawiony system oznaczeń nadal jest bardzo popularny wśród elektryków i zapewne jeszcze długo będzie stosowany przez producentów.

Na rynku pojawiają się również przewody oznaczone według **zharmonizowanej normy europejskiej** PN-HD 361 S3:2002 (tabl. 1-3). W normie tej zawarto system oznaczania tzw. zharmonizowanych kabli i przewodów o napięciu znamionowym do 450/750 V. Oznaczenia przewodów zharmonizowanych składają się zawsze z dziewięciu pozycji.

Tabl. 1-3. Oznaczenia przewodów zharmonizowanych (wg PN-HD 361 S3:2002)

Grupa informacji	Symbol	Informacje o przewodzie
Identyfikacja	H	Typ zharmonizowany
	A	Typ niezharmonizowany
Napięcie znamionowe	03	300/300 V
	05	300/500 V
	07	450/750 V
Materiał izolacyjny	V	Polichlorek winylu (PVC)
	V2	Ciepłoodporny polichlorek winylu (PVC)
	R	Guma z kauczuku naturalnego lub syntetycznego
	N	Guma chloroprenowa
	S	Guma silikonowa
	J	Oplot z włókna szklanego
	T	Oplot bawełniany
Materiał powłokowy	V	Polichlorek winylu (PVC)
	V2	Ciepłoodporny polichlorek winylu (PVC)
	R	Guma z kauczuku naturalnego lub syntetycznego
	N	Guma chloroprenowa
	S	Guma silikonowa
	J	Oplot z włókna szklanego
	T	Oplot bawełniany

Grupa informacji	Symbol	Informacje o przewodzie
Kształt budowy zewnętrznej	Brak symbolu	Przewód okrągły
	H	Przewód płaski podatny na rozdzielanie żył
	H2	Przewód płaski niepodatny na rozdzielanie żył
Myślnik	-	
Budowa żyły	U	Jednodrutowa
	R	Wielodrutowa
	K	Giętka do układania na stałe
	F	Giętka do odbiorników ruchomych
	H	Bardzo giętka
	Y	Supergiętka
Liczba żył	Cyfry	np. 3
Żyła ochronna	X	Bez żyły żółto-zielonej
	G	Z żyłą żółto-zieloną
Przekrój żyły w mm ²	Cyfry	np. 1,5

Przykładowy przewód z rysunku 1.6 (oznaczony wg poprzednio stosowanej polskiej normy jako YDY pžo 3×1,5 750V) według normy zharmonizowanej miałyby oznaczenie H 07 V V H2 – U 3 G 1,5.

Pewien kłopot identyfikacyjny mogą budzić oznaczenia „H – przewód płaski podatny na rozdzielanie żył” oraz „H2 – przewód płaski niepodatny na rozdzielanie żył”. Ich rozróżnienie nie jest jednak trudne. Symbol „H” jest niejako odpowiednikiem dawnego symbolu „t” oznaczającego przewód wtynkowy, czyli taki, w którym żyły można było rozdzielić, nie pogarszając właściwości powłoki. Symbol „H2” odpowiada starszemu symbolowi „p”, który opisywał przewód płaski, taki jak w powyższym przykładzie i na rysunku 1.6.

Oddziaływanie prądu elektrycznego w przewodach i kablach

1.2

Płynący w przewodzie prąd elektryczny wywołuje skutki dynamiczne oraz cieplne. Pierwsze wynikają z oddziaływania na siebie pól magnetycznych powstających wokół przewodników, w których płynie prąd. Natomiast drugie polegają na wydzielaniu się ciepła zgodnie z prawem Joule’a-Lenza (wym. Dżula-Lenca).

Przypomnienie

Prawo Joule’a-Lenza

Ilość ciepła wydzielanego podczas przepływu prądu elektrycznego przez przewodnik jest wprost proporcjonalna do iloczynu oporu elektrycznego przewodnika, kwadratu natężenia prądu i czasu jego przepływu. Ilość wydzielonego ciepła Q można wyrazić wzorem

$$Q = R I^2 t \quad (1.1)$$

gdzie:

I – natężenie prądu elektrycznego,

R – opór elektryczny przewodnika,

t – czas przepływu prądu.

Wzajemne oddziaływanie przewodników z prądem

Dwa przewody równoległe, w których płyną prądy o natężeniach I_1 oraz I_2 oddziałują na siebie siłą proporcjonalną do iloczynu tych natężeń, a odwrotnie proporcjonalną do odległości między przewodami. Siła ta zależy również od przenikalności magnetycznej środowiska, w którym znajdują się przewody i długości czynnej przewodów. Siłę tę można przedstawić za pomocą zależności

$$F_{12} = F_{21} = \frac{\mu I_1 I_2}{2\pi a} l \quad (1.2)$$

gdzie:

I_1, I_2 – prądy płynące w przewodnikach,

a – odległość między przewodami,

μ – przenikalność magnetyczna środowiska,

l – długość czynna przewodów.

