

18



# ELEKTRYK

**Dobieranie przewodów  
elektrycznych**



MINISTERSTWO  
EDUKACJI NARODOWEJ



**Eleonora Muszyńska**

## **Dobieranie przewodów elektrycznych 724[01].Z2.01**

**Poradnik dla ucznia**

**Wydawca**

**Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy  
Radom 2007**

**Recenzenci:**

mgr inż. Jan Bogdan

mgr inż. Henryk Świątek

**Opracowanie redakcyjne:**

mgr inż. Barbara Kapruziak

**Konsultacja:**

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01].Z2.01 „Dobieranie przewodów elektrycznych”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

**Wydawca**

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	3
<b>2. Wymagania wstępne</b>	5
<b>3. Cele kształcenia</b>	6
<b>4. Materiał nauczania</b>	7
<b>4.1. Budowa, rodzaje i zastosowanie przewodów elektrycznych</b>	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	9
4.1.3. Ćwiczenia	10
4.1.4. Sprawdzian postępów	11
<b>4.2. Parametry znamionowe. Zasady oznaczania literowo-cyfrowego przewodów elektrycznych</b>	12
4.2.1. Materiał nauczania	12
4.2.2. Pytania sprawdzające	14
4.2.3. Ćwiczenia	15
4.2.4. Sprawdzian postępów	16
<b>4.3. Dobieranie przewodów do warunków pracy instalacji elektrycznej</b>	17
4.3.1. Materiał nauczania	17
4.3.2. Pytania sprawdzające	19
4.3.3. Ćwiczenia	20
4.3.4. Sprawdzian postępów	21
<b>4.4. Metody obliczania spadków napięć w instalacjach elektrycznych jedno- i trójfazowych</b>	22
4.4.1. Materiał nauczania	22
4.4.2. Pytania sprawdzające	24
4.4.3. Ćwiczenia	25
4.4.4. Sprawdzian postępów	26
<b>4.5. Dobór przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia. Obliczanie długości przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia</b>	27
4.5.1. Materiał nauczania	27
4.5.2. Pytania sprawdzające	29
4.5.3. Ćwiczenia	29
4.5.4. Sprawdzian postępów	30
<b>4.6. Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą</b>	31
4.6.1. Materiał nauczania	31
4.6.2. Pytania sprawdzające	34
4.6.3. Ćwiczenia	35
4.6.4. Sprawdzian postępów	36
<b>4.7. Dobieranie zabezpieczeń przewodów przed skutkami zwarć i przeciążeń</b>	37
4.7.1. Materiał nauczania	37
4.7.2. Pytania sprawdzające	38
4.7.3. Ćwiczenia	39
4.7.4. Sprawdzian postępów	40
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	41
<b>6. Literatura</b>	46

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik, który masz przed sobą, będzie Ci pomocny w kształtowaniu umiejętności z zakresu dobierania przewodów elektrycznych.

W poradniku zamieszczono:

- szczegółowe cele kształcenia,
- materiał nauczania dotyczący poszczególnych tematów,
- pytania sprawdzające,
- sprawdziany postępów,
- przykładowy zestaw zadań testowych przygotowany dla potrzeb sprawdzenia efektywności kształcenia,
- literatura.

Jednostka modułowa „Dobieranie przewodów elektrycznych” została podzielona na 7 tematów. Każdy z nich zawiera ćwiczenia i materiał nauczania niezbędny do ich wykonania.

Przed przystąpieniem do realizacji ćwiczeń odpowiedz na pytania sprawdzające, które są zamieszczone w każdym rozdziale, po materiale nauczania. Udzielone odpowiedzi pozwolą Ci sprawdzić, czy jesteś dobrze przygotowany do wykonania zadań.

Treść programu jednostki modułowej zawiera podstawowe zagadnienia związane z dobieraniem przewodów w instalacjach elektrycznych. W wyniku realizacji programu powinieneś między innymi opanować umiejętności:

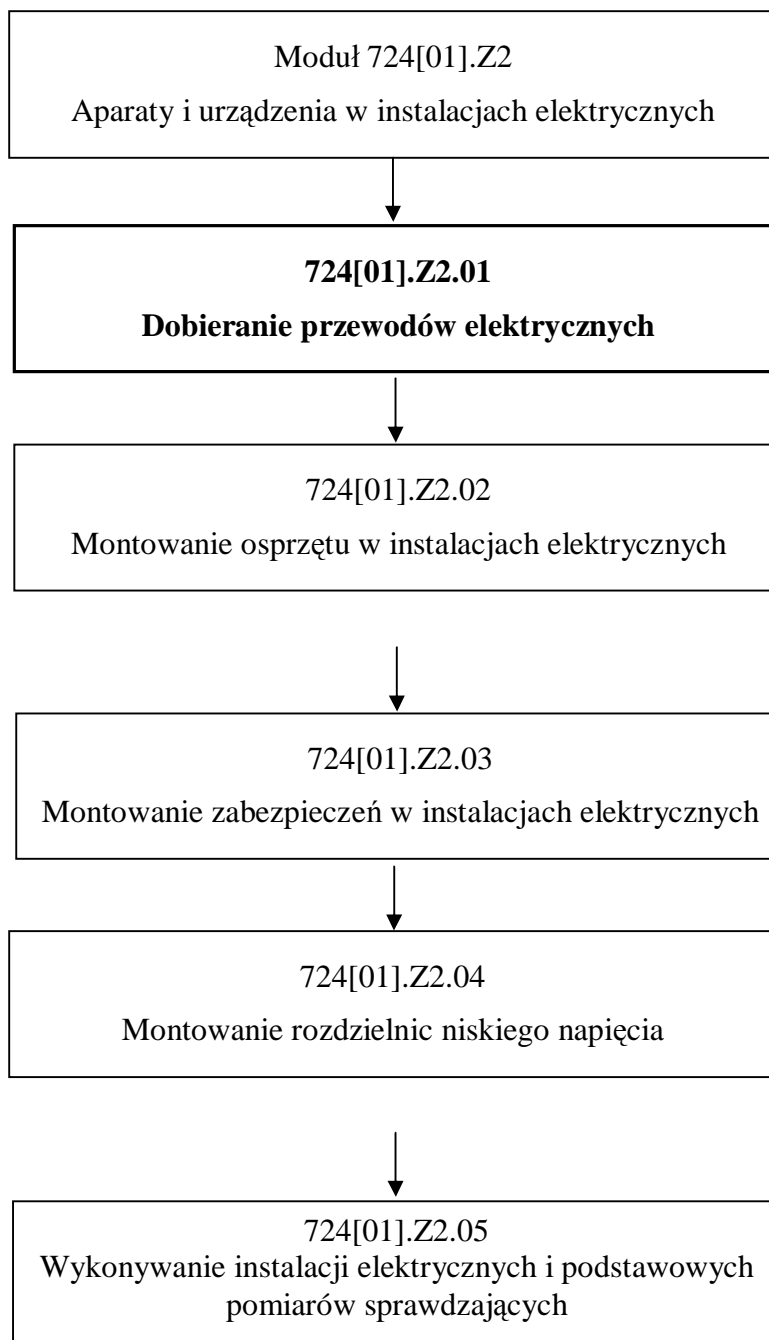
- rozpoznawania przewodów po ich wyglądzie i oznaczeniu literowo-cyfrowym,
- dobierania przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia,
- dobierania zabezpieczeń przewodów przed skutkami zwarć i przeciążeń.

Szczególne uwagę zwróć na rozpoznawanie przewodów elektrycznych, wykonywanie obliczeń pola przekroju poprzecznego oraz spadku napięcia w przewodzie.

Po zakończeniu realizacji programu tej jednostki modułowej nauczyciel sprawdzi Twoje wiadomości i umiejętności za pomocą testu pisemnego. Abyś miał możliwość dokonania ewaluacji swoich działań, rozwiąż przykładowy test sumujący zamieszczony na końcu poniższego poradnika.

## **Bezpieczeństwo i higiena pracy**

W czasie pobytu w pracowni musisz przestrzegać regulaminów, przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy oraz instrukcji przeciwpożarowych, wynikających z rodzaju wykonywanych prac. Przepisy te poznasz podczas trwania nauki.



Schemat układu jednostek modułowych

## 2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozpoznawać podstawowe elementy obwodów elektrycznych,
- objaśniać rolę podstawowych elementów w obwodach elektrycznych,
- rozpoznawać materiały przewodzące i nieprzewodzące,
- określać właściwości materiałów przewodzących i izolacyjnych,
- stosować ważniejsze wzory z zakresu elektrotechniki,
- odczytywać proste schematy i na ich podstawie analizować pracę układów elektrycznych,
- korzystać z literatury, katalogów, norm oraz przepisów eksploatacji przewodów elektrycznych i instalacji elektrycznych,
- pracować w grupie i indywidualnie,
- oceniać swoje umiejętności,
- uczestniczyć w dyskusji,
- przygotowywać prezentację,
- prezentować siebie i grupę, w której pracujesz,
- przestrzegać przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

### **3. CELE KSZTAŁCENIA**

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- rozpoznać przewód elektryczny po jego wyglądzie i oznaczeniu literowo-cyfrowym,
- dobrać rodzaj i pole przekroju przewodu dla określonego obciążenia i warunków pracy,
- obliczyć spadek napięcia w instalacji elektrycznej,
- obliczyć długość przewodu ze względu na dopuszczalny spadek napięcia,
- obliczyć pole przekroju przewodu z uwzględnieniem odległości od źródła zasilania i spadku napięcia,
- dobrać odpowiednie zabezpieczenie przewodu,
- skorzystać z literatury, norm, kart katalogowych wyrobów oraz materiałów reklamowych producentów przewodów elektrycznych.



## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Budowa, rodzaje i zastosowanie przewodów elektrycznych

#### 4.1.1. Materiał nauczania

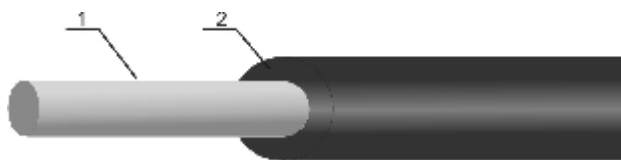
**Przewody elektryczne** są to elementy obwodu elektrycznego (części składowe instalacji), służące do przewodzenia prądu elektrycznego wzdłuż określonej drogi.

Mimo dużej różnorodności przewodów elektrycznych można stwierdzić, że każdy z nich wyposażony jest zawsze w dobry przewodnik prądu elektrycznego, który nazywany jest żyłą.

**Żyły przewodów** wykonuje się w postaci pojedynczych drutów albo przewodów wielodrutowych (linek). Materiałem do ich budowy jest zwykle miedź, aluminium lub niekiedy stal. Najlepszym przewodnikiem prądu jest miedź – ma ona dużą konduktywność  $\gamma$  (ok.  $57 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ ) i jest wytrzymała pod względem mechanicznym. Aluminium jest nieco tańszym, ale za to gorszym przewodnikiem prądu – ma mniejszą konduktywność (ok.  $35 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$ ), mniejszą wytrzymałość mechaniczną, a pod wpływem sił ściskających zmienia swój kształt.

**Izolacja żyły** ma za zadanie oddzielać żyły przewodu od siebie, tak aby nie mogły się ze sobą stykać. Ma również osłaniać żyłę przed wpływem wilgoci i działaniem środków chemicznych, a człowieka powinna chronić przed porażeniem prądem elektrycznym. Wykonywana jest głównie z tworzyw sztucznych (polwinitu albo polietylenu sieciowanego) lub też z różnych gatunków gumy. Izolację stanowić może również lakier (np. dla przewodów nawojowych) albo papier nasycony olejem mineralnym (w przypadku kabli).

Wymaga się, aby właściwości dielektryczne izolacji były zachowane w różnych warunkach środowiska i w czasie wieloletniego użytkowania.