Wzajemne dynamiczne oddziaływanie przewodników w instalacjach mieszkaniowych, ze względu na niezbyt duże prądy, może być pominięte. Siły te osiągają znaczne wartości w przemysłowych instalacjach specjalistycznych (np. zasilania elektrod pieców łukowych lub zgrzewarek, w których natężenie prądu sięga kilkuset kiloamperów). Zdarza się jednak, że na skutek uderzenia pioruna siły dynamiczne między przewodami instalacji mieszkaniowej mogą być tak duże, że wyrwą przewody z tynku.

Z punktu widzenia projektowania i wykonywania instalacji elektrycznych oddziaływania cieplne mają znacznie większe znaczenie niż oddziaływania dynamiczne. Każdy przewód elektryczny charakteryzuje określona wartość rezystancji, dlatego podczas przepływu prądu będzie się w nim wydzielało ciepło. Temperatura przewodu będzie rosła, aż osiągnie taką wartość, przy której ilość ciepła wytwarzanego zrównoważy się z ilością ciepła odprowadzanego do otoczenia. Ilość ciepła wytworzonego w jednostce czasu zależy tylko od natężenia prądu i rezystancji przewodu. Natomiast ilość ciepła odprowadzanego do otoczenia zależy od przenikalności cieplnej materiałów składających się na izolację i powłoki kabla oraz przenikalności i temperatury otoczenia. Niestety, materiały izolacyjne, takie jak polietylen, polwinil czy guma, nie najlepiej przewodzą ciepło. Dwa pierwsze są również tworzywami termoplastycznymi, więc mięknią i płyną po przekroczeniu granicznej temperatury. Dla gumy przegrzanie również nie jest korzystne. Wynika stąd, że żyły przewodów muszą być tak obciążane, aby nie wytwarzały nadmiernej ilości ciepła.

Ze względu na długotrwałą obciążalność prądową przekrój przewodów dobiera się na podstawie tablic długotrwałej obciążalności przewodów zawartych w normie PN-IEC 60364-5-523:2001 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała przewodów”.

Spełnienie wymagań tej normy zapewnia odpowiednią trwałość żył i izolacji poddawanych cieplnemu działaniu prądu płynącego długotrwale w warunkach normalnej eksploatacji.

Przekrój przewodów powinien być dobierany w taki sposób, aby nie przekroczyć dopuszczalnej temperatury, do której żyły przewodów mogą być nagrzane przez nieograniczony czas bez ryzyka uszkodzenia izolacji. Wynosi ona odpowiednio dla:

- gumy naturalnej: 60°C,
- polwinitu (PVC): 70°C,
- polietylenu sieciowanego (XLPE) oraz gumy etylenowo-propylenowej: 90°C.

Prądy obciążenia przewodów miedzianych przedstawione w tablicy 1-4 obliczono dla temperatury otoczenia 25°C.

Dla kabli energetycznych układanych w ziemi wartości prądów obciążenia podano w tablicy 1-5.

Analizując dane zawarte w tablicach 1-4 i 1-5, łatwo można zauważyć, jak duże są różnice obciążenia przewodów o takim samym przekroju w zależności od warunków pracy. Ta sama żyła miedziana przewodu wielożyłowego o przekroju 35 mm² ułożonego w rurce instalacyjnej pod tynkiem może przewodzić prąd 88 A, a w umieszczonym w ziemi kablu – aż 135 A. W pierwszym przypadku przewód jest otoczony źle przewodzącym powietrzem, rurą z tworzywa sztucznego i tynkiem, w drugim zaś spoczywa w dobrze odprowadzającej ciepło wilgotnej ziemi.

Jak korzystać z danych zawartych w tablicach? Załóżmy, że mamy podłączyć jednofazowy piec o prądzie znamionowym $I_n = 18$ A. Fragment instalacji ma być wykonany trójżyłowym przewodem YDY prowadzonym na uchwytach bez żadnych dodatkowych osłon. Spoglądamy do tablicy 1-4. W kolumnie C (na uchwytach naściennych, przewody wielożyłowe) odnajdujemy kolumnę 2 i wreszcie w kolumnie I_{dd} odnajdujemy wartość 21 A. Odpowiada ona przekrojowi żył 1,5 mm². Jeśli jednak musielibyśmy ułożyć przewód w rurce instalacyjnej, to należałoby użyć przewodu o przekroju żył 2,5 mm².

Dlaczego obciążalność przewodu trójżyłowego sprawdzamy w kolumnie oznaczonej jako dwie żyły obciążone? Dlatego, że w tym przypadku trzecia jest żyłą ochronną PE (żółto-zieloną) i podczas normalnej pracy nie płynie w niej prąd.

Mogłoby się wydawać, że w instalacjach oświetleniowych, w których prąd zasilający np. świetlówkę kompaktową ma małą wartość (poniżej 1 A), możemy używać bardzo cienkich przewodów. Oczywiście, stosując tylko obliczenia cieplne, dojdziemy do wniosku, że żyły przystosowane do przepływu tak małego prądu mogą mieć przekrój zaledwie ok. 0,3 mm². Niestety, miałyby one zbyt małą wytrzymałość mechaniczną, ponieważ izolacja byłaby wielokrotnie grubsza od samej żyły. Ponadto przewód taki byłby krytycznie wręcz wrażliwy na zwarcia i przeciążenia. Z podanych powodów w instalacjach zasilających w zasadzie nie stosuje się przewodów o żyłach cieńszych niż 1 do 1,5 mm². W tym miejscu należy również wspomnieć o wymaganiach dotyczących przekroju żyły ochronnej. W przewodach wielożyłowych o przekroju żył mniejszym niż 16 mm² przekrój żyły ochronnej powinien być identyczny jak żył roboczych. W przewodach o przekroju żył od 16 do 35 mm² wynosi on 16 mm², a w przewodach o przekroju żył powyżej 35 mm² – połowę przekroju żyły roboczej.

Tabl. 1-4 Obciążalność długotrwała żył przewodów w zależności od ich przekroju poprzecznego i sposobu ułożenia [14]

Oznaczenia	A1			A2			B1			B2			C					
	W rurkach i kanałach instalacyjnych pod tynkiem						W rurkach, kanałach i listwach instalacyjnych na ścianie						Na uchwytach naciennych					
	Przewody jednożyłowe			Przewody wielożyłowe			Przewody jednożyłowe			Przewody wielożyłowe			Przewody jednożyłowe			Przewody wielożyłowe		
Liczba przewodów obciążonych	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3		
																	I_{dd}	I_b
Przekrój [mm ²]	I_{dd}	I_b	I_{dd}	I_b	I_{dd}	I_b	I_{dd}	I_b	I_{dd}	I_b	I_{dd}	I_b	I_{dd}	I_b	I_{dd}	I_b		
1,5	16	16	14	10	18	16	14	10	18	16	16	16	16	16	21	18		
2,5	21	20	19	16	19	16	18	16	25	25	22	20	21	20	29	25		
4	28	25	25	25	27	25	24	20	34	32	30	25	32	29	38	34		
6	36	35	33	32	34	32	31	25	43	40	38	35	40	35	49	43		
10	49	40	45	40	46	40	41	40	60	50	53	50	55	50	67	60		
16	65	63	59	50	60	50	55	50	81	80	72	63	73	66	90	81		
25	85	80	77	63	80	80	72	63	107	100	94	80	95	85	119	100		
35	105	100	94	80	98	80	88	80	133	125	117	100	118	100	146	125		
50	126	125	114	100	117	100	105	100	160	160	142	125	141	125	178	153		
70	160	160	150	125	147	125	133	125	204	200	181	160	178	160	226	195		
95	193	160	174	160	177	160	159	125	246	200	219	200	213	200	273	200		
120	223	200	199	160	204	200	182	160	285	200	253	250	246	200	317	250		
150	254	250	229	200	232	200	208	200	-	-	-	-	-	-	365	315		
185	289	250	260	250	263	250	236	200	-	-	-	-	-	-	416	315		
240	339	315	303	250	308	250	277	250	-	-	-	-	-	-	489	400		
300	389	315	348	315	354	315	316	315	-	-	-	-	-	-	562	400		

Objaśnienia: I_{dd} – obliczona obciążalność przewodów [A], I_b – maksymalny prąd zabezpieczenia przetężeniowego, który można zastosować na danym przekroju przewodu [A].

Tabl. 1-5

Obciążalność długotrwała żył kabli w zależności od przekroju i sposobu ułożenia [14]

Przekrój żyły [mm ²]	Obciążalność prądowa długotrwała [A]			
	Kabel ułożony w ziemi		Kabel prowadzony w powietrzu	
	Cu	Al	Cu	Al
1	22	–	15	–
1,5	28	–	19	–
2,5	37	–	27	–
4	50	–	33	–
6	61	–	46	–
10	82	65	62	49
16	110	85	84	66
25	145	110	110	87
35	175	135	136	107
50	210	165	170	134
70	260	205	209	165
95	305	240	253	199
120	355	275	289	228
150	405	315	325	265
185	455	355	382	302
240	535	415	448	354
300	605	470	515	407
400	715	555	615	485

Okiem praktyka

W środowisku elektryków zwyczajowo przyjęło się, że w instalacjach budynków mieszkalnych **obwody oświetleniowe układa się przewodami o przekroju 1,5 mm²**, natomiast **zasilanie gniazd wtyczkowych prowadzi się przewodami o przekroju 2,5 mm²**. Zakładając, że obwody oświetleniowe zabezpiecza się zwykle bezpiecznikiem 10 A, natomiast obwody gniazd wtyczkowych bezpiecznikiem 16 A, takie postępowanie jest jak najbardziej poprawne. Przewody w obwodach trójfazowych monterzy dobierają według wytycznych podanych w tablicy 1-4.