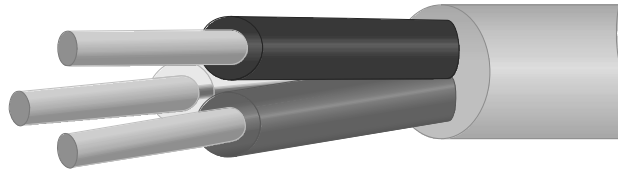
**Rys. 1.** Fragment przewodu elektrycznego: 1 – żyła jednodrutowa, 2 – izolacja [opracowanie własne]

Poszczególne rodzaje przewodów elektrycznych różnią się między sobą nie tylko materiałem, z którego wykonano żyłę lub izolację, ale również budową całego przewodu (mogą mieć różne warstwy ochronne, takie jak powłoka, pancerz czy odzież) oraz jego przeznaczeniem.

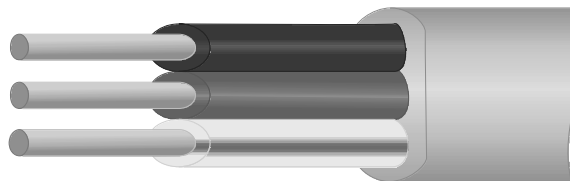
Ze względu na budowę przewody elektryczne mogą być:

- jednożyłowe,
- wiełożyłowe,
- o różnym materiale izolacyjnym,
- bez izolacji (gołe),
- ekranowane lub zbrojone,
- do układania na stałe (nie zmieniają położenia po ich ułożeniu i nie muszą być giętkie),
- do odbiorników ruchomych i przenośnych (muszą być giętkie i mają żyły wielodrutowe),
- parowe (np. dwuparowe) lub czwórkowe.

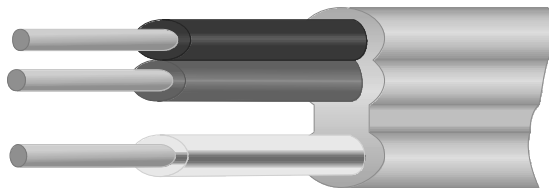
Przykłady różnych konstrukcji przewodów elektrycznych w izolacji i powłoce polwinitowej pokazują rysunki: 2, 3 i 4.



**Rys. 2.** Przewód trójżyłowy okrągły (YDY) [opracowanie własne]



**Rys. 3.** Przewód trójżyłowy płaski (YDYp) [opracowanie własne]



**Rys. 4.** Przewód trójżyłowy wtykowy (YDYt) [opracowanie własne]

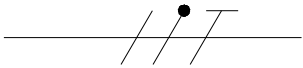
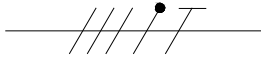

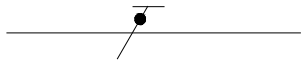
Ze względu na zastosowanie przewody elektryczne dzielą się na:

- a) elektroenergetyczne instalacyjne na napięcie do 1 kV (jedno-, dwu-, trzy-, cztero-, pięćżyłowe),
- b) elektroenergetyczne instalacyjne na napięcie powyżej 1 kV,
- c) elektroenergetyczne napowietrzne gołe i izolowane (np. do wykonywania przyłączy napowietrznych),
- d) szynowe, czyli tzw. szynoprzewody (sztywne przewody o znacznych przekrojach, stosowane głównie w instalacjach przemysłowych),
- e) kable elektroenergetyczne (przeznaczone do układania w ziemi, kanałach, tunelach oraz na różnych konstrukcjach wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń),
- f) sterownicze (stosowane w układach sterowania),
- g) sygnalizacyjno-pomiarowe,
- h) telekomunikacyjne,
- i) komputerowe,
- j) nawojowe,
- k) specjalne (np. samochodowe, lotnicze, górnicze),
- l) specjalne do nowoczesnych „inteligentnych instalacji”.

Ze względu na funkcję pełnioną w instalacji rozróżniamy następujące rodzaje przewodów (albo żył w przewodach):

- a) przewody robocze (symbol L1, L2, L3 dla poszczególnych faz i barwa izolacji czarna lub brązowa) przeznaczone są do przesyłania energii elektrycznej,
- b) przewody neutralne (symbol N i barwa izolacji jasnoniebieska) są połączone bezpośrednio z punktem neutralnym układu sieciowego i mogą służyć do przesyłania energii elektrycznej,
- c) przewody ochronne (symbol PE i barwa żółto-zielona) to przewody lub żyły przewodów wymagane przez określone środki ochrony przeciwporażeniowej oraz przeznaczone do elektrycznego połączenia części dostępnych przewodzących, przewodzących obcych, uziomów, głównej szyny uziemiającej lub uziemionego punktu neutralnego źródła zasilania albo punktu neutralnego sztucznego,
- d) przewody ochronno-neutralne (symbol PEN i barwa żółto-zielona a na końcach jasnoniebieska) to uziemione przewody pełniące funkcję przewodu ochronnego i neutralnego.

**Tabela 1.** Symbole graficzne przewodów elektrycznych [4, s. 17]

Symbol graficzny	Oznaczenie
	Linia jednofazowa z przewodem fazowym, neutralnym N i ochronnym PE
	Linia trójfazowa z przewodem neutralnym N i ochronnym PE
	Linia trójfazowa z przewodem ochronnym
	Przewód ochronno-neutralny PEN

#### 4.1.2. Pytania sprawdzające

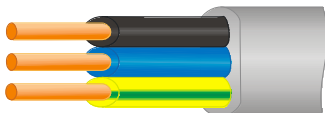
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaką rolę w przewodzie elektrycznym pełni żyła?
2. Jaki materiał wykorzystywany jest najczęściej do budowy żył w przewodach?
3. Jakie wady i zalety charakteryzują aluminium w stosunku do miedzi?
4. Jak mogą być zbudowane żyły w przewodach elektrycznych?
5. Jaką rolę w przewodzie pełni izolacja i z jakich materiałów się ją wykonuje?
6. Jak dzielimy przewody elektryczne w zależności od budowy?
7. Jaki dzielimy przewody elektryczne w zależności od przeznaczenia?
8. Jakie cechy charakterystyczne mają przewody do odbiorników ruchomych?
9. Czym charakteryzują się przewody przeznaczone do układania na stałe?
10. Jaką barwę izolacji mają żyły robocze przewodów elektrycznych?
11. Jakim symbolem literowym oznacza się przewód fazowy?
12. Co to jest przewód ochronny i jak się go oznacza?
13. Co to jest przewód neutralny i jak się go oznacza?
14. Co to jest przewód ochronno-neutralny i jak się go oznacza?

### 4.1.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Wymień i krótko scharakteryzuj wszystkie elementy budowy przewodu dostępnego na Twoim stanowisku pracy (na przykład przewodu przedstawionego na poniższym rysunku).



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać oględzin przewodu, wskazać żyłę, omówić rolę żyły, budowę i materiał, z jakiego ją wykonano,
- 2) wskazać izolację, rozpoznać materiał, z jakiego ją wykonano, omówić rolę izolacji w przewodzie,
- 3) na podstawie barwy materiału izolacyjnego podać przeznaczenie poszczególnych żył,
- 4) wskazać powłokę (ewentualnie inne warstwy), omówić jej rolę w przewodzie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- krótki odcinek przewodu instalacyjnego, wskazany przez nauczyciela.

#### Ćwiczenie 2

Korzystając z informacji zawartych w podręczniku lub poradniku elektryka albo w innych źródłach, przygotuj krótką prezentację na temat budowy i zastosowania przewodów szynowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyszukać wiadomości o przeznaczeniu, rodzajach i budowie przewodów szynowych.
- 2) opracować zebrane informacje, zapisując notatkę w zeszycie do ćwiczeń,
- 3) zaprezentować wyniki swojej pracy, mając 5 minut na prezentację.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis,
- podręcznik do instalacji elektrycznych,
- poradnik elektryka.

#### Ćwiczenie 3

Na Twoim stanowisku pracy dostępnych jest 5 przewodów elektrycznych o różnych zastosowaniach. Porównaj ich budowę oraz podaj przeznaczenie w instalacji elektrycznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać oględzin wszystkich przewodów elektrycznych,
- 2) wskazać w każdym odcinku przewodu żyłę (lub żyły) i porównać budowę,

- 3) scharakteryzować izolację każdego rodzaju przewodu,
- 4) wskazać zastosowanie wszystkich przewodów,
- 5) zapisać w zeszycie zastosowanie i cechy charakterystyczne rozpatrywanych przewodów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- 5 odcinków przewodów elektrycznych o różnych zastosowaniach,
- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

<b>Czy potrafisz:</b>	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wskazać w dowolnym przewodzie elektrycznym żyłę?	..	..
2) rozróżnić żyłę miedzianą od aluminiowej lub stalowej?	..	..
3) podać przeznaczenie wszystkich warstw w dowolnym przewodzie elektrycznym?	..	..
4) scharakteryzować właściwości przewodu do układania na stałe?	..	..
5) scharakteryzować właściwości przewodu do odbiorników ruchomych?	..	..
6) na podstawie wyglądu zewnętrznego wskazać zastosowanie przewodu?	..	..
7) rozpoznać żyłę ochronną i neutralną w przewodzie elektrycznym?	..	..
8) podać symbol literowy przewodu ochronnego i neutralnego?	..	..

## 4.2. Parametry znamionowe. Zasady oznaczania literowo-cyfrowego przewodów elektrycznych

### 4.2.1. Materiał nauczania

Zgodnie z przepisami przewody elektryczne muszą być wykonane i oznaczone przez producenta według obowiązujących norm krajowych lub norm europejskich zharmonizowanych.

Według norm krajowych rodzaj przewodu elektrycznego rozpoznaje się na podstawie jego oznaczenia literowo-cyfrowego.

Oznaczenie literowo-cyfrowe przewodów zawiera trzy zasadnicze elementy:

- 1) kod literowy,
- 2) napięcie znamionowe izolacji,
- 3) liczbę i przekrój żył.

Kod literowy informuje o: materiale żyły, rodzaju izolacji, powłoki, konstrukcji przewodu i innych szczegółach budowy (tabela 2).

Napięcie znamionowe izolacji oznacza dopuszczalne napięcie na jakie przewód jest przeznaczony. W przypadku instalacji elektrycznych w budownictwie mieszkaniowym napięcie to wynosi 300/500 V albo 450/750 V (dopuszczalny zapis to 500 V albo 750 V). W obwodach jednofazowych budynków mieszkalnych, stosuje się przewody na napięcie znamionowe 500 V, a przewody na napięcie 750 V wykorzystuje się w obwodach trójfazowych i jednofazowych, jeżeli są one ułożone w rurkach stalowych lub otworach prefabrykowanych elementów budowlanych. Napięcie znamionowe izolacji 750 V wymagane jest też w przypadku przewodów układanych w pomieszczeniach zagrożonych pożarem lub na podłożu łatwopalnym.

Przekroje żył przewodów instalacyjnych bez względu na ich budowę i przeznaczenie są znormalizowane.

Stosuje się następujące przekroje znamionowe żył przewodów określone w mm<sup>2</sup>:

0,35; 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; 1000.

Według obowiązujących przepisów najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodów ułożonych na stałe ze względu na wytrzymałość mechaniczną wynosi 1,5 mm<sup>2</sup> dla miedzi i 2,5 mm<sup>2</sup> dla aluminium.

Przykłady oznaczania literowo-cyfrowego przewodów elektrycznych według norm krajowych:

- 1) **SMY 500 V 3x1,5 mm<sup>2</sup>** – sznur mieszkaniowy (SM), o żyłach miedzianych i izolacji polwinitowej (Y), 3-żyłowy, o przekroju znamionowym żyły 1,5 mm<sup>2</sup>, na napięcie znamionowe izolacji 500V,
- 2) **ADY 500 V 1x2,5 mm<sup>2</sup>** – przewód jednożyłowy z żyłą z drutu aluminiowego (AD) o izolacji polwinitowej (Y), o przekroju żyły 2,5 mm<sup>2</sup>, na napięcie znamionowe izolacji 500 V,
- 3) **LY 750 V 1x300 mm<sup>2</sup>** – przewód jednożyłowy (linka L) o miedzianej żyłce wielodrutowej, w izolacji polwinitowej (Y), na napięcie 750V, przekrój znamionowy żyły 300 mm<sup>2</sup>.