Zapamiętaj

— **Przekrój żyły przewodu stosowanego w danym miejscu instalacji zależy nie tylko od natężenia prądu, który ma w nim płynąć, lecz także od skuteczności odprowadzania ciepła od przewodu do otoczenia. Istotna jest również wytrzymałość mechaniczna przewodu.**

W każdym obwodzie elektrycznym, zwłaszcza w instalacjach o wielu gałęziach, zachodzi potrzeba łączenia przewodów oraz podłączania ich do różnego rodzaju urządzeń. Połączenia takie muszą zapewniać nie tylko jak najmniejszą rezystancję, lecz także odpowiednią wytrzymałość mechaniczną. Właściwości połączeń nie powinny ulegać pogorszeniu z upływem czasu na skutek działania niekorzystnych czynników środowiskowych, takich jak wilgoć lub drgania. Połączenia przewodów elektrycznych mogą być wykonywane jako rozłączne lub nierozłączne. Połączenia nierozłączne stosuje się głównie w ciągach instalacji i puszkach rozgałęźnych. Spośród połączeń nierozłącznych elektromonterzy najczęściej wykorzystują połączenie skręcane, zaprasowywanie oraz lutowanie. Zaprasowywanie stosuje się raczej do żył o znacznych przekrojach, a lutowanie – głównie w instalacjach teletechnicznych i sygnalizacyjnych.

Wszelkie podłączenia przewodów do osprzętu elektrycznego powinny być wykonane jako rozłączne. Do żył o niewielkich przekrojach stosowanych w instalacjach elektrycznych używa się zazwyczaj zacisków śrubowych. Wykorzystuje się różne rozwiązania, z których najczęściej występujące to zaciski:

- tulejkowe,
- z wahlwią podkładką,
- kabłąkowe.

Dzięki dociskowi wywieranemu przez dokręconą śrubę wszystkie one zapewniają prawidłowe połączenie przewodów lub przewodu z korpusem zacisku (rys. 1.11). Aby docisk ten był wystarczająco silny, konstrukcja zacisku musi być odpowiednio masywna w stosunku do przewodów, które mają być mocowane. Zacisk powinien również zapewniać samooczyszczenie żyły podczas dokręcania. Zalecenie to spełniają wszystkie złącza, w których dokręcana śruba trze o podłożony pod nią przewód. Istotne jest również, aby zacisk był odpowiednio elastyczny. Jest to szczególnie ważne, jeśli zacisk służy do łączenia materiałów mających tendencje do płynięcia. Dostatecznie sprężysty zacisk długo zapewni właściwy docisk przewodu.

W instalacjach i osprzęcie spotyka się wiele odmian zacisków sprężystych. Prawidłowe połączenie uzyskuje się w nich dzięki działaniu sprężyn spiralnych lub płaskich. Niewątpliwą zaletą takich rozwiązań jest szybkość montażu (zwykle wystarczy wcisnąć odpowiednio obrobiony przewód w zacisk) oraz stały nacisk podczas całego okresu eksploatacji. Wadą natomiast jest mniejsza obciążalność prądowa, ponieważ nacisk na żyłę przewodu i powierzchnia przylegania jest mniejsza niż w zaciskach śrubowych.

Zaciski często są łączone w listwy zaciskowe (rys. 1.12) zawierające trzy, pięć albo więcej punktów łączeniowych. Spotyka się również pojedyncze tulejki, które nakręca się na złożone ze sobą przewody przeznaczone do połączenia.

W celu prawidłowego połączenia przewodów należy wykonać czynności opisane poniżej.

1. Usunąć izolację przewodu tylko na odcinku, który ma być wprowadzony do zacisku. Do jej zdejmowania warto używać specjalnych ściągaczy, ponieważ nie kaleczą one żyły.
2. Przed wprowadzeniem do zacisku należy sprawdzić, czy żyła nie jest pokryta tlenkami. Jeśli tak jest, należy ją oczyścić.