**Tabela 2.** Oznaczenia przewodów instalacyjnych [w oparciu o 5, s. 73]

Lp.	Rodzaj budowy lub przeznaczenie	Oznaczenie
1	Konstrukcja żył przewodu: a) żyły jednodrutowe b) żyły wielodrutowe (linki)	a) D b) L
2	Materiał żyły (przed symbolem konstrukcji żyły): a) miedź b) aluminium c) żelazo	a) brak oznaczenia b) A c) F
3	Materiał izolacji żyły (po symbolu konstrukcji żył): a) polwinit b) polietylen c) guma	a) Y b) X c) G
4	Powłoka (przed symbolem materiału żył): a) polietylenowa b) polwinitowa	a) X b) Y
5	Dodatkowe oznaczenia przeznaczenia lub budowy: a) wtynkowy b) o wzmocnionej izolacji polwinitowej c) płaski d) uzbrojony e) odporny na wpływy atmosferyczne f) płaski do przyklejania g) z linką nośną h) samonośny i) izolacja żółto-zielona przewodu ochronnego	a) t b) d c) p d) u e) a f) pp g) n h) s i) żo
6	Dodatkowe oznaczenia przewodów kablkowych: a) powłoka ołowiana b) okrągły c) opancerzony stalową taśmą	a) K b) o c) t
7	Sznur mieszkaniowy (pierwsze litery)	SM
8	Izolacja sznura: a) gumowa b) polwinitowa	a) brak oznaczenia b) Y
9	Przewód oponowy mieszkaniowy (pierwsze litery)	OM
10	Przewód oponowy warsztatowy (pierwsze litery)	OW
11	Przewód oponowy przemysłowy (pierwsze litery)	OP

Zasady oznaczania przewodów elektrycznych według norm zharmonizowanych są zupełnie odmienne niż według norm krajowych, jednak ze względu na coraz powszechniejsze pojawianie się tych przewodów na rynku krajowym, należy się z nimi zapoznać.

Przykład oznaczania przewodu zharmonizowanego:

**H05RNH-F 2X2,5** oznacza dwużyłowy przewód zharmonizowany (H), płaski (H), o izolacji z gumy naturalnej (R), o powłoce z gumy polichloropropylenowej (N), o żyłach z linki miedzianej (F), na napięcie znamionowe 300 V (05).

Wybrane oznaczenia przewodów zharmonizowanych przedstawia tabela 3.

**Tabela 3.** Zasady oznaczania przewodów zharmonizowanych [6, s. 80]

Nr pozycji	Znaczenie pozycji	Symbol	Znaczenie symbolu
1	Rodzaj standardu, jakiemu odpowiada przewód	A	Typ krajowy
		H	Typ zharmonizowany
2	Napięcie znamionowe	01	100/100 V
		03	300/300 V
		05	300/500 V
		07	450/750 V
3	Materiał izolacji	B	Guma ciepłoodporna
		R	Guma naturalna
		G	Octan winylu
		E	Polietylen o małej gęstości
		E2	Polietylen o dużej gęstości
		V	Polwinit zwykły
		V2	Polwinit ciepłoodporny
		V3	Polwinit mrozoodporny
		Z	polietylen sieciowany
N	Guma polichloropropylenowa		
4	Materiał powłoki	Oznaczenia takie same jak dla pozycji 3	
5	Informacje uzupełniające	D3	Z linką nośną
		H	Konstrukcja płaska
		H5	Żyły skręcone
		H7	Z podwójną izolacją
6	Rodzaj żyły	D	Wielodrutowa giętka
		E	Bardzo giętka
		F	Wielodrutowa do sznurów
		U	Okrągła jednodrutowa
		R	Wielodrutowa sztywna
7	Liczba żył	1	jednożyłowy
		2, 3, 4,..	Dwu-, trzy- czterożyłowy,
8	Żyła ochronna	X	Brak żyły ochronnej
		G	Przewód z żyłą ochronną

#### 4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie trzy zasadnicze elementy zawiera krajowe oznaczenie literowo-cyfrowe przewodu?
2. Jakim symbolem literowym oznacza się żyłę jednodrutową przewodu?
3. Jakim symbolem literowym oznacza się żyłę wielodrutową przewodu?
4. Jaki symbol literowy zarezerwowany jest dla izolacji polwinitowej?
5. Jaki symbol literowy zarezerwowany jest dla izolacji polietylenowej?
6. Jaką literą oznacza się przewód płaski a jaką przewód wtynkowy?
7. Na jakie wartości napięcia znamionowego budowane są przewody elektryczne?



### 4.2.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Rozpoznaj rodzaje przewodów elektrycznych po ich oznaczeniach literowo-cyfrowych:

1. YDYp 5x2,5 mm<sup>2</sup> 450/750 V,
2. YLY 3x2,5 mm<sup>2</sup> 0,6/1 kV,
3. LGs 1x0,75 mm<sup>2</sup> 500 V,
4. SMYp 2x1 mm<sup>2</sup> 500 V,
5. OWY 5x2,5 mm<sup>2</sup> 750 V,
6. LgYd 1x4 mm<sup>2</sup> 450/750 V.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) rozpoznać rodzaj przewodu po oznaczeniu literowym,
- 2) scharakteryzować właściwości przewodu na podstawie oznaczenia literowego,
- 3) rozpoznać symbol cyfrowy przewodu,
- 4) wskazać zastosowanie rozpoznanego przewodu,
- 5) zapisać w zeszycie podane symbole przewodów oraz ich znaczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- długopis,
- zeszyt do ćwiczeń.

#### Ćwiczenie 2

Rozpoznaj przewody instalacyjne zgromadzone na Twoim stanowisku pracy na podstawie ich wyglądu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać oględzin wszystkich odcinków przewodów i omówić ich budowę,
- 2) rozpoznać przewody na podstawie ich wyglądu zewnętrznego,
- 3) podać oznaczenie literowo-cyfrowe każdego rozpoznanego przewodu,
- 4) podać przeznaczenie każdego rozpoznanego przewodu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- skrzynka zawierająca odcinki różnych przewodów instalacyjnych (co najmniej 10 odcinków),
- długopis,
- zeszyt ćwiczeń.

#### Ćwiczenie 3

Korzystając z tabeli 2 i 3 (str.12 i 13 poradnika dla ucznia) zaproponuj symbol literowo-cyfrowy, według norm krajowych i zharmonizowanych, dla przewodu miedzianego, 3-żyłowego, o żyłach jednodrutowych, w izolacji i powłoce polwinitowej, na napięcie znamionowe 450/750 V, o przekroju każdej żyły 1,5 mm<sup>2</sup>.

## Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przeanalizować uważnie informacje zawarte w tabeli 2 i zaproponować oznaczenie literowo-cyfrowe przewodu według normy krajowej,
- 2) przeanalizować uważnie informacje zawarte w tabeli 3 i zaproponować oznaczenie literowo-cyfrowe według norm zharmonizowanych,
- 3) zaobserwować i wskazać różnice w sposobie podawania napięcia znamionowego,
- 4) określić sposób podawania liczby żył i ich przekroju w obu sposobach oznaczania,
- 5) zapisać w zeszycie utworzone symbole i zaprezentować wyniki swojej pracy nauczycielowi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

### 4.2.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) rozpoznać rodzaj przewodu na podstawie wyglądu zewnętrznego?	..	..
2) rozpoznać rodzaj przewodu na podstawie jego oznaczenia literowo-cyfrowego, przy wykorzystaniu tabel pokazujących zasady oznaczania?	..	..
3) podać symbol literowo-cyfrowy przewodu na podstawie jego wyglądu?	..	..
4) rozpoznać rodzaj przewodu na podstawie jego oznaczenia literowo-cyfrowego, bez wykorzystania tabel pokazujących zasady oznaczania	..	..
5) wskazać przeznaczenie przewodu na podstawie jego oznaczenia literowo-cyfrowego?	..	..
6) zaproponować symbol literowo-cyfrowy mając dany opis budowy przewodu?	..	..

## 4.3. Dobieranie przewodów do warunków pracy instalacji elektrycznej

### 4.3.1. Materiał nauczania

Dobierając przewód elektryczny należy najpierw ustalić, jaki rodzaj przewodów nas interesuje: czy mają one być wykorzystane w instalacji wewnętrznej czy też linii kablowej lub napowietrznej. Należy również określić rodzaj instalacji (instalacja jednofazowa albo trójfazowa) oraz pamiętać, aby:

- w trakcie wieloletniej eksploatacji przewodu nie występowały żadne uszkodzenia spowodowane szkodliwym oddziaływaniem środowiska,
- zapewnić odpowiednią jakość energii (aby nie było zbyt dużych odchyłeń napięcia od wartości znamionowej),
- w warunkach pracy normalnej nie występowało nadmierne nagrzewanie się przewodów.

Szczegółowe zasady doboru przewodów elektrycznych w zależności od ich przeznaczenia, rodzaju oraz warunków pracy instalacji, właściwości środowiska, właściwości elementów konstrukcyjnych budynku określa norma PN-IEC 60364-5-52:2002.

Zgodnie z tą normą ustalono podstawowe zalecenia dotyczące rodzaju instalacji w zależności od typu przewodu (tabela 4).

**Tabela 4.** Sposoby doboru przewodów [7, s. 70]

Rodzaj przewodów elektrycznych	Sposoby wykonania instalacji							
	Bez zamocowań	Bezpośrednio na uchwytych	W rurach	W listwach instalacyjnych	W osłonach przewodowych	Na drabinkach, w korytkach kablowych, na wspornikach	Na izolatorach	Na linkach nośnych
Przewody gołe	-	-	-	-	-	-	+	-
Przewody izolowane	-	-	+	+	+	-	+	-
Przewody z powłokami	wielożyłowe	-	+	+	+	+	0	+
	jednożyłowe	0	+	+	+	+	0	+
- sposób niedopuszczalny, + sposób dopuszczalny, 0 sposób niestosowany w praktyce								

Ważnym kryterium doboru przewodów elektrycznych jest uwzględnienie odporności materiału izolacyjnego na szkodliwe oddziaływanie środowiska, w którym przewód ma pracować. Instalacja źle zaprojektowana, zbudowana i użytkowana może być niebezpieczna pod względem pożarowym i porażeniowym.

W związku z tym opracowane zostały zasady doboru przewodów elektrycznych w zależności od rodzaju pomieszczenia oraz warunków ich pracy (tabela 5).

Rozróżnia się następujące rodzaje pomieszczeń:

- suche** – o temperaturze od +5 °C do +35 °C i wilgotności względnej do 75% (np. mieszkania oprócz łazienek, biura, szkoły),
- przejściowo wilgotne** – o temperaturze od -5 °C do +35 °C i wilgotności do 75% (np. łazienki, kuchnie, piwnice),
- wilgotne** – o temperaturze do +35 °C i wilgotności względnej od 75% do 100% (np. suszarnie),
- gorące** – o temperaturze ponad +35 °C (np. łaźnie),

- e) **niebezpieczne pod względem pożarowym** – produkuje się lub magazynuje materiały łatwopalne (np. stolarnie, malarnie),
- f) **niebezpieczne pod względem wybuchowym** – zawierają materiały, które z powietrzem tworzą mieszaniny wybuchowe (np. rafinerie, lakiernie).

**Tabela 5.** Wybrane zasady doboru przewodów do warunków pracy (rodzaju pomieszczenia) [4, s. 249]

Rodzaj pomieszczenia	Rodzaj przewodu, rodzaj instalacji, sposób montażu
Pomieszczenia suche mieszkalne	<ul style="list-style-type: none"> <li>– przewody 1-żyłowe w rurach winidurowych (instalacja podtynkowa),</li> <li>– przewody wtynkowe (instalacja wtynkowa),</li> <li>– w listwach elektroinstalacyjnych,</li> <li>– w rurach stalowych lub winidurowych i prefabrykowanych kanałach podłogowych.</li> </ul>
Pomieszczenia suche produkcyjne	<ul style="list-style-type: none"> <li>– podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych,</li> <li>– przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych na uchwytych,</li> <li>– przewodami kabelkowymi na uchwytych dystansowych,</li> <li>– w korytkach instalacyjnych,</li> <li>– na linkach nośnych przewodami kabelkowymi w wiązkach,</li> <li>– w osłonach z rur winidurowych przewodami kabelkowymi w wiązkach,</li> <li>– przewodami szynowymi,</li> <li>– w rurach stalowych i prefabrykowanych kanałach podłogowych.</li> </ul>
Przejściowo wilgotne i wilgotne	<ul style="list-style-type: none"> <li>– przewodami kabelkowymi na uchwytych dystansowych,</li> <li>– przewodami kabelkowymi w korytkach instalacyjnych,</li> <li>– podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach winidurowych.</li> </ul>
Gorące	<ul style="list-style-type: none"> <li>– na gałkach, rolkach, izolatorach przewodami gołymi, miedzianymi,</li> <li>– podtynkowa przewodami jednożyłowymi w rurach winidurowych,</li> <li>– przewodami o wzmocnionej izolacji cieplnej na uchwytych dystansowych,</li> <li>– w rurach stalowych i prefabrykowanych kanałach podłogowych.</li> </ul>
Niebezpieczne pod względem pożarowym	<ul style="list-style-type: none"> <li>– przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych na uchwytych,</li> <li>– przewodami kabelkowymi na uchwytych dystansowych,</li> <li>– podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach winidurowych lub stalowych,</li> <li>– przewodami szynowymi,</li> <li>– przewodami kabelkowymi na uchwytych.</li> </ul>
Niebezpieczne pod względem wybuchowym	<ul style="list-style-type: none"> <li>– przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych na uchwytych,</li> <li>– przewodami kabelkowymi opancerzonymi na uchwytych,</li> <li>– podtynkowa przewodami 1-żyłowymi w rurach stalowych.</li> </ul>
Przestrzenie zewnętrzne	<ul style="list-style-type: none"> <li>– na gałkach, rolkach i izolatorach przewodami gołymi i izolowanymi,</li> <li>– przewodami 1-żyłowymi w rurach instalacyjnych na uchwytych,</li> <li>– na drabinkach kablowych,</li> <li>– na linkach nośnych przewodami kabelkowymi w wiązkach,</li> <li>– w osłonach z rur winidurowych przewodami kabelkowymi w wiązkach.</li> </ul>

Przewody elektryczne powinny być dobrane ze względu na ich wytrzymałość mechaniczną. W nowych lub modernizowanych instalacjach do 1 kV, wykonywanych w budynkach należy stosować wyłącznie przewody elektryczne z żyłami miedzianymi o przekrojach do 10 mm<sup>2</sup>. Jednocześnie instalacje mieszkaniowe powinny być wykonane w układzie sieci TN-S, z wydzielonym przewodem ochronnym PE oraz z zastosowaniem przewodów o przekroju nie mniejszym niż 1,5 mm<sup>2</sup> w obwodach oświetleniowych i gniazd wtyczkowych ogólnego przeznaczenia oraz 2,5 mm<sup>2</sup> lub 4 mm<sup>2</sup> w obwodach trójfazowych (np. kuchni elektrycznej lub ogrzewacz wody).

Najmniejsze wymiary poprzeczne przewodów ochronnych PE podaje tabela 6.

**Tabela 6.** Minimalne dopuszczalne przekroje przewodów ochronnych PE [6, s. 21]

Przekrój przewodów fazowych $S$ [mm <sup>2</sup> ]	Minimalny przekrój przewodu ochronnego [mm <sup>2</sup> ]
$S \leq 16$	$S$
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	$0,5 \cdot S$

Przewód ochronno-neutralny PEN w instalacjach ułożonych na stałe w układzie sieci TN powinien mieć przekrój nie mniejszy niż 10 mm<sup>2</sup> (dla przewodów o żyłach miedzianych) lub 16 mm<sup>2</sup> (dla przewodów o żyłach aluminiowych).

**Uwaga:**

- W każdym przypadku przekroje przewodów powinny być dobrane do aktualnego i przewidywanego obciążenia.
- Dobór przekroju przewodów dla spodziewanego obciążenia omówiono w rozdziale 4.6 poniższego poradnika.

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaki jest zalecany sposób montowania przewodów gołych?
2. Jaki jest zalecany sposób montowania przewodów izolowanych?
3. W jaki sposób można montować przewody z powłokami?
4. Dlaczego niedopuszczalne jest montowanie przewodów z izolacją roboczą bezpośrednio na uchwytach?
5. Jaki znasz podział pomieszczeń, w których montuje się instalacje?
6. Jaki rodzaj przewodów instaluje się w pomieszczeniach suchych?
7. Jakie przewody można wykorzystywać do budowy instalacji w pomieszczeniach niebezpiecznych pod względem pożarowym?
8. W jaki sposób można montować przewody w pomieszczeniach wilgotnych i jakie są to przewody?
9. Jaki jest zalecany minimalny przekrój przewodów roboczych w instalacjach mieszkaniowych?
10. Od czego zależy i ile wynosi minimalny przekrój przewodów ochronnych PE?

### 4.3.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Spośród dostępnych na stanowisku przewodów dobierz przewody do wykonania instalacji elektrycznej w pomieszczeniu wilgotnym. Zaproponuj sposoby ułożenia przewodów w takim pomieszczeniu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) wyjaśnić, jakie pomieszczenie nazywamy wilgotnym i podać przykład takiego pomieszczenia,
- 2) zgodnie z tabelą 5 str.18 (poradnik dla ucznia) określić rodzaj przewodów możliwych do montowania w takim pomieszczeniu,
- 3) odszukać na stanowisku pracy przewody, możliwe do wykorzystania w pomieszczeniu wilgotnym,
- 4) określić sposób montażu wybranego przewodu z tabelą 4 i 5 (str.1 7, 18 poradnika dla ucznia).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odcinki przewodów elektrycznych do montażu w różnych warunkach środowiska,
- poradnik dla ucznia,
- zeszyt do ćwiczeń.

#### Ćwiczenie 2

Przekrój przewodów roboczych w pewnej instalacji elektrycznej mieszkaniowej ułożonej na stałe w tynku ma wynosić  $2,5 \text{ mm}^2$ . Jaki powinien być przekrój przewodu ochronnego w tej instalacji?

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zapoznać się z informacjami zawartymi w tabeli 6 (str. 19 poradnika dla ucznia) i ustalić przekrój przewodu ochronnego,
- 2) mając informacje o warunkach pracy instalacji i wiedząc, że jest to instalacja jednofazowa, ustalić rodzaj przewodu i podać jego symbol literowo-cyfrowy,
- 3) wskazać zalecany przewód na stanowisku pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- różne typy przewodów elektrycznych.

#### Ćwiczenie 3

Określ typ przewodu zasilającego trójfazowe urządzenie do cyklinowania podłogi.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) ustalić, jaką klasę ochronności posiada urządzenie do cyklinowania podłogi,

- 2) w zależności od klasy ochronności analizowanego urządzenia wybrać przewód z żyłą ochronną lub bez żyły ochronnej,
- 3) określić warunki pracy przewodu przy eksploatacji urządzenia i na tej podstawie opisać budowę żył, rodzaj izolacji i powłoki,
- 4) opisać budowę przewodu i podać jego symbol literowy,
- 5) wskazać przewód na stanowisku pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- różne typy przewodów elektrycznych.

#### 4.3.4. Sprawdzian postępów

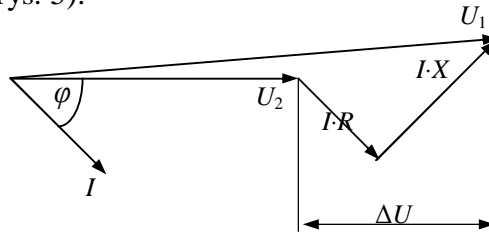
**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) określić zalecane sposoby wykonania instalacji w zależności od rodzaju przewodu?	..	..
2) sklasyfikować pomieszczenia w zależności od warunków pracy instalacji?	..	..
3) określić zalecany sposób ułożenia przewodów w zależności od przeznaczenia pomieszczenia?	..	..
4) dobrać rodzaj przewodu do warunków pracy instalacji elektrycznej?	..	..
5) określić przekrój przewodu ochronnego w zależności od przekroju przewodów fazowych?	..	..

## 4.4. Metody obliczania spadków napięć w instalacjach elektrycznych jedno- i trójfazowych

### 4.4.1. Materiał nauczania

W instalacjach jedno- i trójfazowych prąd elektryczny, przepływając przez przewód, wywołuje na rezystancji  $R$  toru przesyłowego stratę napięcia  $I \cdot R$  (jest ona zgodna w fazie z prądem), a na reaktancji  $X$  stratę  $I \cdot X$  (wyprzedza ona prąd o kąt  $90^\circ$ ). Zgodnie z II prawem Kirchhoffa napięcie na początku linii  $U_1$  jest równoważone przez sumę napięcia  $U_2$  na końcu linii i obu strat napięcia (rys. 5).



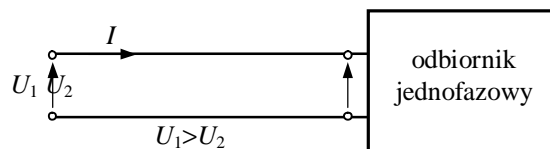
**Rys. 5.** Wykres wektorowy ilustrujący spadek napięcia  $\Delta U$  [opracowanie własne]  
 $I$  – prąd płynący w torze przesyłowym,  
 $U_1$  – napięcie na początku linii,  $U_2$  – napięcie na końcu linii,  
 $R$  – rezystancja toru przesyłowego,  $X$  – reaktancja toru przesyłowego,  
 $j$  – kąt przesunięcia napięcia względem prądu zależny od rodzaju odbiornika.

Strata napięcia jest to różnica geometryczna napięcia  $U_1$  na początku i napięcia  $U_2$  na końcu linii:

$$\Delta U = U_1 - U_2 \text{ [V].}$$

Spadek napięcia jest to różnica algebraiczna napięcia  $U_1$  na początku i napięcia  $U_2$  na końcu linii:

$$\Delta U = U_1 - U_2 \text{ [V].}$$



**Rys. 6.** Ilustracja spadku napięcia w instalacji jednofazowej [opracowanie własne]

Pomijając stratę napięcia na reaktancji  $X$ , która w instalacjach elektrycznych do 1 kV jest pomijalnie mała i przyjmując założenie, że strata napięcia jest w przybliżeniu równa spadkowi napięcia można zapisać zależność:

$$U_2 = U_1 - R \cdot I \cdot \cos j \text{ [V],}$$

$$U_1 - U_2 = R \cdot I \cdot \cos j \text{ [V],}$$

$$\Delta U = R \cdot I \cdot \cos j \text{ [V].}$$

#### Uwaga:

$\cos j$  to współczynnik mocy odbiornika,

- dla odbiorników o charakterze rezystancyjnym, jak żarówki czy grzejniki  $\cos j = 1$ ,
- dla odbiorników o charakterze rezystancyjno-indukcyjnym, np. dla silników indukcyjnych  $\cos j < 1$  (np.  $\cos j = 0,8$ ).

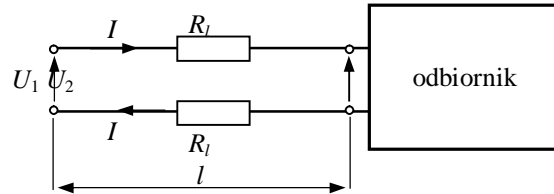


Rezystancja  $R$  toru przesyłowego wynosi:

$$R = 2 \cdot R_l \text{ [}\Omega\text{]}.$$

gdzie:

$R_l$  – rezystancja jednej żyły przewodu o długości  $l$ ,  
 $l$  – długość przewodu od źródła zasilania od odbiornika.