Rys. 1.11 Osrzęty wykorzystywane do łączenia przewodów
a – listwa zaciskowa z nakładkami dociskany dwoma śrubami, *b* – listwa z zaciskami tulejkowymi, *c* – płytka z zaciskami z podkładką wahlwią, *d* – szybkozłączka z zaciskami dociskanymi dźwignienkami, *e* – szybkozłączka sprężynowa, *f* – złączka przeznaczona do montażu na szynę DIN



Rys. 1.12 Kolejne etapy wykonywania połączenia skręcanego na listwie zaciskowej
a – dla linki (1 – ucięty przewód, 2 – odizolowana końcówka, 3 – końcówka oblutowana, 4 – koniec okuty końcówką tulejkową), *b* – dla drutu (1 – ucięty przewód, 2 – odizolowana końcówka), *c* – przewody zamontowane w zaciskach (1, 2 – prawidłowo zamontowane linki, 3 – źle zamontowana linka – wolne druciki mogą powodować zwarcia, 4 – prawidłowo zamontowany drut, 5 – źle zamontowany drut – zbyt duży odizolowany fragment poza zaciskiem również może być przyczyną zwarcia)

3. Jeżeli żyła jest wielodrutowa, trzeba ją oblutować (pobielić) lutem cynowym lub zacisnąć na niej odpowiednią tulejkę. Zapewnia to prawidłowy docisk wszystkich drutów i zapobiega wydostawaniu się pojedynczych włókien poza zacisk, co grozi zwarcie.
4. Jeśli konstrukcja zacisku to umożliwia, na żyłę linkowej można zacisnąć mosiężną końcówkę oczkową. Do zaciskania zawsze należy używać odpowiedniej zaciskarki. Używanie do tego szczypiec uniwersalnych nie zapewnia dobrego połączenia.
5. Jeśli zacisk wymaga wykonania oczka z przewodu, należy wygiąć go za pomocą szczypiec okrągłych o średnicy dopasowanej do wkręta. Przykręcając, należy skierować końcówkę oczka w prawo, aby zapobiec wypychaniu przewodu spod łba (takie zaciski są już rzadko stosowane).
6. Podczas wykonywania połączeń należy unikać wielokrotnego przeginania żyły, które osłabia materiał i może doprowadzić do jego ułamania.
7. Do dokręcania wkrętów zacisków należy używać wkrętaaków odpowiedniego rodzaju i właściwej wielkości. Niewłaściwie dobrane wkrętaki niszczą łeb wkrętu, co uniemożliwia jego późniejsze odkręcenie. Dokręcać należy silnie, ale z wyczuciem, aby nie zerwać gwintu.
8. Nie wolno bezpośrednio łączyć ze sobą przewodów aluminiowych i miedzianych. W miejscu połączenia zawsze występuje korozja elektrolityczna i szybko ulega ono zniszczeniu. Metale te można łączyć tylko za pośrednictwem odpowiedniej podkładki miedziano-aluminiowej. Silne sprasowanie tych metali w procesie technologicznym zapobiega dostawaniu się między nie wilgoci z powietrza, co uniemożliwia powstanie ogniwa elektrochemicznego.

Oprócz zacisków sprężynowych i śrubowych do łączenia przewodów wykorzystuje się różne połączenia zaprasowywane. Przez silne zaciśnięcie i zaprasowanie metalowej końcówki na żyłę lub złączki łączącej dwie żyły uzyskuje się bardzo trwałe połączenie nierozłączne. Istnieje wiele rodzajów końcówek i złączek oraz zaciskarek przeznaczonych do ich montażu (rys. 1.13). Połączenia na przewodach linkowych o niewielkiej średnicy wykonuje się za pomocą pras mechanicznych, natomiast do łączenia kabli energetycznych o znacznych średnicach stosuje się ręczne prasy hydrauliczne.

Lutowanie przeprowadza się za pomocą miękkich lutów cynowych. Współcześnie zaleca się spoiwa bezołowiowe. Lutujemy lutownicami elektrycznymi, oporowymi lub transformatorowymi. Żyły przewodów muszą być dokładnie oczyszczone mechanicznie, jak również chemicznie, za pomocą topnika (np. kalafonii). Lutować można tylko przewody wykonane z miedzi i jej stopów.

Połączenia spawane wykonuje się dla grubych żył aluminiowych oraz szynoprzewodów. Spawanie miedzi jest wprawdzie możliwe, lecz bardzo kłopotliwe, dlatego preferuje się inne rodzaje połączeń. Spawa się najczęściej elektrycznie elektrodami aluminiowymi w otulinie albo w osłonie gazów obojętnych.

Okieł praktyka

*W praktyce bardzo często wykorzystuje się **połączenie skręcane**. Nadaje się ono do żył o niewielkich przekrojach (od 1 do 10 mm²). W celu wykonania takiego połączenia należy usunąć izolację żyły na odcinku około 5 cm. Następnie trzeba połączyć przewody i za pomocą szczyp-*



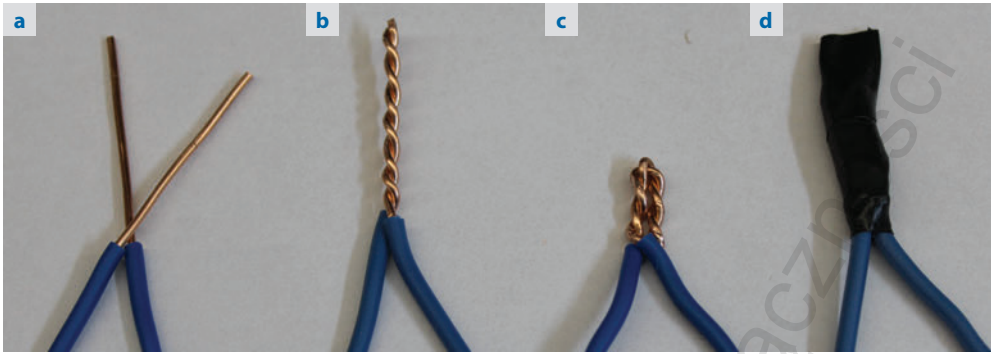
Rys. 1.13

Zaciskarki

a – mechaniczna do końcówek tulejkowych, *b* – mechaniczna do zacisków samochodowych i oczkowych, *c* – prasa hydrauliczna do końcówek kablowych

piec mocno skręcić w ciasny warkocz. Tak uzyskane złącze należy złożyć na połowę, **mocno zacisnąć** i owinąć taśmą izolacyjną na całej długości (rys. 1.14).

Wykonując połączenia w puszkach instalacyjnych lub wewnątrz urządzeń elektrycznych, należy pamiętać o pozostawieniu odpowiednich zapasów długości łączonych przewodów, które **nie powinny być napięte**. Dobrym zwyczajem jest pozostawianie takiego zapasu, aby umożliwić ewentualną naprawę złącza w przyszłości. Należy pamiętać również o odpowiednim **mechanicznym zamocowaniu przewodu**. Zaciski w zasadzie nie



Rys. 1.14 Prawidłowe wykonanie połączenia skręcanego
 a – odizolowane przewody, b – skręcone żyły, c – złożone połączenie, d – połączenie zaizolowane taśmą izolacyjną

powinny przenosić naprężenia. Do ich przenoszenia są przeznaczone odpowiednie uchwyty i dławice.

Jeśli wewnątrz odbiornika mocuje się przewód ochronny, powinien on mieć **większy zapas długości niż przewody robocze**. Dzięki temu w przypadku wyrwania przewodów wysunie się on z zacisku jako ostatni, do końca zapewniając ochronę połączenia.

Mimo stosowania coraz doskonalszych rozwiązań technicznych produkowanych zacisków, podczas eksploatacji **złącza ulegają obluźnieniu**. Łatwo dostrzegalną oznaką takiego zacisku jest przegrzana izolacja wprowadzonych do niego przewodów. Uszkodzenie obejmuje często odcinek przekraczający kilka centymetrów. Sam zacisk również bywa utleniony na tyle, że niemożliwe jest jego dalsze użytkowanie. Dlatego podczas przeglądów lub napraw warto **sprawdzić stan zacisków i podokręcać obluźnione śruby**. Należy również uzupełnić ewentualne ubytki lub przetarcia izolacji za pomocą taśmy izolacyjnej.

Zapamiętaj

- Każde połączenie przewodów stanowi naruszenie ich ciągłości, a więc punkt o zwiększonej rezystancji. Będzie się w nim wydzielalo ciepło. Należy więc zadbać, aby rezystancja połączenia była jak najmniejsza. W punkcie połączenia przewody powinny być dokładnie oczyszczone oraz mocno dociśnięte do siebie lub elementów zacisków.
- Przewody miedziane z aluminium łączy się zawsze za pośrednictwem podkładek miedziano-aluminiowych.

Pytania kontrolne

1. Do czego służą przewody elektryczne?
2. Opisz elementy przewodu wielożyłowego.
3. Co to jest żyła przewodu?
4. Podaj poszczególne wartości przekrojów typoszeregu żył przewodów.
5. Dlaczego żyły przewodów wykonuje się zazwyczaj z miedzi lub aluminium?
6. Jakie wymagania musi spełniać materiał na żyłę przewodu?
7. Gdzie stosujemy przewody z żyłami w postaci drutu, a gdzie linki?
8. Co to jest izolacja żyły przewodu?
9. Jakie wymagania muszą spełniać materiały stosowane na izolację żył przewodów?
10. Jakie materiały stosujemy do produkcji izolacji przewodów? Wymień je i omów ich właściwości.
11. Jakie dodatkowe warstwy mogą otaczać żyły w przewodach wielożyłowych?
12. Co to jest pancerz przewodu i do czego on służy?
13. Co to jest opona przewodu i jakie są jej funkcje?
14. Rozszyfruj następujące oznaczenia przewodów: YDY, YAKY, OM, SM, OW, SM, AsXS, FTP.
15. Jakim parametrem oznacza się wytrzymałość napięciową przewodu?
16. Co to są światłowody?
17. Ciepłne czy dynamiczne oddziaływanie prądu elektrycznego jest bardziej odczuwalne podczas normalnej pracy instalacji elektrycznej?
18. Jakie temperatury dopuszczalne przewidziano dla podstawowych materiałów izolacyjnych (polwinitu, polietylenu i gumy)?
19. Jak łączymy przewody w instalacjach elektrycznych?