Rys. 7. Schemat zastępczy linii dwuprzewodowej [opracowanie własne]

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot R_l \cdot \cos j$$

Rezystancję  $R_l$  przewodu obliczyć można ze wzoru:

$$R_l = \frac{l}{g \cdot S}$$

w którym:  $l$  – długość przewodu [m],  $S$  – przekrój poprzeczny [ $\text{mm}^2$ ],  
 $g$  – przewodność właściwa materiału przewodów [ $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ ],

$$\Delta U = I \cdot 2 \cdot \frac{l}{g \cdot S} \cdot \cos j .$$

Po uporządkowaniu wzór na spadek napięcia wyrażony w woltach ma postać:

$$\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos j}{g \cdot S} .$$

Spadek napięcia można obliczać w woltach zgodnie z powyższym wzorem lub w % w stosunku do napięcia znamionowego  $U_N$ , według wzoru:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_N} \cdot 100\% ,$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos j}{U_N \cdot g \cdot S} \cdot 100\% .$$

Często nie wiemy, jaki prąd płynie w przewodzie doprowadzającym energię do odbiornika, lecz znamy jego moc  $P = U \cdot I \cdot \cos j$ , wówczas podstawiając:

$$I \cdot \cos j = \frac{P}{U}$$

otrzymujemy wzór:

$$\Delta U_{\%} = \frac{2 \cdot P \cdot l}{U_N^2 \cdot g \cdot S} \cdot 100\% .$$

gdzie :

$l$  – długość przewodu [m],  $P$  – moc [W],  $U_N$  – napięcie znamionowe [V],  
 $I$  – natężenie prądu [A],  $g$  – przewodność właściwa materiału przewodów [ $\text{m}/\Omega\text{mm}^2$ ],  
 $\Delta U_{\%}$  – spadek napięcia [%].

lub

$$\Delta U_{\%} = \frac{200 \cdot P \cdot R_l}{U_N^2} \%$$

W linii trójfazowej wzór na spadek napięcia  $\Delta U$  wyrażony w woltach ma postać:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot \frac{l \cdot I \cdot \cos j}{g \cdot S}$$

Spadek napięcia wyrażony w procentach obliczyć można według poniższych równoważnych sobie wzorów:

$$\Delta U_{\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos j}{g \cdot S \cdot U_N} \cdot 100\%$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{P \cdot l}{g \cdot S \cdot U_N^2} \cdot 100\%$$

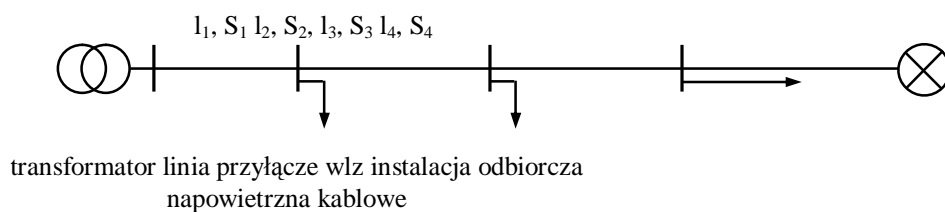
$$\Delta U_{\%} = \frac{100 \cdot P \cdot R_l}{U_N^2} \%$$

Uwaga:

Do obliczeń spadku napięcia w linii trójfazowej należy przyjąć jako  $U_N$  wartość napięcia znamionowego międzyfazowego.

Instalacje elektryczne obiektów budowlanych wykonuje się najczęściej jako sieci promieniowe wielostopniowe (rys. 8). W takich instalacjach spadek napięcia obliczamy jako sumę spadków napięć na poszczególnych odcinkach:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 + \dots = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta U_i$$



**Rys. 8.** Przykład sieci zasilającej obiekt budowlany. Strzałki oznaczają kolejne odbiory energii elektrycznej [6, s. 21]

#### 4.4.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jaka jest definicja spadku napięcia?
2. Czym spowodowany jest spadek napięcia w liniach przesyłowych?
3. Od czego zależy rezystancja przewodu elektrycznego?
4. Co to jest  $\cos j$  ?
5. Jaka jest wartość  $\cos j$  dla odbiorników o charakterze rezystancyjnym?

6. W jakich jednostkach można obliczać spadek napięcia?
7. Od jakich parametrów zależy spadek napięcia w linii jednofazowej?
8. Jaki jest wzór na procentowy spadek napięcia w linii jednofazowej?
9. Jaki jest wzór na spadek napięcia w linii trójfazowej?

### 4.4.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Dana jest instalacja jednofazowa zasilająca odbiornik oświetleniowy – żarówkę o mocy  $P = 100 \text{ W}$ . Oblicz spadek napięcia wyrażony w woltach oraz w procentach, jeżeli napięcie znamionowe instalacji  $U_N = 230 \text{ V}$ , długość przewodu wykonanego z miedzi  $l = 100 \text{ m}$ , a przekrój poprzeczny przewodu  $S = 1,5 \text{ mm}^2$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapisać w zeszycie wzory potrzebne do obliczenia spadków napięcia w woltach oraz w procentach,
- 2) odnaleźć w poradniku lub w zeszycie wartość przewodności właściwej dla miedzi,
- 3) podstawić wszystkie dane do zapisanych wcześniej wzorów,
- 4) obliczyć spadek napięcia w woltach oraz w procentach.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- długopis.

#### Ćwiczenie 2

Jaki jest spadek napięcia w linii trójfazowej wykonanej przewodem YDYp  $5 \times 2,5 \text{ mm}^2$  o długości  $l = 25 \text{ m}$ , napięciu  $U_N = 400 \text{ V}$  i prądzie obciążenia  $I = 16,5 \text{ A}$  jeżeli współczynnik mocy  $\cos \varphi = 1$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

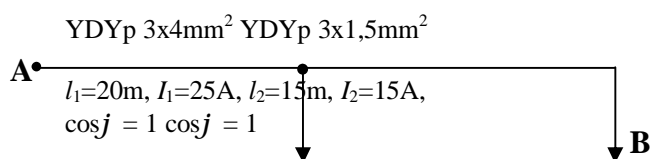
- 1) rozszyfrować symbol literowy przewodu i podać materiał do budowy żyły,
- 2) określić wartość konduktywności materiału przewodowego,
- 3) zapisać w zeszycie wzory na spadek napięcia w linii trójfazowej wyznaczony w woltach i w procentach,
- 4) podstawić dane z zadania do wzorów i obliczyć spadek napięcia.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- długopis.

### Ćwiczenie 3

Oblicz spadek napięcia w linii jednofazowej o  $U_N = 230\text{ V}$ , od źródła zasilania (punkt A) do miejsca odbioru (punkt B), wykonanej zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku poniżej.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) obliczyć spadek napięcia w instalacji wykonanej przewodem YDYP 3x4 mm<sup>2</sup>,
- 2) obliczyć spadek napięcia w instalacji wykonanej przewodem YDYP 3x1,5 mm<sup>2</sup>,
- 3) obliczyć całkowity spadek napięcia (wynik podać w woltach i procentach).

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- długopis.

#### 4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wyjaśnić, czym spowodowany jest spadek napięcia w instalacji elektrycznej?	..	..
2) wyprowadzić wzory na spadek napięcia w instalacji jednofazowej?	..	..
3) wyprowadzić wzory na spadek napięcia w instalacji trójfazowej?	..	..
4) obliczyć spadek napięcia w woltach w instalacji jednofazowej?	..	..
5) obliczyć spadek napięcia w woltach w instalacji trójfazowej?	..	..
6) przeliczyć spadek napięcia w woltach na spadek napięcia w procentach i odwrotnie?	..	..

## 4.5. Dobór przekroju przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia. Obliczanie długości przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia

### 4.5.1. Materiał nauczania

Nowoczesne odbiorniki wymagają dostarczania z sieci energii elektrycznej o określonym poziomie jakości, to znaczy o takich parametrach, których wielkości zawierają się w dopuszczalnym zakresie. Decydujący wpływ ma poziom napięcia, czyli wartość napięcia występującego długotrwale na zaciskach przyłączeniowych pracujących odbiorników. Odbiory pracują bowiem najlepiej, jeżeli są zasilane napięciem równym napięciu znamionowemu lub niewiele się od niego różniącym.

W związku z tym norma PN-IEC 60364-5-52:2002 określa dla instalacji elektrycznych wartości dopuszczalnych spadków napięć  $\Delta U_{\% \text{ dop}}$ . Zgodnie z tą normą:

- dopuszczalny spadek napięcia pomiędzy złączem instalacji elektrycznej a urządzeniem odbiorczym wynosi 4%,
- spadek napięcia od licznika energii elektrycznej do punktu przyłączenia odbiornika nie powinien być większy niż 3%,
- spadki napięcia na wewnętrznych liniach zasilających nie powinny przekraczać wartości podanych w tabeli 6.

**Tabela 7.** Dopuszczalne spadki napięć w wewnętrznych liniach zasilających [6, s. 23]

Wartość mocy przesyłanej przez wlv [kVA]	Dopuszczalny spadek napięcia [%]
do 100	0,5
100 ÷ 250	1,0
250 ÷ 400	1,25
powyżej 400	1,5

Zgodnie ze wzorem:

$$\Delta U_{\% \text{ dop}} = \frac{\Delta U_{\text{dop}}}{U_N} \cdot 100\%$$

dopuszczalny spadek napięcia wyznaczony w procentach można przeliczyć na dopuszczalny spadek napięcia w woltach i odwrotnie. Przykłady przeliczonych spadków napięć podaje tabela 8.

**Tabela 8.** Największe dopuszczalne spadki napięć [5, s. 50]

Określenie przewodu	Dopuszczalny spadek napięcia		
	w procentach	w woltach przy napięciu	
		230 V	400 V
Instalacja odbiorcza oświetleniowa lub oświetleniowo-siłowa (od wlv do odbiornika)	2	4,6	8,0
Instalacja odbiorcza siłowa i grzejna (od wlv do odbiornika)	3	6,9	12,0
Wewnętrzna linia zasilająca	1	2,3	4,0

Do poprawnego doboru minimalnego przekroju przewodów  $S$  ze względu na dopuszczalny spadek napięcia należy wykorzystać wzory wyprowadzone w rozdziale 4.4 tego poradnika. Wzory te po odpowiednim przekształceniu mają postać:

a) dla instalacji jednofazowej:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos j}{g \cdot \Delta U_{dop}} \text{ [mm}^2\text{]},$$

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos j}{U_N \cdot g \cdot \Delta U_{\%dop}} \cdot 100\% \text{ [mm}^2\text{]},$$

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot l}{U_N^2 \cdot g \cdot \Delta U_{\%dop}} \cdot 100\% \text{ [mm}^2\text{]},$$

b) dla instalacji trójfazowej:

$$S = \sqrt{3} \cdot \frac{l \cdot I \cdot \cos j}{g \cdot \Delta U_{dop}} \text{ [mm}^2\text{]},$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot l \cdot \cos j}{g \cdot \Delta U_{\%dop} \cdot U_N} \cdot 100\% \text{ [mm}^2\text{]},$$

$$S = \frac{P \cdot l}{g \cdot \Delta U_{\%dop} \cdot U_N^2} \cdot 100\% \text{ [mm}^2\text{]}.$$

Po obliczeniu przekroju przewodów  $S$  zgodnie z powyższymi wzorami, należy następnie dobrać właściwy przewód o przekroju znamionowym  $S_N$  takim, że  $S \leq S_N$ .