Test kontrolny nr 1

Aby przekonać się, czy materiał tego rozdziału został przez Ciebie opanowany, rozwiąż poniższy test. W każdym z pytań tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa. Odpowiedzi znajdziesz na końcu podręcznika. Powodzenia!

1. Dopuszczalny prąd, który może przepływać przez żyłę przewodu o danym przekroju, zależy od:
 - a) napięcia znamionowego i sposobu ułożenia przewodu,
 - b) napięcia znamionowego i sztywności przewodu,
 - c) przekroju żył przewodu i skuteczności odprowadzania ciepła do otoczenia,
 - d) przekroju żył przewodu i sztywności przewodu.

2. Połączenie żyły aluminiowej z miedzianą wykonujemy:
 - a) w kostce,
 - b) za pomocą podkładki miedziano-aluminiowej,
 - c) przez skręcanie żył ze sobą,
 - d) przez lutowanie.
3. W instalacjach zasilających, nawet przy bardzo małym obciążeniu elektrycznym, nie stosujemy przewodów o przekrojach mniejszych niż 1 mm^2 ze względu na:
 - a) zbyt małą wytrzymałość mechaniczną,
 - b) zbyt wysoką cenę,
 - c) zbyt dużą rezystancję,
 - d) brak takich przewodów w handlu.
4. Długotrwała obciążalność przewodów jest to:
 - a) największa masa, jaką możemy obciążyć przewód;
 - b) największa siła, jaką możemy przyłożyć do końca żyły przewodu, nie powodując jej odkształcenia;
 - c) graniczny prąd długotrwały, który nie spowoduje jeszcze stopienia izolacji przewodu;
 - d) maksymalny prąd długotrwały, który nie spowoduje wzrostu temperatury przewodu ponad założoną w normach temperaturę maksymalną.
5. Dwie wartości napięcia znamionowego przewodów wielożyłowych (np. 300/500 V) oznaczają:
 - a) pierwsza – dopuszczalne napięcie prądu zmiennego, druga – prądu stałego;
 - b) pierwsza – dopuszczalne napięcie w środowisku suchym, druga – w wilgotnym;
 - c) pierwsza – dopuszczalne napięcie dowolnej żyły względem ziemi, druga – dopuszczalne napięcie międzyfazowe;
 - d) zakres napięć, w którym przewód może pracować.
6. Rozmiar żyły przewodu charakteryzujemy:
 - a) przekrojem poprzecznym;
 - b) masą właściwą,
 - c) rezystywnością,
 - d) konduktancją.
7. Ekran w przewodzie:
 - a) zmniejsza rezystancję żyły lub zwiększa sztywność przewodu,
 - b) poprawia rozkład potencjału wokół żyły lub ogranicza wpływ zakłóceń zewnętrznych,
 - c) zwiększa indukcyjność przewodu lub poprawia rozkład potencjału wokół żyły,
 - d) ułatwia poszukiwanie uszkodzeń żyły lub ogranicza wpływ zakłóceń zewnętrznych.
8. Niektóre przewody wielożyłowe pokrywa się tzw. odzieżą, żeby:
 - a) zapobiec przemarzaniu przewodu,
 - b) chronić przewód przed wpływem czynników zewnętrznych,
 - c) zapobiec wystąpieniu zjawiska nadprzewodnictwa żył przewodu,
 - d) utrzymać żyły przewodu w stałej temperaturze.
9. Przewody kabelkowe różnią się od kabli:
 - a) przekrojem żył oraz ceną,
 - b) kształtem oraz przeznaczeniem,