Podobnie jak wzory pozwalające obliczyć przekrój przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia, również i wzory na długość przewodu można otrzymać po odpowiednim przekształceniu wzorów wyprowadzonych w rozdziale 4.4 tego poradnika:

a) dla instalacji jednofazowej:

$$l = \frac{\Delta U_{dop} \cdot S \cdot g}{2 \cdot I \cdot \cos j} \text{ [m]},$$

$$l = \frac{U_N \cdot \Delta U_{\%dop} \cdot S \cdot g}{2 \cdot I \cdot \cos j \cdot 100\%} \text{ [m]},$$

$$l = \frac{U_N^2 \cdot \Delta U_{\%dop} \cdot S \cdot g}{2 \cdot P \cdot 100\%} \text{ [m]}.$$

b) dla instalacji trójfazowej:

$$l = \frac{\Delta U_{dop} \cdot S \cdot g}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos j} \text{ [m]},$$

$$l = \frac{U_N \cdot \Delta U_{\%dop} \cdot S \cdot g}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos j \cdot 100\%} \text{ [m]},$$

$$l = \frac{U_N^2 \cdot \Delta U_{\%dop} \cdot S \cdot g}{P \cdot 100\%} \text{ [m]}.$$

## 4.5.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie są wartości dopuszczalnych spadków napięć w instalacjach odbiorczych?
2. Jakie są wartości dopuszczalnych spadków napięć na wewnętrznych liniach zasilających ?
3. Na podstawie jakich wzorów wyprowadzić można wzór na przekrój przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia?
4. Jakimi wzorami określony jest przekrój przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia w instalacji jednofazowej?
5. Jakimi wzorami określony jest przekrój przewodów ze względu na dopuszczalny spadek napięcia w instalacji trójfazowej?
6. Jaki jest warunek doboru przekroju znamionowego przewodu po obliczeniu go ze względu na dopuszczalny spadek napięcia?

## 4.5.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Dobierz przekrój żyły przewodu do instalacji jednofazowej o napięciu  $U_N = 230$  V, jeżeli długość przewodu o żyłce miedzianej  $l = 20$  m, spodziewany prąd obciążenia  $I = 13$  A, współczynnik mocy  $\cos \phi = 1$ , a dopuszczalny spadek napięcia wynosi 2%.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) podać właściwy wzór pozwalający obliczyć przekrój przewodu w instalacji jednofazowej ze względu na dopuszczalny spadek napięcia,
- 2) wyjaśnić znaczenie wszystkich wielkości występujących we wzorze oraz podać ich jednostki,
- 3) obliczyć przekrój przewodu, podstawiając dane wynikające z treści zadania,
- 4) dobrać przekrój znamionowy pamiętając, że  $S_N \geq S$ .

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

### Ćwiczenie 2

Moc odbiornika trójfazowego  $P = 1,1$  kW, długość przewodu  $l = 15$  m. Dobierz przekrój znamionowy przewodu o żyłce miedzianej, jeżeli  $U_N = 400$  V, a dopuszczalny spadek napięcia wynosi 3%.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wypisać do zeszytu dane z zadania, a następnie zapisać wzór pozwalający obliczyć przekrój  $S$  w zależności od tych danych,
- 2) podstawić dane i obliczyć przekrój przewodu,
- 3) dobrać przekrój znamionowy pamiętając, że  $S_N \geq S$ .

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

### Ćwiczenie 3

Oblicz długość przewodu wewnętrznej linii zasilającej wykonanej kablem miedzianym o przekroju żyły  $10 \text{ mm}^2$ , jeżeli linia jest trójfazowa o  $U_N = 400 \text{ V}$ , dopuszczalny spadek napięcia wynosi  $0,5\%$ , spodziewany prąd obciążenia  $25 \text{ A}$ , a współczynnik mocy  $\cos \phi = 0,9$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać lub wyprowadzić wzór pozwalający obliczyć długość przewodu ze względu na dopuszczalny spadek napięcia,
- 2) wyjaśnić znaczenie wszystkich wielkości występujących w tym wzorze oraz podać ich jednostki,
- 3) obliczyć długość wewnętrznej linii zasilającej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- kalkulator,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

#### 4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) podać wartości dopuszczalnych spadków napięć w instalacjach odbiorczych i na wewnętrznych liniach zasilających?	..	..
2) wyprowadzić lub napisać z pamięci wzór na przekrój przewodu ze względu na dopuszczalny spadek napięcia w instalacji jednofazowej?	..	..
3) wyprowadzić lub napisać z pamięci wzór na przekrój przewodu ze względu na dopuszczalny spadek napięcia w instalacji trójfazowej?	..	..
4) obliczyć przekrój przewodu ze względu na dopuszczalny spadek napięcia w instalacji jedno- i trójfazowej?	..	..
5) obliczyć długość przewodu ze względu na dopuszczalny spadek napięcia w instalacji jedno- i trójfazowej?	..	..



## 4.6. Dobór przekroju przewodów ze względu na obciążalność prądową długotrwałą

### 4.6.1. Materiał nauczania

Przy doborze przekroju przewodu w instalacjach elektrycznych należy brać pod uwagę nie tylko dopuszczalny spadek napięcia, ale również jego wytrzymałość mechaniczną, skuteczność ochrony przeciwporażeniowej oraz obciążalność prądową długotrwałą.

Obciążalność prądowa długotrwałą nazywana jest również dopuszczalnym długotrwałym prądem w przewodzie  $I_Z$  (lub  $I_{dd}$ ). Jest to taki prąd, który wywołuje nagrzanie przewodu do tzw. temperatury dopuszczalnej długotrwałe  $J_{dd}$ . Dopuszczalna obciążalność prądowa przewodów jest ograniczona dopuszczalną temperaturą izolacji żył, np. dla przewodów ułożonych na stałe w izolacji polwinitowej temperatura ta wynosi 70 °C.

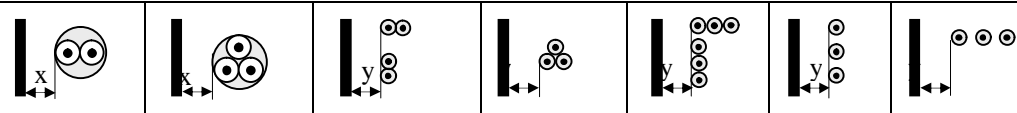
Aby dobrać przekrój przewodu elektrycznego ze względu na dopuszczalną obciążalność długotrwałą należy skorzystać z odpowiednich tabel uzależniających przekrój od sposobu ułożenia przewodu oraz liczby żył (tabela 9 i 10).

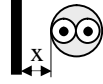
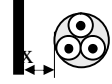


**Tabela 9.** Obciążalność prądowa długotrwałą w amperach przewodów elektrycznych i kabli z żyłami miedzianymi i aluminiowymi w izolacji PCV ułożonych w ścianach, na ścianach lub w ziemi [6, s. 18]

Przekrój znamionowy [mm <sup>2</sup> ]	Sposób ułożenia przewodu i liczba żył							
	Przewody jednożyłowe w rurach i wielożyłowe w ścianach		Przewody jednożyłowe w rurach na ścianie		Przewody wielożyłowe na ścianie		Kable w przepustach i w ziemi	
	2	3	2	3	2	3	2	3
Przewody i kable o żyłach miedzianych								
1,5	14,5	13	17,5	15,5	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	24	21	26	24	29	24
4	26	24	32	28	35	32	38	31
6	34	31	41	36	46	41	47	39
10	46	42	57	50	63	57	63	52
16	61	56	76	68	85	76	81	67
25	80	73	101	89	112	96	104	86
35	99	89	125	111	138	119	125	103
50	119	108	151	134	168	144	148	122
70	151	136	192	171	213	184	183	151
95	182	164	232	207	258	223	216	179
120	210	188	269	239	299	259	246	203
150	240	216	-	-	344	294	278	230
185	273	248	-	-	392	341	312	257
240	320	286	-	-	461	403	360	297
300	367	328	-	-	530	464	407	336

Przekrój znamionowy [mm <sup>2</sup> ]	Sposób ułożenia przewodu i liczba żył							
	Przewody jednożyłowe w rurach i wielożyłowe w ścianach		Przewody jednożyłowe w rurach na ścianie		Przewody wielożyłowe na ścianie		Kable w przepustach i w ziemi	
	2	3	2	3	2	3	2	3
Przewody i kable o żyłach aluminiowych								
16	48	43	59	53	66	59	62	52
25	63	57	79	69	83	73	80	66
35	77	70	98	86	103	91	96	81
50	93	84	118	105	125	110	113	94
70	118	107	150	133	160	140	140	117
95	142	129	181	161	195	170	166	139
120	164	149	210	186	226	197	189	157
150	189	170	-	-	261	227	213	179
185	215	194	-	-	298	259	240	200
240	252	227	-	-	352	305	277	232
300	289	261	-	-	406	351	313	261

**Tabela 10.** Obciążalność prądowa długotrwała w amperach przewodów i kabli z żyłami miedzianymi i aluminiowymi w izolacji PCV ułożonych w powietrzu  $x \geq 0,3 \cdot D_e$ ,  $y \geq D_e$ ,  $D_e$  – średnica przewodu [6, s. 19]

Przekrój $S_N$ żyły [mm <sup>2</sup> ]	Przewody i kable wielożyłowe		Przewody i kable jednożyłowe				
	Dwie żyły	Trzy żyły	Dwa	Trzy w układzie trójkąta	Trzy przewody w układzie płaskim		
					Stykają się	Oddalone od siebie	
	Sposób ułożenia						
							
Żyły miedziane							
1,5	22	18,5	-	-	-	-	-
2,5	30	25	-	-	-	-	-
4	40	34	-	-	-	-	-
6	51	43	-	-	-	-	-
10	70	60	-	-	-	-	-
16	94	80	-	-	-	-	-
25	119	101	131	110	114	146	130
35	148	126	162	137	143	181	162
50	181	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	307	320	396	362
150	379	319	406	356	371	456	419
185	434	364	463	407	426	521	480

Przekrój $S_N$ żyły [mm <sup>2</sup> ]	Przewody i kable wielożyłowe		Przewody i kable jednożyłowe				
	Dwie żyły	Trzy żyły	Dwa	Trzy w układzie trójkąta	Trzy przewody w układzie płaskim		
					Stykają się	Oddalone od siebie	
			pion			poziom	
	Sposób ułożenia						
							
240	513	430	546	482	504	615	569
300	594	497	629	556	582	709	659
400	-	-	754	664	698	852	795
500	-	-	868	757	797	982	920
630	-	-	1005	856	899	1138	1070
Żyły aluminiowe							
16	73	61	-	-	-	-	-
25	89	78	98	84	87	112	99
35	111	96	122	105	109	139	124
50	135	117	149	128	133	169	152
70	173	150	192	166	173	217	196
95	210	182	235	203	212	265	241
120	244	212	273	237	247	308	282
150	282	245	316	274	287	356	326
185	322	280	363	315	330	407	376
240	380	330	430	375	392	482	447
300	439	381	497	434	455	557	519
400	-	-	600	526	552	672	626
500	-	-	694	61	640	775	730
630	-	-	808	710	746	900	852

Uwaga:

W tabelach 9 i 10 brane są pod uwagę tylko żyły lub przewody obciążone prądem o wartości porównywalnej z  $I_Z$ . Nie wlicza się przewodów i żył ochronnych PE oraz przewodów i żył neutralnych N obwodów trójfazowych obciążonych symetrycznie.

Dobór przekroju przewodu należy przeprowadzić w taki sposób, aby spełniony był warunek:

$$I_Z \geq I_B$$

Jeżeli w jednym miejscu ułożona jest większa liczba przewodów, wówczas powinien być spełniony warunek:

$$F \cdot I_Z \geq I_B$$

$F$  – współczynnik zmniejszający,

$I_Z$  – obciążalność prądowa długotrwała,

$I_B$  – obliczeniowy prąd obciążenia (prąd roboczy).

Wartości współczynnika  $F$  zmniejszającego obciążalność przewodów przedstawia tabela 11.

**Tabela 11.** Wartości współczynnika  $F$  zmniejszającego obciążalność przewodów [6, s. 16]

Rozmieszczenie	Liczba stykających się obwodów lub przewodów wielożyłowych											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Wiązka w powietrzu, na ścianie lub posadzce, w rurkach, kanałach albo w ścianie	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
W pojedynczej warstwie na ścianie, podłodze lub w zamkniętym korytku instalacyjnym	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Dla liczby obwodów lub przewodów wielożyłowych większej niż 9 nie stosuje się żadnych poprawek		
W pojedynczej warstwie bezpośrednio pod sufitem	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61			
W pojedynczej warstwie w poziomym lub pionowym perforowanym korytku instalacyjnym	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
W pojedynczej warstwie na drabince instalacyjnej, w uchwytach instalacyjnych itp.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

#### 4.6.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Co to jest obciążalność prądowa długotrwała?
2. Od czego zależy wartość obciążalności długotrwałej przewodu?
3. Dlaczego dopuszczalna obciążalność długotrwała jest mniejsza dla większej liczby żył?
4. Jaki prąd oznaczony jest symbolem  $I_B$ ?
5. Co to jest współczynnik przeliczeniowy  $F$ ?
6. W jakich przypadkach współczynnik przeliczeniowy wynosi 1?
7. Jaki warunek powinien być spełniony, aby prawidłowo wyznaczyć przekrój przewodu według kryterium dopuszczalnej obciążalności długotrwałej?

### 4.6.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Należy dobrać przekrój przewodu YDY zasilającego odbiornik jednofazowy o napięciu  $U_N = 230 \text{ V}$ , mocy  $P_N = 2500 \text{ W}$  i współczynniku mocy  $\cos \varphi = 1$ . Przewód ma być umieszczony na stałe w tynku.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) ze wzoru na moc czynną w obwodzie jednofazowym obliczyć wartość prądu płynącego w przewodzie w warunkach normalnej pracy,
- 2) odszukać w tabeli wartość prądu dopuszczalnego długotrwale, pamiętając o spełnieniu warunku  $I_Z \geq I_B$ ,
- 3) odczytać zalecany przekrój przewodu,
- 4) zapisać rozwiązanie i uzasadnienie rozwiązania w zeszycie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- zeszyt ćwiczeń,
- kalkulator,
- długopis.

#### Ćwiczenie 2

Obliczeniowy prąd odbiornika trójfazowego symetrycznego wynosi  $I_B = 16 \text{ A}$ . Dobierz przekrój przewodu ze względu na obciążalność długotrwałą, wiedząc, że przewód pięciziołowy z trzema żyłami obciążonymi prądem roboczym ma być ułożony na stałe w ścianie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapisać w zeszycie warunek konieczny do poprawnego doboru przekroju  $F \cdot I_Z \geq I_B$ ,
- 2) wyjaśnić znaczenie wszystkich wielkości występujących w powyższym wzorze,
- 3) określić wartość współczynnika  $F$ , jeżeli przewód zasilający nie styka się z żadnymi innymi przewodami,
- 4) wyznaczyć minimalną wartość prądu  $I_Z$ ,
- 5) korzystając z odpowiedniej tabeli dobrać przekrój przewodu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- zeszyt ćwiczeń,
- kalkulator,
- długopis.

### Ćwiczenie 3

Wyznacz maksymalny prąd roboczy obciążenia  $I_B$ , przy zastosowaniu przewodu YDY 5x2,5 mm<sup>2</sup>. Wiadomo, że odbiornik jest trójfazowy i ma symetrycznie obciążone 3 żyły, a instalację wykonano w korytku instalacyjnym na ścianie wspólnie z jeszcze jednym przewodem wielożyłowym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) odszukać dla danego przewodu wartość dopuszczalnej obciążalności długotrwałej  $I_Z$  (tabela 9 str. 31 poradnika dla ucznia),
- 2) odszukać wartość współczynnika zmniejszającego  $F$  w zależności od liczby stykających się przewodów (tabela 11 str. 34 poradnika dla ucznia),
- 3) dobrać prąd obciążenia pamiętając, że  $I_B \leq F \cdot I_Z$ .

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik dla ucznia,
- zeszyt ćwiczeń,
- kalkulator,
- długopis.

#### 4.6.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wyjaśnić, co oznacza pojęcie „obciążalność prądowa długotrwała”?	..	..
2) podać jednostkę dopuszczalnej obciążalności długotrwałej?	..	..
3) wskazać właściwą kolumnę w tabeli 9 i 10 w zależności od warunków pracy przewodów?	..	..
4) dobrać przekrój przewodu ze względu na dopuszczalną obciążalność długotrwałą, znając prąd roboczy w obwodzie i sposób ułożenia przewodów?	..	..
5) dobrać przekrój przewodu ze względu na dopuszczalną obciążalność długotrwałą, znając moc odbiornika, jego napięcie i współczynnik mocy?	..	..
6) dobrać przekrój przewodu z uwzględnieniem współczynnika zmniejszającego?	..	..

## 4.7. Dobieranie zabezpieczeń przewodów przed skutkami zwarć i przeciążeń

### 4.7.1. Materiał nauczania

Zwarcia i przeciążenia to dwa podstawowe rodzaje zakłóceń, które powodują wzrost prądu w przewodach i kablach zasilających odbiorniki energii elektrycznej ponad ich wartość znamionową. W wyniku takich przetężeń, przewody nagrzewają się do temperatury wyższej niż dopuszczalna dla danej klasy izolacji, a skutkiem tego może być całkowite zniszczenie izolacji przewodów lub nawet wystąpienie pożaru.

W celu zabezpieczenia przewodów przed skutkami zwarć i przeciążeń stosuje się urządzenia zabezpieczające, powodujące samoczynne wyłączenie zasilania w danym obwodzie. Zgodnie z normą PN-IEC 60364-4-43:1999 zabezpieczenia takie należy zamontować we wszystkich przewodach roboczych (na początku każdego obwodu prądowego). Dodatkowo zabezpieczenia takie należy instalować w miejscach, gdzie zmniejsza się obciążalność przewodów.

Z zabezpieczenia przeciążeniowego można zrezygnować w obwodach sterowania, w urządzeniach alarmowych, w obwodach wzbudzenia maszyn prądu stałego i wszędzie tam, gdzie w normalnych warunkach nie występuje żaden stan przeciążenia.

Jako urządzenia zabezpieczające przewody elektryczne przed nadmiernym nagraniem spowodowanym przeciążeniem lub zwarciem, wykorzystuje się najczęściej bezpieczniki i wyłączniki nadprądowe.

**Bezpieczniki instalacyjne** mogą posiadać wkładki o działaniu szybkim oraz zwłocznym.

- Wkładki o działaniu szybkim stosuje się do zabezpieczania przed skutkami zwarć w przewodach i odbiornikach, w których w normalnych warunkach pracy nie występują prądy przekraczające wartość prądów znamionowych.
- Wkładki o działaniu zwłocznym mają większą pojemność cieplną i przepalają się wolniej. Stosuje się je do zabezpieczania odbiorników, w których prąd może krótkotrwale przekroczyć wartość znamionową (np. do zabezpieczania silników indukcyjnych).

**Wyłączniki instalacyjne** wyposażone są najczęściej w dwa wyzwalacze: zwarciovyy i przeciążeniowy. Rozróżniamy:

- 1) wyłączniki nadprądowe o charakterystyce typu B,
- 2) wyłączniki nadprądowe o charakterystyce typu C,
- 3) wyłączniki nadprądowe o charakterystyce typu D.

Wyłączniki o charakterystyce B służą do zabezpieczania przewodów w obwodach oświetleniowych instalacji mieszkaniowych, w obwodach gniazd wtyczkowych i sterowania. Wyzwalacz zwarciovyy powinien w nich zadziałać w czasie ok. 1s przy prądzie w zakresie  $(3\div 5) \cdot I_N$ .

Wyłączniki o charakterystyce C służą do zabezpieczania silników. Wyzwalacz zwarciovyy powinien zadziałać w czasie ok. 1s przy prądzie w zakresie  $(5\div 10) \cdot I_N$ .

Wyłączniki o charakterystyce D służą do zabezpieczania urządzeń o wyjątkowo ciężkich rozruchach. Wyzwalacz zwarciovyy powinien zadziałać w czasie ok. 1s przy prądzie  $(10\div 20) \cdot I_N$ .

**Uwaga:** Szczegółowy opis budowy, działania, właściwości oraz sposobu montowania bezpieczników i wyłączników odnaleźć można w poradniku dla ucznia dla jednostki modułowej 724[01].Z2.02.

**Zabezpieczenie przeciążeniowe** przewodu powinno być tak dobrane, aby spełniać następujące wymagania:

- 1) Prąd znamionowy zabezpieczenia nadprądowego  $I_N$  powinien być nie mniejszy niż prąd roboczy (obliczeniowy)  $I_B$  płynący w przewodach w czasie normalnej eksploatacji i jednocześnie nie większy niż długotrwała obciążalność prądowa  $I_Z$ :

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

- 2) Prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego w czasie umownym trwania przeciążenia (najczęściej jest to jedna godzina)  $I_2$  powinien być nie większy niż  $1,45 \cdot I_Z$ :

$$I_2 \leq 1,45 I_Z$$

$$I_2 = k \cdot I_N$$

współczynnik krotności  $k$  wynosi:

- 1,6÷2,1 dla wkładek bezpiecznikowych,
- 1,45 dla wyłączników nadprądowych o charakterystyce B, C, D.

Prądy zwarciove płynące w przewodach są zwykle dużo większe niż prądy przeciążeniowe, a zatem **zabezpieczenie zwarciove** powinno być tak dobrane, aby przerwanie tego prądu nastąpiło bardzo szybko, zanim wystąpi niebezpieczeństwo cieplnych i mechanicznych uszkodzeń w przewodach. Każde zabezpieczenie zwarciove powinno spełniać następujące wymagania:

- 1) Prąd znamionowy  $I_N$  urządzenia zabezpieczającego przed skutkami zwarcia może być większy od dopuszczalnej obciążalności długotrwałej  $I_Z$ .
- 2) Czas przepływu prądu zwarciovego powinien być taki, aby temperatura przewodów nie przekroczyła wartości granicznej dopuszczalnej przy zwarcu dla danego typu przewodów.
- 3) Zdolność wyłączalna urządzeń zabezpieczających powinna być nie mniejsza od spodziewanego prądu zwarciovego w miejscu ich zainstalowania.

#### 4.7.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

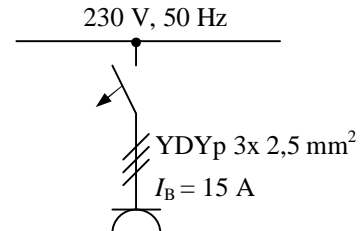
1. Jakie zakłócenia powodują nadmierny wzrost temperatury w przewodach?
2. Jakie rodzaje zabezpieczeń stosuje się do zabezpieczania przewodów przed skutkami tych zakłóceń?
3. W jakich miejscach instalacji montowane są zabezpieczenia nadprądowe?
4. W jakich przypadkach stosuje się wkładki bezpiecznikowe o działaniu szybkim?
5. W jakich przypadkach stosuje się wyłączniki nadprądowe o charakterystyce B?
6. W jakich przypadkach stosuje się wyłączniki nadprądowe o charakterystyce C?
7. Jakie warunki powinno spełniać prawidłowo dobrane zabezpieczenie przeciążeniowe?
8. Jakie warunki powinno spełniać prawidłowo dobrane zabezpieczenie zwarciovego?



### 4.7.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Jaką wartość powinien mieć prąd znamionowy zabezpieczenia nadprądowego zainstalowanego w obwodzie jak na rysunku, jeżeli przewód ułożony jest pojedynczo na stałe w tynku, w pomieszczeniu mieszkalnym?