- c) rodzajem izolacji użytej na powłokę oraz przeznaczeniem,
d) kształtem oraz ceną.
10. Przewody do odbiorników przenośnych o izolacji i powłoce polwinitowej nie powinny być narażone na działanie niskich temperatur, bo wtedy:
- a) polwinit staje się kruchy i łamliwy,
 - b) linka może przejść w stan nadprzewodnictwa,
 - c) polwinit wydziela szkodliwe opary,
 - d) następuje zasiarczenie żył miedzianych.
11. Do zasilania odbiorników przenośnych, które silnie się nagrzewają (żelazka, prodiże itp.) używa się:
- a) przewodu kabelkowego (YDY),
 - b) przewodu grzejnego,
 - c) przewodu oponowego mieszkaniowego (OM),
 - d) sznura mieszkaniowego (SM).
12. Prąd przepływający przez przewodnik wywołuje skutki:
- a) tylko ciepłne,
 - b) ciepłne i elektrostatyczne,
 - c) dynamiczne i magnetoelektryczne,
 - d) ciepłne i elektrodynamiczne.
13. Nie wolno bezpośrednio łączyć ze sobą przewodów aluminiowych i miedzianych, ponieważ:
- a) aluminium płygnie,
 - b) miedź ulega spatynowaniu,
 - c) powstaje ogniwo elektrochemiczne powodujące degradację złącza,
 - d) powstaje ogniwo elektrochemiczne generujące zakłócenia o wysokiej częstotliwości.
14. Powłoka przewodu:
- a) zapewnia ochronę żył i ich izolacji przed niekorzystnym wpływem czynników zewnętrznych,
 - b) zapobiega przegrzewaniu się żył,
 - c) poprawia rozkład pola elektrycznego wokół żył przewodu,
 - d) zapewnia estetyczny wygląd przewodu.
15. Końcówki przewodów linkowych muszą być okute lub oblutowane przed zamocowaniem w zaciskach w celu:
- a) uniknięcia ich czernienia, zwiększenia sztywności i ułatwienia montażu;
 - b) uniknięcia zjawiska płynięcia, zapewnienia małej rezystancji oraz zmniejszenia sztywności;
 - c) unieruchomienia poszczególnych włókien miedzianych, zapewnienia odpowiedniego docisku w zaciskach oraz uniknięcia zwarcí wywołanych przez luźne włókna linki;
 - d) zmniejszenia rezystancji, zwiększenia sztywności oraz zapewnienia estetycznego wyglądu.
16. Przekrój żyły o kształcie sektorowym to:
- a) kwadrat o zaokrąglonych rogach,
 - b) elipsa,

- c) kardioda,
d) trójkąt o zaokrąglonych rogach.
17. Przewodu UTP używamy do wykonania:
a) sieci światłowodowej,
b) instalacji oświetleniowej,
c) sieci komputerowej,
d) przyłącza napowietrznego.
18. Zjawisko płynięcia aluminium polega na:
a) kurczeniu się żyły przewodu pod wpływem promieniowania ultrafioletowego,
b) powolnym przemieszczaniu się cząstek metalu pod wpływem stałego nacisku,
c) ściekaniu cząstek nagrzanego metalu pod wpływem grawitacji,
d) powstawaniu fal na powierzchni żył przewodów aluminiowych.
19. Za najwyższą dopuszczalną temperaturę dla izolacji polwinitowej uznaje się:
a) 20°C,
b) 32°C,
c) 70°C,
d) 100°C.
20. Światłowód jest to:
a) odcinek żyłki nylonowej podświetlonej diodą elektroluminescencyjną,
b) cienkie włókno ze szkła kwarcowego przewodzące impulsy optyczne,
c) cienkie włókno ze szkła kwarcowego przewodzące impulsy elektryczne,
d) generator lasera argonowego.

Samoocena nabytych wiadomości i umiejętności

Sprawdź, czy potrafisz:

- rozpoznać rodzaj przewodu po jego wyglądzie i oznaczeniu literowo-cyfrowym?
- podać rodzaje przewodów elektrycznych?
- wskazać miejsce umieszczenia oznaczeń przewodów elektrycznych?
- odczytać oznaczenia na przewodach elektrycznych?
- wyjaśnić budowę przewodów stosowanych w instalacjach elektrycznych?

Jeżeli na każde z podanych pytań Twoja odpowiedź była twierdząca, gratuluję – założone cele zostały osiągnięte i możesz przejść do rozdziału 2.

Jeśli jednak choćby na jedno pytanie odpowiedź była negatywna, musisz powrócić jeszcze do rozdziału 1.

Rozwiązania testów kontrolnych

Test kontrolny nr 1

1 c; 2 b; 3 a; 4 d; 5 c; 6 a; 7 b; 8 b; 9 c; 10 a; 11 d; 12 d; 13 c; 14 a; 15 c; 16 d; 17 c; 18 b; 19 c; 20 b

Test kontrolny nr 2

1 a; 2 b; 3 c; 4 b; 5 d; 6 c; 7 c; 8 a; 9 b; 10 a; 11 a; 12 b; 13 d; 14 b; 15 b; 16 c; 17 a; 18 c; 19 c; 20 a

Test kontrolny nr 3

1 c; 2 b; 3 c; 4 b; 5 b; 6 d; 7 a; 8 b; 9 a; 10 c; 11 a; 12 c; 13 a; 14 b; 15 c; 16 b; 17 d; 18 c; 19 d; 20 c

Test kontrolny nr 4

1 a; 2 c; 3 c; 4 b; 5 a; 6 c; 7 b; 8 b; 9 d; 10 c; 11 d; 12 c; 13 d; 14 a; 15 b; 16 c; 17 d; 18 a; 19 d; 20 d

Test kontrolny nr 5

1 c; 2 a; 3 d; 4 b; 5 c; 6 c; 7 a; 8 b; 9 d; 10 b; 11 c; 12 a; 13 b; 14 d; 15 b; 16 d; 17 b; 18 a; 19 c; 20 d