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać analizy sposobu ułożenia przewodu,
- 2) w zależności od warunków pracy przewodu, odczytać z tabeli 9 wartość prądu dopuszczalnego długotrwale  $I_Z$ ,
- 3) oszacować wartość prądu znamionowego zabezpieczenia, pamiętając o spełnieniu warunków:  $I_B \leq I_N \leq I_Z$  oraz  $I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$ , gdzie  $I_2 = k \cdot I_N$ ,
- 4) odszukać w katalogu odpowiedni wyłącznik i zapisać w zeszycie jego pełny symbol.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi wyłączników nadprądowych,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

#### Ćwiczenie 2

Dobrać zabezpieczenie nadprądowe obwodu trójfazowego zasilającego silnik klatkowy, którego spodziewane obciążenie wynosi  $P = 4500 \text{ W}$ ,  $U_N = 400 \text{ V}$ ,  $\cos\varphi = 0,9$ . Obwód jest wykonany w listwach elektroinstalacyjnych przewodem YDY 5x4 mm<sup>2</sup>, wspólnie z dwoma innymi przewodami.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wykorzystać znajomość wzoru na moc w układzie trójfazowym i obliczyć rzeczywisty prąd płynący w obwodzie,
- 2) odszukać stosownie do warunków pracy wartość prądu dopuszczalnego długotrwale,
- 3) określić wartość prądu znamionowego zabezpieczenia,
- 4) korzystając z katalogu dobrać odpowiednie zabezpieczenie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi wyłączników nadprądowych,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

### Ćwiczenie 3

Piec akumulacyjny zasilany jest napięciem  $U_N = 400 \text{ V}$ , przewodem YDY 5x2,5 mm<sup>2</sup>, ułożonym w listwach profilowanych. Dobierz odpowiednie zabezpieczenie nadprądowe.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać wartość dopuszczalnej obciążalności długotrwałej, uwzględniając przekrój przewodów oraz sposób ich ułożenia,
- 2) dobrać wartość prądu znamionowego zabezpieczenia,
- 3) określić typ wyłącznika (B, C lub D), wybór uzasadnić,
- 4) wybrać z katalogu odpowiedni wyłącznik zwracając uwagę na liczbę biegunów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- katalogi wyłączników nadprądowych,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

### Ćwiczenie 4

Wyszukując informacje w różnych źródłach (podręcznikach lub poradnikach dla elektryka), przygotuj krótką prezentację na temat: „Selektywność zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych”.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyjaśnić, co oznacza wyraz „selektywność” (można sprawdzić w słowniku lub Internecie),
- 2) wyjaśnić, na czym polega zapewnienie selektywności wyłączenia zasilania,
- 3) podać przykład prawidłowo dobranych zabezpieczeń w instalacji elektrycznej.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- podręczniki lub poradniki dla elektryka,
- stanowisko z dostępem do Internetu,
- zeszyt ćwiczeń,
- długopis.

#### 4.7.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) podać warunki dla prawidłowo dobranego zabezpieczenia przeciążeniowego?	..	..
2) podać warunek prawidłowo dobranego zabezpieczenia zwarciovego?	..	..
3) dobrać zabezpieczenie przeciążeniowe przewodu?	..	..
4) dobrać zabezpieczenie zwarciovowe przewodu?	..	..
5) określić typ charakterystyki wybranego zabezpieczenia?	..	..
6) skorzystać z katalogów w celu dobrania zabezpieczenia przewodu?	..	..



## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

### INSTRUKCJA DLA UCZNIĄ

1. Przeczytaj uważnie instrukcję, masz na tę czynność 5 minut.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań dotyczących dobierania przewodów elektrycznych. Są to zadania wielokrotnego wyboru.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi, zaczynając w niej właściwe pole. W przypadku pomyłki otocz błędną odpowiedź kółkiem, a następnie ponownie zaznacz odpowiedź prawidłową.
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Możesz uzyskać maksymalnie 20 punktów.
8. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż rozwiązanie zadania na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci czas wolny.
9. Na rozwiązanie testu masz 40 minut.
10. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Powodzenia!

### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Przedstawiony na rysunku przewód ma jednodrutowe żyły miedziane, a izolację i powłokę polwinitową. Przewód taki ma zastosowanie
  - a) w instalacjach układanych na stałe w rurkach.
  - b) w instalacjach układanych na stałe w tynku.
  - c) do zasilania odbiorników przenośnych.
  - d) do wykonywania przyłączy napowietrznych.
2. Przedstawiony na rysunku przewód ma żyłę aluminiową i izolację polwinitową. Jego symbol literowy ma postać
  - a) LY.
  - b) DY.
  - c) ALY.
  - d) ADY.
3. Do wykonania obwodów gniazd ogólnego zastosowania w budynku mieszkalnym stosujemy przewody
  - a) YADY 3x 1,5 mm<sup>2</sup>.
  - b) YLY 3x1,5 mm<sup>2</sup>.
  - c) YADYp 3x2,5 mm<sup>2</sup>.
  - d) YDYp 3x2,5 mm<sup>2</sup>.
4. Do zasilania spawarki elektrycznej najlepiej dobrać przewód oznaczony symbolem
  - a) YDY.
  - b) AFL.
  - c) OWY.
  - d) ASXSn.

5. Przewód ochronny w instalacjach elektrycznych
- ma barwę żółto-zieloną i jest oznaczony symbolem PE.
  - ma barwę niebieską i jest oznaczony symbolem N.
  - ma barwę niebieską i jest oznaczony symbolem PEN.
  - ma barwę żółto-zieloną i jest oznaczony symbolem PEN.
6. Jeżeli  $g$  oznacza konduktywność przewodnika wyrażoną w  $\frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$  to rezystancję  $R$  przewodu o długości  $l$  i przekroju  $S$  obliczyć można ze wzoru
- $R = \frac{l}{g \cdot S}$ .
  - $R = \frac{S}{g \cdot l}$ .
  - $R = \frac{g \cdot l}{S}$ .
  - $R = \frac{g \cdot S}{l}$ .
8. Rezystancja  $R$  pewnego obwodu jednofazowego wynosi  $2 \Omega$ , a prąd  $I = 2 \text{ A}$ . Przy założeniu, że współczynnik mocy odbiornika  $\cos \phi = 0,8$ , spadek napięcia  $\Delta U$  w obwodzie ma wartość
- 4,8 V.
  - 4,0 V.
  - 3,6 V.
  - 3,2 V.
8. Spadek napięcia obliczony w woltach, w instalacji jednofazowej o napięciu  $U_N = 230 \text{ V}$ , wynosi 4 V. Ten sam spadek napięcia, ale wyrażony w procentach ma wartość około
- 1,7 %.
  - 3,4 %.
  - 6,5 %.
  - 10 %.
9. W celu zwiększenia dopuszczalnej obciążalności długotrwałej przewodów  $I_Z$  należy
- polepszyć warunki chłodzenia przewodów.
  - pogorszyć warunki chłodzenia przewodów.
  - zastosować przewody o mniejszym przekroju żył.
  - zwiększyć liczbę przewodów ułożonych jest w jednym miejscu.
10. Obwód gniazda wtyczkowego, zasilający grzejnik elektryczny trójfazowy o napięciu 400 V, w którym prąd znamionowy wynosi ok. 14 A, zabezpieczamy wyłącznikiem nadprądowym
- S311 B10.
  - S313 B16.
  - S313 C10.
  - S311 C16.

11. Do zabezpieczania przewodów przed skutkami przeciążeń nie stosuje się
- wyłączników nadprądowych.
  - przełączników termicznych.
  - ograniczników przepięć.
  - bezpieczników instalacyjnych.
12. Jeżeli przekrój przewodów roboczych wynosi  $4 \text{ mm}^2$  to minimalny przekrój przewodu ochronnego PE wynosi
- $1,5 \text{ mm}^2$ .
  - $2,5 \text{ mm}^2$ .
  - $4 \text{ mm}^2$ .
  - $16 \text{ mm}^2$ .
13. W pomieszczeniach niebezpiecznych pod względem wybuchowym nie należy stosować przewodów
- 1-żyłowych w rurach stalowych na uchwytach.
  - 1-żyłowych w rurach stalowych pod tynkiem.
  - gołych na izolatorach wsporczych lub rolkach.
  - kablowych opancerzonych na uchwytach.
14. Z instalowania zabezpieczenia przeciążeniowego można zrezygnować
- w obwodach sterowania i systemach alarmowych.
  - na początku każdego obwodu prądowego.
  - w miejscach, gdzie zmienia się obciążalność prądowa przewodów.
  - w miejscach, gdzie zmienia się przekrój poprzeczny przewodu.
15. Jeżeli w przewodzie YDY  $3 \times 2,5 \text{ mm}^2$  o  $g = 57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ , długości 20 m, zasilającym grzejnik elektryczny, płynie prąd 10 A, to spadek napięcia obliczony ze wzoru  $\Delta U = \frac{2 \cdot I \cdot l \cdot \cos j}{g \cdot S}$  wynosi około
- 1,8 V.
  - 2,8 V.
  - 3,8 V.
  - 4,8 V.
16. W celu zmniejszenia spadku napięcia w instalacji elektrycznej należy
- zmniejszyć przekrój poprzeczny przewodu.
  - zwiększyć przekrój poprzeczny przewodu.
  - zwiększyć długość przewodu od źródła zasilania do odbioru.
  - zastosować przewód o mniejszej konduktywności żyły.
17. Znamionowy przekrój przewodu o długości  $l = 35 \text{ m}$ ,  $g = 57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ , zasilającego odbiornik jednofazowy o napięciu  $U_N = 230 \text{ V}$  i mocy  $P = 1 \text{ kW}$  wyznaczony ze względu na dopuszczalny spadek napięcia  $\Delta U_{\% \text{dop}} = 2\%$ , zgodnie ze wzorem  $S = \frac{2 \cdot P \cdot l}{U_N^2 g \cdot \Delta U_{\% \text{dop}}} \cdot 100\%$  wynosi

- a) 1,0 mm<sup>2</sup>.
- b) 1,5 mm<sup>2</sup>.
- c) 2,5 mm<sup>2</sup>.
- d) 4,0 mm<sup>2</sup>.

18. Długość  $l$  przewodu o przekroju  $S = 16\text{mm}^2$ , konduktywności  $g = 57 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2}$ ,

wyznaczona ze wzoru  $l = \frac{U_N \cdot \Delta U_{\%dop} \cdot S \cdot g}{2 \cdot I \cdot \cos j \cdot 100\%}$  dla  $U_N = 230\text{V}$ ,  $I = 30\text{A}$ ,  $\cos j = 1$ ,  $\Delta U_{\%dop} = 2\%$

wynosi około

- a) 7 km.
  - b) 0,7 km.
  - c) 0,07 km.
  - d) 0,007 km.
19. Wkładki bezpiecznikowe o działaniu zwłocznym stosuje się do zabezpieczania obwodów
- a) silników elektrycznych.
  - b) odbiorów oświetleniowych.
  - c) układów sterowania.
  - d) instalacji komputerowej.
20. Znamionowy prąd wkładki topikowej zabezpieczającej obwód grzejnika jednofazowej kuchni elektrycznej o mocy  $P = 3 \text{ kW}$  i napięciu  $U = 230 \text{ V}$  powinien wynosić
- a) 25 A.
  - b) 16 A.
  - c) 10 A.
  - d) 6 A.

# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

## Dobieranie przewodów elektrycznych

Zaznacz poprawną odpowiedź.

Nr zadania	Odpowiedź				Punkty
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
<b>Razem:</b>					

## 6. LITERATURA

1. Bartodziej G., Kałuża E.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP, Warszawa 2000
2. Laskowski J.: Poradnik elektroenergetyka przemysłowego. COSiW SEP, Warszawa 2005
3. Musiał E.: Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne. WSiP, Warszawa 2007
4. Orlik W. Egzamin kwalifikacyjny elektryka w pytaniach i odpowiedziach. Wydawnictwo KaBe, Krosno 2006
5. Pazdro K., Wolski A.: Instalacje elektryczne w budynkach mieszkalnych. WNT, Warszawa 2005
6. Podręcznik dla elektryków. Zeszyt 1. COSiW SEP, Warszawa 2004
7. Podręcznik dla elektryków. Zeszyt 2. COSiW SEP, Warszawa 2004
8. Poradnik monter elektryka. WNT, Warszawa 2007
9. PN-IEC 60364-5-52:2002. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Oprzewodowanie
10. PN-IEC 60364-4-43:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym.