

15



# ELEKTRYK

Przesyłanie energii elektrycznej



MINISTERSTWO EDUKACJI  
NARODOWEJ



**Eleonora Muszyńska**

**Przesyłanie energii elektrycznej  
724[01].Z1.02**

**Poradnik dla ucznia**

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

Recenzenci:

mgr inż. Elżbieta Burlaga  
mgr Ireneusz Wróblewski

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Barbara Kapruziak

Konsultacja:

mgr inż. Ryszard Dolata

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 724[01].Z1.02 „Przesyłanie energii elektrycznej”, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu elektryk.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

# SPIS TREŚCI

<b>1. Wprowadzenie</b>	4
<b>2. Wymagania wstępne</b>	6
<b>3. Cele kształcenia</b>	7
<b>4. Materiał nauczania</b>	8
<b>4.1. Linie napowietrzne – rodzaje i części składowe</b>	8
4.1.1. Materiał nauczania	8
4.1.2. Pytania sprawdzające	11
4.1.3. Ćwiczenia	11
4.1.4. Sprawdzian postępów	13
<b>4.2. Zasady budowy linii napowietrznych. Układy przewodów na słupach. Podstawowe obostrzenia obowiązujące przy skrzyżowaniach i zbliżeniach</b>	14
4.2.1. Materiał nauczania	14
4.2.2. Pytania sprawdzające	16
4.2.3. Ćwiczenia	17
4.2.4. Sprawdzian postępów	18
<b>4.3. Linie kablowe – rodzaje i części składowe. Zasady budowy linii kablowych i podstawowe obostrzenia</b>	19
4.3.1. Materiał nauczania	19
4.3.2. Pytania sprawdzające	23
4.3.3. Ćwiczenia	23
4.3.4. Sprawdzian postępów	25
<b>4.4. Zasady łączenia przewodów linii napowietrznych i żył kabla</b>	26
4.4.1. Materiał nauczania	26
4.4.2. Pytania sprawdzające	27
4.4.3. Ćwiczenia	27
4.4.4. Sprawdzian postępów	29
<b>4.5. Typowe uszkodzenia linii napowietrznych i kablowych – sposoby ich usuwania</b>	30
4.5.1. Materiał nauczania	30
4.5.2. Pytania sprawdzające	31
4.5.3. Ćwiczenia	32
4.5.4. Sprawdzian postępów	32
<b>4.6. Budowa, zasada działania i zastosowanie przekładników prądowych i napięciowych</b>	33
4.6.1. Materiał nauczania	33
4.6.2. Pytania sprawdzające	34
4.6.3. Ćwiczenia	34
4.6.4. Sprawdzian postępów	35
<b>4.7. Przekazniki stosowane w automatyce zabezpieczającej. Zasada działania automatyki sieciowej SPZ i SZR</b>	36
4.7.1. Materiał nauczania	36
4.7.2. Pytania sprawdzające	37
4.7.3. Ćwiczenia	38
4.7.4. Sprawdzian postępów	40
	41

<b>4.8. Środki ochrony od porażień prądem elektrycznym i ochrony</b>	41
<b>przebiegowej w liniach napowietrznych i kablowych</b>	
4.8.1. Materiał nauczania	43
4.8.2. Pytania sprawdzające	43
4.8.3. Ćwiczenia	44
4.8.4. Sprawdzian postępów	45
<b>4.9. Zasady bezpiecznej pracy przy budowie i eksploatacji linii</b>	45
<b>napowietrznych i kablowych</b>	
4.9.1. Materiał nauczania	45
4.9.2. Pytania sprawdzające	46
4.9.3. Ćwiczenia	47
4.9.4. Sprawdzian postępów	47
<b>5. Sprawdzian osiągnięć</b>	48
<b>6. Literatura</b>	53

# 1. WPROWADZENIE

Poradnik ten będzie Ci pomocny w kształtowaniu umiejętności z zakresu charakteryzowania procesów przesyłania energii elektrycznej.

Wiadomości i umiejętności z tej dziedziny zostały określone w jednostce modułowej 724[01].Z1.02 „Przesyłanie energii elektrycznej”. Jest to jednostka modułowa zawarta w module „System elektroenergetyczny” (schemat układu jednostek modułowych przedstawiony jest na stronie 5 tego poradnika).

W poradniku zamieszczono:

- szczegółowe cele kształcenia,
- materiał nauczania dotyczący poszczególnych tematów,
- pytania sprawdzające,
- ćwiczenia,
- sprawdziany postępów,
- przykładowy zestaw zadań testowych przygotowany na potrzeby sprawdzenia efektywności kształcenia.

Jednostka modułowa „Przesyłanie energii elektrycznej” została podzielona na 9 tematów. Każdy z nich zawiera ćwiczenia i materiał nauczania niezbędny do ich wykonania.

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

Po zrealizowaniu każdego tematu możesz sprawdzić swoje osiągnięcia w tym zakresie. W tym celu odpowiedz sobie na specjalnie przygotowane pytania w sprawdzianie postępów.

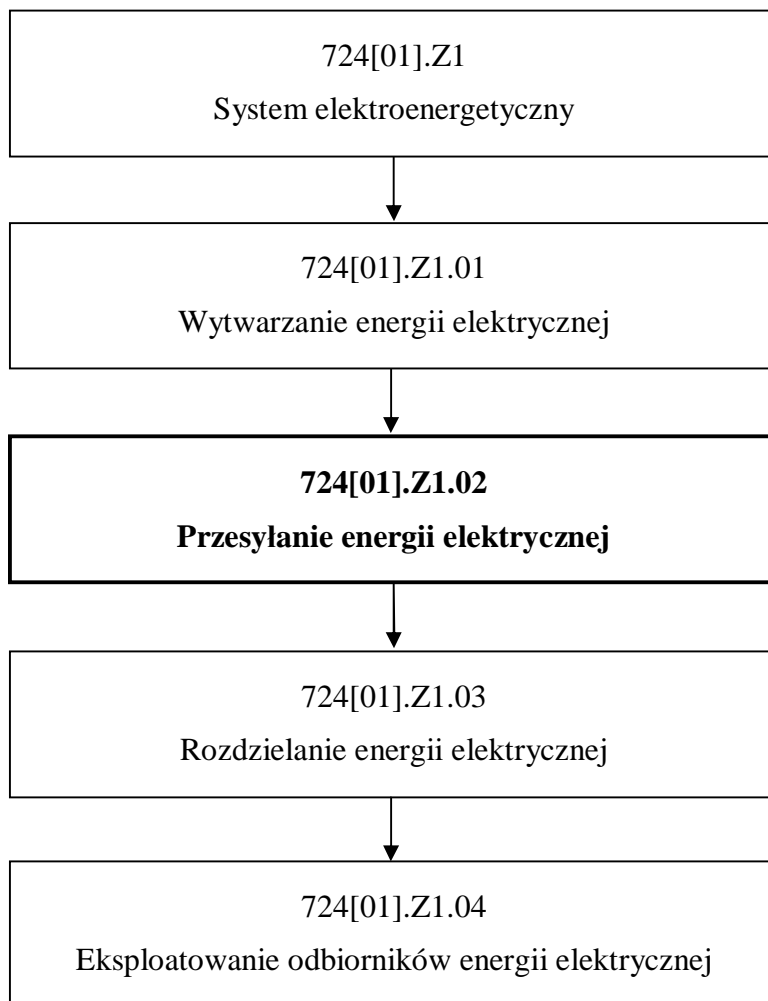
Treść programu jednostki modułowej zawiera podstawowe zagadnienia związane z budową i eksploatacją linii oraz działaniem podstawowych układów automatyki zabezpieczeniowej. Szczególną uwagę zwróć na opanowanie umiejętności:

- rozpoznawania podstawowych elementów składowych linii napowietrznych i kablowych,
- montowania i uruchamiania układów automatyki zabezpieczeniowej SPZ i SZR,
- rozpoznawania i charakteryzowania elementów linii oraz urządzeń rozdzielczych,
- posługiwania się pojęciami technicznymi z zakresu budowy i eksploatacji linii napowietrznych i kablowych.

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:

- rozróżniać podstawowe wielkości elektryczne i ich jednostki,
- stosować ważniejsze wzory z zakresu elektrotechniki,
- charakteryzować zjawiska zachodzące w polu elektrycznym i magnetycznym,
- rozróżniać materiały stosowane w elektrotechnice,
- określać właściwości materiałów przewodzących i izolacyjnych,
- odczytywać proste schematy i na ich podstawie analizować pracę układów elektrycznych,
- rozpoznawać elementy składowe systemu elektroenergetycznego,
- korzystać z literatury technicznej, podręczników, norm, katalogów oraz przepisów budowy i eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych,
- wykorzystywać technologię komputerową i informacyjną,
- pracować w grupie i indywidualnie,
- oceniać swoje umiejętności,
- uczestniczyć w dyskusji,
- przygotowywać prezentację,
- prezentować siebie i grupę, w której pracujesz,
- stosować różne sposoby przekazywania przygotowanych informacji,
- przestrzegać przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej i ochrony środowiska.



### 3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- objaśnić rodzaje linii napowietrznych i kablowych,
- rozpoznać przewody stosowane do budowy linii napowietrznych po ich wyglądzie i oznaczeniu literowo-cyfrowym,
- rozpoznać rodzaj kabla na podstawie jego wyglądu i oznaczenia literowo-cyfrowego,
- rozpoznać na schemacie, modelu lub w terenie części składowe linii napowietrznych i kablowych,
- rozpoznać sprzęt stosowany do budowy linii napowietrznych i kablowych,
- określić najważniejsze obostrzenia obowiązujące przy budowie linii napowietrznych i kablowych,
- rozpoznać rodzaje słupów linii napowietrznych,
- rozpoznać izolatory linii napowietrznych,
- opisać ochronę od porażeń prądem elektrycznym w liniach napowietrznych i kablowych,
- określić środki ochrony przepięciowej w liniach napowietrznych i kablowych,
- określić rodzaje zakłóceń występujących w liniach napowietrznych i kablowych,
- rozpoznać na schemacie i na podstawie wyglądu zewnętrznego przekładnik prądowy i napięciowy,
- rozpoznać na podstawie wyglądu zewnętrznego i oznaczeń literowo-cyfrowych przekaźniki zabezpieczeniowe,
- zmontować na podstawie schematów ideowych i montażowych proste układy z przekaźnikami zabezpieczeniowymi,
- wyjaśnić działanie podstawowych układów automatyki sieciowej SPZ i SZR,
- zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony od porażeń prądem elektrycznym, ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony środowiska przy budowie i eksploatacji linii napowietrznych i kablowych.

## 4. MATERIAŁ NAUCZANIA

### 4.1. Linie napowietrzne – rodzaje i części składowe

#### 4.1.1. Materiał nauczania

Elektroenergetyczne linie napowietrzne są przeznaczone do przesyłania energii elektrycznej i składają się z przewodów, izolatorów, konstrukcji wsporczych oraz osprzętu. Za ich pośrednictwem łączy się źródła wytwarzania lub przetwarzania energii elektrycznej z miejscami, w których skupia się duża liczba odbiorców. Prowadzi się je przez rozległe niekiedy tereny i przez to są narażone na działanie różnorodnych czynników klimatycznych, topograficznych oraz środowiskowych.

Pod względem funkcji, jakie spełniają w systemie elektroenergetycznym, rozróżniamy:

- linie przesyłowe, których zadaniem jest wyprowadzenie energii z elektrowni, przesyłanie jej na znaczne odległości, wymiana energii między systemami oraz zasilanie dużych zgrupowań odbiorców (są to obecnie linie o napięciach znamionowych: 220 kV, 400 kV, 750 kV, a czasami nawet 1000 kV),
- linie rozdzielcze wysokich napięć, których zadaniem jest przesyłanie energii z głównych punktów zasilania do sieci średniego napięcia (są to głównie sieci 110 kV),
- linie rozdzielcze średnich napięć, których przeznaczeniem jest przesyłanie energii w sieci rozdzielczej średniego napięcia i zasilanie większych odbiorców lub odbiorników (np. 15 kV lub 30 kV),
- linie rozdzielcze niskich napięć, które są odpowiedzialne za zasilanie energią poszczególnych odbiorców i odbiorników (do 1 kV).

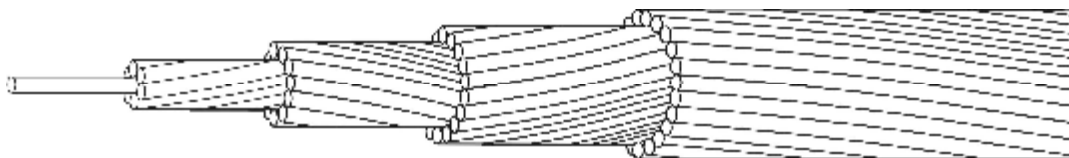
Napięcie znamionowe linii  $U_N$ , jest to wartość skuteczna napięcia międzyprzewodowego, na które linia została zbudowana.

Wartości napięć stosowanych w liniach elektroenergetycznych są znormalizowane. Wyróżniamy następujące poziomy napięć znamionowych prądu przemiennego o częstotliwości 50 Hz:

- do 1 kV jednofazowe: 6, 12, 24, 48, 60, 110, 230, 400 V,
- do 1 kV trójfazowe: 230/400 V, 400/690 V, 1000 V,
- powyżej 1 kV: 3, 6, 10, 15, 20, 30, 110, 220, 400, 750, 1000 kV.

**Przewody robocze** linii napowietrznych wykonuje się z materiałów charakteryzujących się nie tylko dużą konduktywnością, ale również odpornością na działania atmosferyczne i chemiczne, odpornością na drgania oraz dużą wytrzymałością mechaniczną.

Obecnie, do przesyłu energii elektrycznej w liniach napowietrznych, wykorzystuje się głównie gołe przewody stalowo-aluminiowe. Są to linki, czyli przewody wielodrutowe, składające się ze stalowego rdzenia i oplotu aluminiowego. Stalowy rdzeń przejmuje obciążenia mechaniczne, a prąd przewodzony jest głównie przez część aluminiową przewodu.



Rys. 1. Zasada budowy linki (przewodu wielodrutowego bez izolacji) [własne].

Linki skręca się w zależności od przekroju z 7, 19, 37, 61 drutów. Druty w poszczególnych warstwach są zespolone spiralnie, a skręty w sąsiednich warstwach są przeciwne. Linki takie mają oznaczenie literowe AFL, a następnie podaje się dwie liczby. Pierwsza liczba określa stosunek przekrojów znamionowych części aluminiowej do stalowej, a druga liczba oznacza przekrój znamionowy linki w mm<sup>2</sup>. Na przykład: AFL – 8 525.

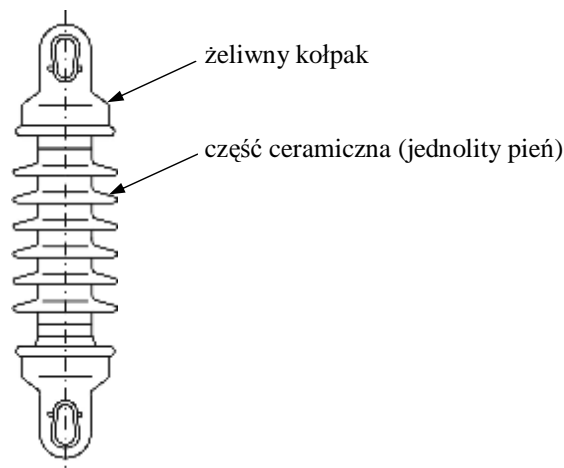
W liniach najwyższych napięć stosuje się również tzw. przewody wiązkowe. Przewód wiązkowy stanowiący jedną fazę linii składa się z 2, 3, 4 linek utrzymywanych w stałej od siebie odległości (20 cm) za pomocą odstępników.

Szczególnym rodzajem przewodów stosowanych w liniach napowietrznych wysokich napięć są przewody odgromowe. Mają one za zadanie chronić przewody robocze przed bezpośrednimi wyładowaniami atmosferycznymi. Są zawieszane najwyżej na konstrukcjach wsporczych i powinny być uziemione na każdym słupie (rys.5).

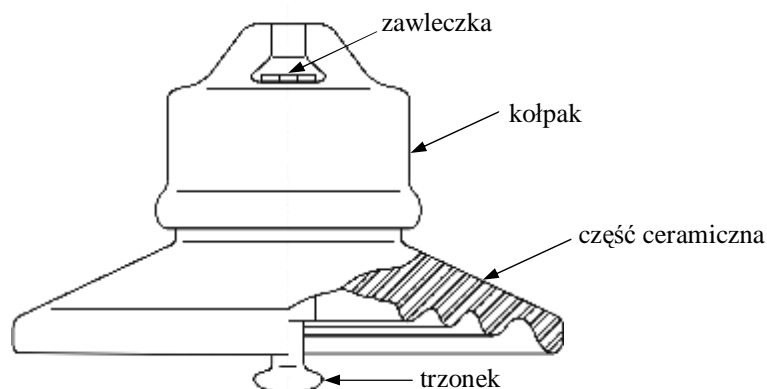
W ostatnich latach coraz częściej stosuje się w liniach napowietrznych (zwłaszcza niskich napięć) przewody izolowane, na przykład AACXS 12/20 kV – przewód izolowany o żyłce stopowej aluminiowej (AA), zagęszczony (C), o izolacji z polietylenu sieciowanego (XS).

**Izolatory** to części składowe linii napowietrznych wykonane najczęściej z porcelany lub z tworzyw sztucznych. Ich zadaniem jest odizolowanie przewodów linii od siebie oraz od konstrukcji wsporczych.

W grupie izolatorów liniowych wyróżnia się izolatory wiszące oraz izolatory stojące. Izolatory stojące (pniowe i deltowe) stosowane są w liniach niskiego napięcia, a izolatory wiszące (pniowe i kołpakowe) w liniach wysokiego napięcia.



Rys. 2. Izolator wiszący pniowy z kołpakami uchwytyowymi [w oparciu o 8. s. 101]



Rys. 3. Izolator wiszący kołpakowy [w oparciu o 8. s. 101]

Podstawowe parametry charakteryzujące izolatory to: napięcie znamionowe [kV], droga upływu [cm], droga przeskoku [cm], droga przebicia [cm], napięcie probiercze 50 Hz pod deszczem [kV], napięcie probiercze udarowe o kształcie 1,2/50  $\mu$ s [kV], napięcie przeskoku 50 Hz na sucho i pod deszczem [kV], obciążenie probiercze [kN], wytrzymałość mechaniczna [kN], wytrzymałość elektromechaniczna [kN].

Oznaczenia izolatorów:

- L – izolator liniowy,
- S – izolator stojący,
- W – izolator wsporczy,
- K – izolator wiszący kołpakowy,
- G – izolator odciągowy,
- Z – izolator przeciwzabrudzeniowy,
- D – izolator o konstrukcji w kształcie litery delta,
- P – izolator o konstrukcji pniowej (nieprzebijalny),
- Ł – łańcuch izolatorowy.

**Konstrukcje wsporcze**, czyli słupy są osadzone w gruncie bezpośrednio lub za pomocą fundamentów. Są przeznaczone do utrzymywania przewodów nad ziemią, na odpowiedniej wysokości oraz zapewnienia odpowiedniej odległości między przewodami i ich odpowiedniego rozmieszczenia.

Rodzaj konstrukcji wsporczych w liniach napowietrznych uzależniony jest od przeznaczenia i rodzaju pracy, a także od napięcia znamionowego linii.

Ze względu na przeznaczenie i rodzaj pracy w linii słupy dzielą się na przelotowe, narożne, odporowe, odporowo–narożne, krańcowe, rozgałęźne, skrzyżowaniowe.

1. Słup przelotowy (P) jest przeznaczony do podtrzymywania przewodów bez przejmowania naciągu lub przejmuje nieznaczny naciąg i jest ustawiony na szlaku prostym lub na załomie wynikającym z wytrzymałości słupa, jednak nie większym niż 5°.
2. Słup odporowy (O) jest przeznaczony do przejmowania naciągu, ustawiony na szlaku prostym lub na załomie nie przekraczającym 5° i stanowi punkt oporowy dla umiejscowienia zakłóceń mechanicznych.
3. Słup narożny (N) jest przeznaczony do podtrzymywania przewodów i przejmowania wypadkowej naciągu wynikającej z kąta załomu, na którym jest ustawiony.
4. Słup odporowo–narożny (ON) jest przeznaczony do przejmowania naciągu i spełnia funkcje słupa odporowego i narożnego.
5. Słup krańcowy (K) jest przeznaczony do przejmowania jednostronnego naciągu przewodów i jest ustawiony na zakończeniu linii.
6. Słup rozgałęźny jest ustawiony w punkcie rozgałęzienia linii i w zależności od spełnianej funkcji łączy w sobie cechy różnych słupów (np. rozgałęźny przelotowo krańcowy RPK).
7. Słup skrzyżowaniowy (PS) jest to słup obliczony ze zwiększonym bezpieczeństwem w przypadku skrzyżowań linii z różnymi obiektami.

Ze względu na materiał do budowy słupów stosuje się obecnie żerdzie żelbetowe, strunobetonowe oraz kształtowniki stalowe. W liniach wysokiego napięcia (110 kV i wyższym) stosuje się prawie wyłącznie słupy kratowe wykonane z kształtowników stalowych.

**Osprzęt** stosowany w liniach napowietrznych jest to zespół elementów wyposażenia mechanicznego, służący do wykonania połączeń oraz zawiesznień przewodów i izolatorów na konstrukcjach wsporczych, do ochrony izolatorów od skutków wyładowań elektrycznych oraz do zabezpieczenia przewodów przed skutkami drgań.

W liniach napowietrznych, rozróżnia się następujące rodzaje osprzętu:

- a) osprzęt przewodowy (uchwyty, złączki, zaciski, odstępniki) – stosowany do łączenia i uchwycenia przewodów,
- b) osprzęt izolatorowy (różnego rodzaju wieszaki, trzony, kabłąki) – przeznaczony do mocowania części ceramicznych izolatorów liniowych,
- c) osprzęt ochronny (różnorodne rożki oraz pierścienie ochronne) – służący do zabezpieczania izolatorów przed szkodliwym działaniem łuku elektrycznego, do poprawy rozkładu napięcia na łańcuchach izolatorowych, do ograniczania zakłóceń radiowych i telewizyjnych,
- d) osprzęt przeciwdrganiowy (pętle tłumiące oraz tłumiki Stockbridge'a) – przeznaczony do tłumienia drgań przewodów.

#### 4.1.2. Pytania sprawdzające

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

1. Z jakich zasadniczych elementów składa się każda linia napowietrzna?
2. Jakie zadania realizują linie przesyłowe, a jakie linie rozdzielcze?
3. Jakie poziomy napięcie znamionowych prądu przemiennego 50 Hz przewiduje Polska Norma?
4. Dlaczego podając wartość napięcia znamionowego niekiedy podaje się dwie wartości (na przykład 230/400 V), a czasami jedną (na przykład 1000 V)?
5. Jak zbudowane są przewody stosowane w liniach napowietrznych?
6. Jakimi właściwościami powinny charakteryzować się przewody linii napowietrznych?
7. Jaka rolę w liniach pełnią izolatory i jakie znasz rodzaje izolatorów?
8. Jaka funkcje pełnią w liniach słupy przelotowe, a jaką odporowe?
9. Co to jest osprzęt i jakie znasz rodzaje osprzętu liniowego?

#### 4.1.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Spośród dostępnych na stanowisku pracy przewodów elektrycznych, wybierz przewód mający zastosowanie w linii napowietrznej. Omów budowę i właściwości wybranego przez Ciebie przewodu.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) dokonać oględzin wszystkich przewodów dostępnych na stanowisku pracy,
- 2) wskazać przewód mający zastosowanie w liniach napowietrznych,
- 3) uzasadnić swój wybór, omówić budowę wybranego przewodu i podać jego symbol literowy,
- 4) scharakteryzować właściwości przewodów linii napowietrznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- różne przewody elektryczne (co najmniej 5 rodzajów), w tym jeden przewód linii napowietrznej.

## Ćwiczenie 2

Rozpoznaj rodzaj izolatora na podstawie jego wyglądu zewnętrznego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

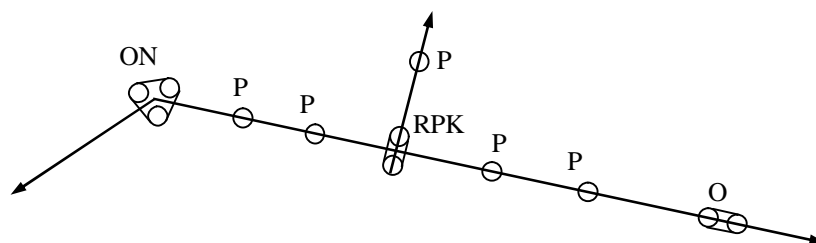
- 1) dokonać szczegółowych oględzin izolatora wskazanego przez nauczyciela,
- 2) podać jego nazwę, uzasadniając swoją odpowiedź,
- 3) omówić budowę izolatora oraz sposób mocowania do konstrukcji wsporczych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rzeczywisty izolator liniowy (stojący lub wiszący) lub model izolatora liniowego.

## Ćwiczenie 3

Jakie rodzaje słupów przedstawione są na podanym niżej fragmencie trasy linii napowietrznej.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) narysować w zeszycie przedstawiony wyżej schemat linii,
- 2) podać nazwy wszystkich konstrukcji wsporczych przedstawionych na rysunku,
- 3) scharakteryzować właściwości każdego słupa, określić jego rolę w linii.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

## Ćwiczenie 4

Na Twoim stanowisku pracy zgromadzono różne rodzaje osprzętu liniowego. Rozpoznaj wszystkie elementy i podzespoły oraz określ ich rolę.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyjaśnić, co to jest osprzęt i jakie rodzaje osprzętu stosuje się w liniach napowietrznych,
- 2) wskazać zaciski, złączki i odstępniki, omówić przeznaczenie poszczególnych elementów,
- 3) wskazać trzony i wieszaki, omówić ich budowę i przeznaczenie,
- 4) wskazać różki lub pierścienie ochronne, omówić ich przeznaczenie w linii.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- skrzynka zawierająca co najmniej 20 różnych elementów osprzętu liniowego.

#### 4.1.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

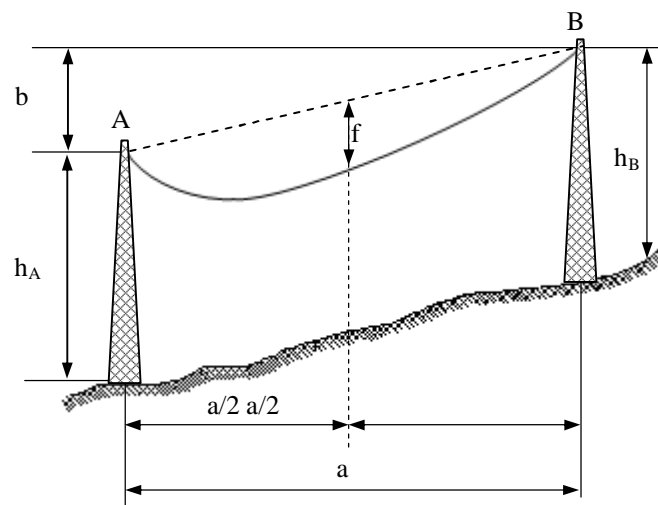
	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) zdefiniować pojęcie linii elektroenergetycznej?	..	..
2) wymienić urządzenia, które wchodzi w skład linii napowietrznej?	..	..
3) dokonać podziału linii w zależności od napięcia znamionowego?	..	..
4) dokonać podziału linii w zależności od pełnionej funkcji?	..	..
5) rozpoznać przewody do budowy linii na podstawie ich wyglądu?	..	..
6) rozpoznać przewód do budowy linii na podstawie symbolu literowego?	..	..
7) rozpoznać rodzaje izolatorów liniowych na podstawie ich wyglądu?	..	..
8) rozpoznać rodzaje słupów przedstawionych na schemacie linii i wskazać ich przeznaczenie?	..	..
9) rozpoznać różne rodzaje osprzętu liniowego?	..	..

## 4.2. Zasady budowy linii napowietrznych. Układy przewodów na słupach. Podstawowe obostrzenia obowiązujące przy zbliżeniach i skrzyżowaniach

### 4.2.1. Materiał nauczania

Linie napowietrzne są projektowane i budowane, w zależności od ich napięcia znamionowego, zgodnie z odpowiednimi postanowieniami norm. Normy określają między innymi, wymagania dotyczące warunków klimatycznych, rodzajów przewodów, izolatorów, słupów, sposobów zawieszania przewodów na słupach, zapewnienia minimalnych odległości między przewodami, a także zalecenia dotyczące zasad prowadzenia linii przez różne tereny (np. przez lasy) lub w pobliżu budowli.

Część linii napowietrznej zawarta między sąsiednimi konstrukcjami wsporczymi nazywa się przęsłem.



**Rys. 4.** Widok przykładowego przęsła z najważniejszymi parametrami geometrycznymi [w oparciu o 6, s. 257]  
A, B – punkty zawieszenia przewodu,  
f – zwis, czyli pionowa odległość między przewodem a prostą łączącą punkty zawieszenia przewodu w środku rozpiętości przęsła,  
 $h_A$  – wysokość zawieszenia przewodu na konstrukcji wsporczej A,  
 $h_B$  – wysokość zawieszenia przewodu na konstrukcji wsporczej B,  
b – spadek przęsła,  
a – rozpiętość przęsła – pozioma odległość między osiami sąsiednich konstrukcji wsporczych.

Kilka kolejnych przęseł nosi nazwę sekcji odciążowej. Na końcach sekcji odciążowej mocuje się przewody do słupów w taki sposób, aby przyjmowały siłę naciągu przewodów.

Rozróżniamy dwa podstawowe rodzaje zawiesznień przewodów na słupach: zawieszenie przelotowe oraz zawieszenie odciążowe. W szczególnych przypadkach, gdy linia krzyżuje się lub zbliża do różnych obiektów, stosuje się również zawieszenie przelotowe bezpieczne i odciążowe bezpieczne.

Zawieszenie przelotowe przewodu jest to zawieszenie przewodu na izolatorze liniowym stojącym lub łańcuchu izolatorów wiszących, stosowane w przypadku, gdy siły naciągu przewodu są z obu stron jednakowe lub gdy różnica naciągu jest nieznaczna (na przykład na skutek nierównych rozpiętości przęseł z obu stron słupa). Zawieszenie takie wykonuje się na słupach przelotowych, a w razie zerwania się przewodu, może on się z takiego zamocowania wyślizgnąć.

Zawieszenie odciążowe przewodu jest to zawieszenie przewodu na izolatorze liniowym stojącym lub łańcuchu izolatorowym w przypadku przenoszenia naciągu. Taki sposób

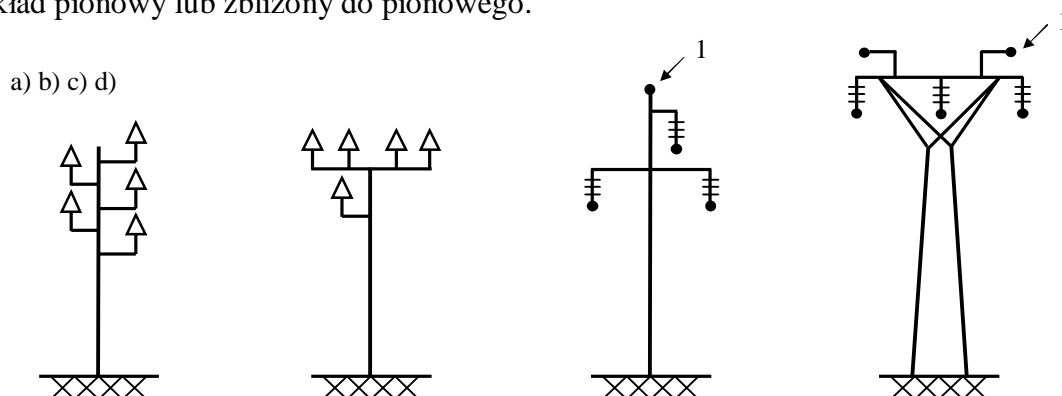


zawieszenia stosuje się na słupach mocnych, przeznaczonych do przejmowania naciągu przewodów.

Jak wynika z rysunku 4, przewody zawieszają się na konstrukcjach wsporczych nie jako naprężone, lecz ze specjalnie obliczonym zwisem  $f$ . Przyczyną są wpływy zmian temperatury otoczenia – przy wzroście temperatury przewód wydłuża się, a przy obniżeniu temperatury kurczy się. W polskich warunkach atmosferycznych największy zwis normalny przewodu występuje w temperaturze  $+40^{\circ}\text{C}$  oraz w temperaturze  $-5^{\circ}\text{C}$  (gdy na przewodach osadza się sadz, czyli osad szronu, śniegu lub lodu).

W zależności od napięcia znamionowego linii, różny jest układ przewodów na słupach:

- 1) w liniach o napięciu do 1kV stosuje się układ naprzemianległy oraz układ płaski (jedno- i wielopoziomowy) przewodów, przy czym najniżej umieszczony powinien być przewód PE, PEN, N lub przewód oświetlenia ulicznego,
- 2) w liniach o napięciu powyżej 1kV stosuje się układ płaski i układ trójkątny a niekiedy układ pionowy lub zbliżony do pionowego.



**Rys. 5.** Przykłady rozmieszczenia przewodów w liniach napowietrznych [4, s.32]: 1– przewód odgromowy  
a) układ naprzemianległy w liniach niskiego napięcia, b) układ płaski w liniach niskiego napięcia,  
c) układ trójkątny w linii 110 kV, d) układ płaski w linii 220 kV.

W przypadku konieczności zapewnienia zwiększonego bezpieczeństwa (gdy linia zbliża się lub krzyżuje z jakimś obiektem) wprowadza się podwyższone wymagania dotyczące linii elektroenergetycznej. Są to tzw. obostrzenia. Rozróżnia się trzy stopnie obostrzeń, a każdemu stopniowi obostrzenia odpowiada określony sposób realizacji środków zwiększających bezpieczeństwo linii. Pierwszy stopień obostrzenia jest najłagodniejszy, a trzeci najostrzejszy.

Skrzyżowanie występuje wtedy, gdy pokrywają się lub przecinają jakiegokolwiek części rzutów poziomych dwóch lub kilku linii elektrycznych albo linii elektrycznej i drogi komunikacyjnej, budynku czy budowli.

Zbliżenie występuje wtedy, gdy odległość rzutu poziomego linii elektrycznej od rzutu poziomego innej linii, szyny kolejowej, wody, budynku jest mniejsza niż połowa wysokości zawieszenia najwyżej położonego nieuziemiionego przewodu zbliżającej się linii.

Elektroenergetyczną linię napowietrzną na skrzyżowaniach i zbliżeniach z budynkami należy tak prowadzić, aby jej zakładanie, istnienie i utrzymanie linii nie powodowało przeszkód ani trudności w jej użytkowaniu. Zaleca się, aby:

- przeszło linii znajdujące się nad budynkiem było jak najkrótsze,
- nie prowadzić przewodów elektrycznych nad kominami i budynkami krytymi materiałami łatwopalnymi,
- nie krzyżować i nie zbliżać do budynków linii o napięciu 110 kV i wyższym,
- nie stawiać słupów linii o napięciu wyższym niż 1 kV w strefach zbliżeń z obiektami.

Zabrania się krzyżować budynki mieszkalne i przemysłowe, w których stale przebywają ludzie, liniami o napięciu 220 kV i wyższym.

Przykłady wymaganych stopni obostrzeń na skrzyżowaniach i zbliżeniach z obiektami przedstawia tabela 1.

**Tabela 1.** Wybrane stopnie obostrzenia linii napowietrznych przy skrzyżowaniach i zbliżeniach [4, s. 48]

Lp.	Obiekt	Linia napowietrzna o napięciu znamionowym			
		do 1kV		powyżej 1kV	
		skrzyżowanie	zbliżenie	skrzyżowanie	zbliżenie
1	Teren niezabudowany, pola łąka, nieużytek	0	0	0	0
2	Droga publiczna pierwszego rzędu oraz dworce autobusowe i oznakowane parkingi	1 lub 0 i zmniejszone naprężenie	0	3	1
3	Budynek mieszkalny, przemysłowy, stodoła, stajnia, szklarnia	1	0	2	1
4	Linie kolejowe pierwszorzędne	1	0	3	2 nie zaleca się
5	Przewody trakcji elektrycznej	1	0	2	1
6	Lotnisko, port lotniczy	wg indywidualnych ustaleń z władzami nadzorującymi lotnisko			
7	Linia napowietrzna do 1kV położona powyżej	1 lub 0 i izolować	0	2 nie zaleca się	1
8	Linia napowietrzna na napięcie powyżej 1kV, lecz mniejsze niż 60 kV położona poniżej	2 nie zaleca się	1	1	1
9	Linia telekomunikacyjna położona powyżej	2 nie zaleca się	0 zabezpieczyć przed przerzutami napięcia	2 nie zaleca się zabrania się dla linii o napięciu $\geq$ 60 kV	0 zabezpieczyć przed przerzutami napięcia
10	Budynek i magazyny zawierające materiały wybuchowe i łatwopalne	zabrania się skrzyżowania, zbliżenia według specjalnych zaleceń			

#### 4.2.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co to jest przęsło linii napowietrznej oraz rozpiętość przęsła?
2. Co to jest sekcja odciągowa?
3. Co to jest zwis w liniach napowietrznych i od czego on zależy?
4. Jakie zawieszenie przewodu nazywamy przelotowym?
5. Jakie zawieszenie przewodu nazywamy odciągowym?
6. W jakich przypadkach stosuje się zwieszenie przelotowe i odciągowe bezpieczne?
7. Jakie układy przewodów stosuje się w liniach niskiego napięcia?
8. Jakie układy przewodów stosuje się w liniach wysokiego napięcia?
9. Co to są obostrzenia i ile jest stopni obostrzeń w liniach napowietrznych?
10. Co to jest skrzyżowanie, a co to jest zbliżenie w liniach napowietrznych?

### 4.2.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Wyszukaj informacje w podręcznikach i innych źródłach oraz przygotuj prezentację na temat: „Układy przewodów na słupach w liniach napowietrznych dwutorowych”.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

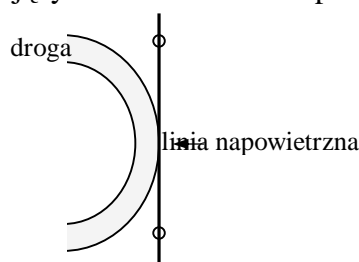
- 1) wyjaśnić, co to jest linia dwutorowa,
- 2) narysować schematy układów przewodów w liniach dwutorowych,
- 3) omówić przedstawione schematy, podając przykładowe wymiary w metrach.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- podręczniki lub poradniki dla elektryka,
- czasopisma fachowe, ewentualnie stanowisko z dostępem do Internetu,
- zeszyt do ćwiczeń.

#### Ćwiczenie 2

Uzasadnij potrzebę zastosowania środków zwiększających niezawodność pracy linii w układzie jak na rysunku:



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) wyjaśnić, czy na rysunku przedstawiono zbliżenie czy skrzyżowanie linii z drogą,
- 2) określić ewentualne zagrożenia wynikające z pracy linii na tym odcinku,
- 3) wyjaśnić pojęcie: „obostrzenie”,
- 4) wskazać możliwe środki zwiększające niezawodność pracy linii.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

#### Ćwiczenie 3

Scharakteryzuj różne sposoby zawieszenia przewodów w liniach napowietrznych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) scharakteryzować zawieszenie przelotowe na izolatorach stojących i wiszących,
- 2) scharakteryzować zawieszenie odciągowe na izolatorach stojących i wiszących,
- 3) scharakteryzować zawieszenie przelotowe i odciągowe bezpieczne.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- tablice przedstawiające rzeczywiste zwieszania przelotowe i odciągowe,
- makiety, schematy lub zdjęcia zawieszzeń wykonane w warunkach rzeczywistych.

#### Ćwiczenie 4

Scharakteryzuj zasady budowy linii napowietrznych po dokonaniu oględzin różnych linii napowietrznych (np. podczas wycieczki dydaktycznej).

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) pracować samodzielnie, opracowując informacje na temat:
  - jakie różnice można zaobserwować w budowie linii niskiego i wysokiego napięcia,
  - co to jest przęsło i jakie stosuje się rozpiętości przęseł w liniach napowietrznych (podaj orientacyjne wartości w metrach),
  - w jakim miejscu przęsła poziomego rozkłada się maksymalny zwis przewodu i ile on wynosi (w przybliżeniu w metrach),
  - w jaki sposób rozpoznać można sekcję odciągową,
  - przez jakie tereny przebiegały obserwowane przez Ciebie linie,
- 2) zaprezentować wyniki swojej pracy, zwracając uwagę na posługiwanie się pojęciami technicznymi z zakresu budowy linii.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- rzeczywiste linie napowietrzne niskiego i wysokiego napięcia.

#### 4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) scharakteryzować układ przewodów na słupach w liniach niskiego napięcia?	..	..
2) scharakteryzować układ przewodów na słupach w liniach jednotorowych oraz dwutorowych wysokiego napięcia?	..	..
3) rozpoznać na schemacie linii zbliżenie i skrzyżowanie?	..	..
4) scharakteryzować różne rodzaje zawieszzeń przewodów w liniach?	..	..
5) wyjaśnić co to są obostrzenia przy skrzyżowaniach i zbliżeniach?	..	..
6) scharakteryzować zasady budowy linii napowietrznych?	..	..

### 4.3. Linie kablowe – rodzaje i części składowe. Zasady budowy linii kablowych i podstawowe obostrzenia

#### 4.3.1. Materiał nauczania

Elektroenergetyczną linią kablową nazywamy kabel wielożyłowy lub wiązkę kabli jednożyłowych w układzie wielofazowym albo też kilka kabli jednożyłowych lub wielożyłowych połączonych równolegle, razem z osprzętem, ułożonych na wspólnej trasie i łączących zaciski tych samych dwóch urządzeń elektrycznych.

Podstawowym elementem w budowie każdego kabla elektroenergetycznego jest izolowany przewodnik prądu – żyła. Żyły wykonywane są z aluminium lub z miedzi. Mogą mieć przekrój jednolity lub składać się z wielu drutów. Kable mogą zawierać jedną lub kilka żył. W przypadku kabli wielożyłowych żyły mogą mieć kształt okrągły lub owalny. Jako izolację żył stosuje się papier nasycony olejem mineralnym lub syciwem, tworzywa termoplastyczne (polwinit lub polietylen), olej albo gaz pod ciśnieniem.

Ekran stosuje się w celu wyrównania i zmniejszenia naprężeń pola elektrycznego w pobliżu żyły. Są one wykonane z metalizowanego lub półprzewodzącego papieru albo też z polietylenu przewodzącego. Ekran powoduje równomierny rozkład pola elektrycznego wokół żyły, ale również tworzy barierę cieplną utrudniającą nagrzewanie izolacji przy przepływie prądu zwarciovego.

Powłoka zabezpiecza izolację kabla przed wpływami wilgoci, czynnikami chemicznymi i działaniem czynników zewnętrznych. Wykonuje się ją w postaci ściśle przylegającej warstwy metalu (ołowiu lub aluminium) lub materiału niemetalicznego.

Osłona kabla chroni powłokę przed przecięciem lub zarysowaniem. Wytwarza się ją ze specjalnego papieru kablowego, przędzy jutowej, tworzyw sztucznych, syciwa ochronnego lub ochronnej polewy bitumicznej.

Pancerz chroni kabel przed uszkodzeniami mechanicznymi. Tworzą go najczęściej druty lub taśmy stalowe owinięte wokół kabla.

Wypełniacz jest to materiał izolacyjny, wypełniający szczeliny między izolacją żył a powłoką kabla. Są to zwykle te same materiały, z których wykonuje się izolację.

W celu oznaczania budowy kabli elektroenergetycznych stosuje się następujące symbole:  
K – kabel o żyłach miedzianych i izolacji z papieru nasyconego olejem oraz w powłoce ołowianej,

A – umieszczone przed symbolem K – kabel z żyłami aluminiowymi, a na końcu symbolu – zewnętrzna osłona włóknista,

Y – przed K – powłoka polwinitowa, a po K – izolacja polwinitowa,

X – znaczenie jak Y, lecz w odniesieniu do polietylenu,

S – po X – izolacja z polietylenu usieciowanego,

S – po K – kabel sygnalizacyjny,

Al – przed K – powłoka aluminiowa,

Ft, Fp, Fo – pancerz z taśm stalowych (t), drutów płaskich (p), drutów okrągłych (o),

H – przed K (po Y) – kabel z żyłami ekranowanymi,

3 – przed H – kabel trójplaszczowy,

y – na końcu symbolu – zewnętrzna osłona polwinitowa,

x – na końcu symbolu – zewnętrzna osłona polietylenowa,

k – zewnętrzna osłona z taśm polwinitowych,

n – po K – kabel z syciwem nieściekającym,

U – uszczelnienie promieniowe,

R – uszczelnienie wzdłużne,

żo – na końcu symbolu – kabel z żyłą ochronną żółto–zieloną,  
 RE – żyła robocza okrągła jednodrutowa,  
 RM – żyła robocza okrągła wielodrutowa,  
 RMC – żyła robocza okrągła wielodrutowa zagęszczana,  
 SE – żyła robocza sektorowa jednodrutowa,  
 SM – żyła robocza sektorowa wielodrutowa.

Po symbolu literowym kabla podaje się oznaczenie jego napięcia znamionowego  $U_o/U_N$ , a także liczbę żył oraz ich przekrój znamionowy.

Przekroje znamionowe żył kabli elektroenergetycznych są znormalizowane i wynoszą: 0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 500 mm<sup>2</sup>.

Osprzęt kablowy jest to zbiór elementów wyposażenia mechanicznego, przeznaczony do wykonywania i ochrony połączeń między kablami, do rozgałęziania i zakańczania kabli, do przyłączenia kabli do innych urządzeń. Do podstawowego osprzętu kablowego zaliczamy: mufy, głowice, a także drobne elementy jak: złączki czy końcówki.

Mufy kablowe służą do połączenia dwóch lub więcej kabli tak, aby wytrzymałość mechaniczna i elektryczna złącza była nie mniejsza niż wytrzymałość samego kabla. Konstrukcja muf zapewnia elektryczne połączenie żył oraz metalowych powłok kabla, odpowiednią izolację połączeń, a także ochronę przed uszkodzeniami i wnikaniem wilgoci.

Rozróżniamy mufy:

- przelotowe – do łączenia dwóch końców kabla,
- rozgałęźne – do tworzenia odgałęzień,
- przejściowe – do łączenia dwóch różnych rodzajów kabli.

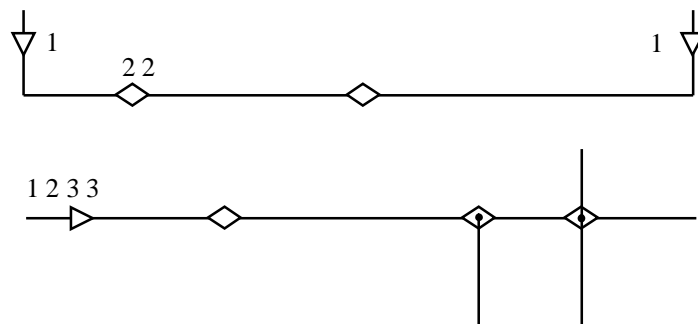
Głowice kablowe służą do przyłączania kabli do różnych urządzeń, do szczelnego zakańczania kabli. Zapewniają one wymaganą wytrzymałość elektryczną i mechaniczną zakończenia oraz ochronę izolacji końca kabla przed oddziaływaniem czynników środowiskowych. Ze względu na warunki pracy głowice dzielą się na napowietrzne oraz wewnętrzne.

Końcówka kablowa służy do metalicznego połączenia końca żyły roboczej kabla z zaciskiem urządzenia elektrycznego

Złączka kablowa służy do metalicznego połączenia ze sobą końców żył roboczych dwóch odcinków kabli przy mufie.

Ze względu na zastosowany materiał i budowę rozróżniamy osprzęt:

- tradycyjny żeliwny,
- taśmowy,
- z rur i kształtek termokurczliwych i zimnokurczliwych,
- z żywic chemoutwardzalnych,
- prefabrykowany i specjalistyczny.



**Rys. 6.** Symbole graficzne osprzętu kablowego [6, s.321]:  
 1 – głowica, 2 – mufa przelotowa, 3 – mufa rozgałęźna.

Linie kablowe prowadzi się zwykle tam, gdzie niemożliwe lub niewskazane jest stosowanie linii napowietrznej. Dobierając trasę kabla należy kierować się następującymi zasadami:

- 1) starać się wybierać trasy możliwie proste, unikać skrzyżowań z przeszkodami terenowymi i uzbrojeniem podziemnym,
- 2) dążyć do układania kabla wzdłuż istniejących lub projektowanych ciągów liniowych (ulic, dróg, rowów) lub przez trawniki w pasach przeznaczonych do tych celów,
- 3) unikać terenów zalewowych, mogących ulegać podmywaniu, narażonych na wstrząsy, przesunięcia gruntu, szkodliwe wpływy chemiczne oraz miejsc nie osłoniętych przed działaniem promieni słonecznych,
- 4) kabel powinien być tak ułożony, aby nie był narażony na uszkodzenia mechaniczne i utrudnione oddawanie ciepła,
- 5) należy ograniczyć prowadzenie kabli przez pomieszczenia i strefy zagrożone wybuchem lub pożarem,
- 6) kable wzajemnie rezerwujące się należy prowadzić innymi szlakami.

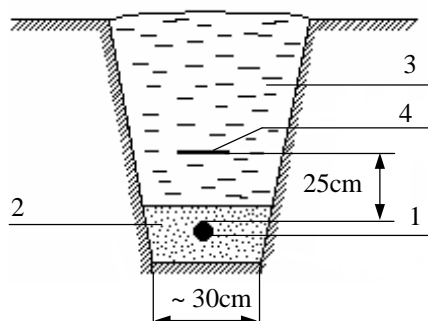
Kable mogą być układane w różnych warunkach: w ziemi, w blokach i rurach, w kanałach i tunelach, w budynkach, na mostach, molach, nadbrzeżach.

Bezpośrednio w ziemi kable układa się na dnie wykopu. Szerokość wykopu uzależniona jest od liczby kabli układanych równolegle i jednocześnie powinna zapewniać możliwość swobodnego poruszania się w nim (około 35 cm), natomiast głębokość uzależniona jest od rodzaju układanego kabla:

- 1) 50 cm dla kabli oświetlenia ulicznego,
- 2) 70 cm dla kabli na napięcie nie przekraczające 1 kV, z wyjątkiem terenów użytków rolnych,
- 3) 80 cm dla kabli na napięcie powyżej 1 kV do 15 kV, z wyjątkiem terenów użytków rolnych,
- 4) 90 cm dla kabli na napięcie do 15 kV układanych na użytkach rolnych,
- 5) 100 cm dla kabli na napięcie powyżej 15 kV.

W przypadku niemożności zachowania takiej głębokości na jakimś odcinku należy zastosować rurę ochronną.

Kabel układa się w wykopie na dziesięciocentymetrowej warstwie podsypki piaskowej, a po ułożeniu zasypuje się go również warstwą piasku o grubości 10 cm. Na piasku, w celu oznaczenia trasy kabla i dla ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi, układa się wzdłuż całej trasy folię z tworzywa sztucznego o grubości co najmniej 0,5 mm. Szerokość folii powinna być taka, aby przykrywała cały kabel i nie mniejsza niż 20 cm. Dla kabli do 1 kV stosuje się folię niebieską, a powyżej 1 kV czerwoną.



Rys. 7. Przekrój wykopu kablowego dla pojedynczego kabla [własne]  
1 – kabel, 2 – piasek, 3 – ziemia, 4 – folia

Kabel układa się w wykopie linią falistą zostawiając zapas wynoszący ok. 3% długości wykopu. Zapas ten ma skompensować ewentualne przesunięcia gruntu.

Trasa linii kablowej powinna być odpowiednio oznakowana. Kable ułożone w ziemi powinny być zaopatrzone w oznaczniki, rozmieszczone w odstępach nie większych niż 10 m oraz przy mufach i w miejscach charakterystycznych, na przykład przy skrzyżowaniach, wejściach do kanałów, rur itp. Kable ułożone w powietrzu powinny być zaopatrzone w trwałe oznaczniki przy głowicach lub skrzyńkach oraz w takich miejscach, aby odróżnienie nie sprawiało trudności.

Oznaczniki kabli ułożonych w kanałach i tunelach należy umieszczać w odległości nie większej niż 20 m.

Oznacznikami są trwałe napisy określające symbol i numer ewidencyjny linii, symbol kabla, znak użytkownika kabla, znak fazy (przy kablach jednożyłowych), rok ułożenia kabla.

Na terenach niezabudowanych trasę należy oznaczyć widocznymi oznacznikami w postaci słupków betonowych z trwałymi napisami symbolu kabla (K – kabel, M – mufa).

W tym samym wykopie można ułożyć kilka kabli. Można również zbliżać się do innych linii kablowych (obiektów podziemnych) lub krzyżować z nimi. Minimalne odległości między kablami w ziemi przy skrzyżowaniach i zbliżeniach podaje tabela 1.

**Tabela 2.** Najmniejsze dopuszczalne odległości między kablami i urządzeniami podziemnymi [5, s.260]

Lp.	Skrzyżowanie lub zbliżenie, rodzaj urządzeń podziemnych	Najmniejsze dopuszczalne odległości w cm	
		Pionowa przy skrzyżowaniu	Pozioma przy zbliżeniu
1	Kabli na napięcie znamionowe do 1 kV z kablami tego samego rodzaju lub z sygnalizacyjnymi	25	10
2	Kabli sygnalizacyjnych i kabli przeznaczonych do zasilania urządzeń oświetleniowych z kablami tego samego rodzaju	25	Mogą się stykać
3	Kabli elektroenergetycznych na napięcie do 1 kV z kablami na napięcie wyższe niż 1 kV	50	10
4	Kabli elektroenergetycznych z kablami telekomunikacyjnymi	50	50
5	Kabli różnych użytkowników	50	50
6	Kabli z mufami sąsiednich kabli	–	25
7	Kabli od rur wodociągowych, ciepłych, gazowych z gazami niepalnymi bądź palnymi, ale o ciśnieniu do 0,5 atm	80 przy średnicy rurociągu do 250 mm	50
8	Kabli od rurociągu z cieczami palnymi	150 przy średnicy większej niż 250 mm	100
9	Kabli od rurociągu z gazami palnymi o ciśnieniu wyższym niż 0,5 atm, ale nie przekraczającym 4 atm	150 przy średnicy większej niż 250 mm	100
10	Kabli od zbiorników z płynami palnymi	200	200
11	Kabli od części podziemnych linii napowietrznych (ustój, podpora)	–	80
12	Kabli od ścian budynków i innych budowli, np. tuneli	–	50

W kanałach lub tunelach kable należy układać na dnie, na ścianach albo na konstrukcjach wsporczych. Kable układane na ścianach nie powinny do siebie bezpośrednio przylegać.

Przy układaniu kabli w kanałach i tunelach obowiązują zasady:

2. Kable można układać w różny sposób: na dnie, na ścianach albo na konstrukcjach wsporczych.
3. Kable układane na ścianach nie powinny bezpośrednio do nich przylegać (odległość kabli od ściany powinna wynosić minimum 1 cm).



4. Nie należy układać kabli na dnie tuneli w przejściach przeznaczonych do poruszania się obsługi.
5. Przejścia kabli przez przegrody w tunelach powinny być uszczelnione materiałem ognioodpornym.
6. Dopuszcza się zasypywanie kanałów piaskiem, zwłaszcza w przypadkach zagrożenia pożarem lub wybuchem.
7. Przy układaniu kabli na konstrukcjach wsporczych, kable o napięciu powyżej 1 kV powinny być ułożone nad kablami o napięciach poniżej 1 kV.
8. Odległość między kablami o różnych napięciach lub między warstwami kabli nie powinna być mniejsza niż 15 cm.
9. Dopuszcza się stykanie kabli sygnalizacyjnych lub jednożyłowych tworzących ten sam obwód.

W budynkach kable można układać na ścianach, pod sufitami, na konstrukcjach nośnych mocowanych do ścian, stropów, konstrukcji stalowej, w kanałach pod podłogą kanałach ściennych, w rurach, blokach kablowych. Wprowadzenie kabli do budynków wymaga wykonania zabezpieczenia przed uszkodzeniami mechanicznymi (należy wykonać specjalną osłonę otaczającą kabel).

### 4.3.2. Pytania sprawdzające

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

1. Co nazywamy elektroenergetyczną linią kablową?
2. Jaką rolę pełni w kablu żyła?
3. Jaką rolę pełni w kablu izolacja i z jakich materiałów się ją wykonuje?
4. Jaką rolę pełni w kablu ekran, a jaką pancierz?
5. Jakie informacje zawiera symbol literowo-cyfrowy kabla?
6. W jaki sposób rozpoznać na podstawie symbolu kabel z żyłą aluminiową?
7. Jakim symbolem literowym oznacza się ekran, a jakim pancierz w kablu?
8. Na jakich głębokościach układa się kable w ziemi?
9. W jaki sposób oznacza się trasę kabla?
10. Dlaczego kabel układa się w ziemi linią falistą?
11. Co to jest osprzęt kablowy i jakie znasz rodzaje osprzętu kablowego?
12. Do czego służy głowica, a do czego mufa kablowa?

### 4.3.4. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Odczytaj oznaczenia kabli i rozpoznaj ich rodzaje na podstawie symbolu literowo-cyfrowego:

- HKnFt 12/20 Kv 3x240 RMC mm<sup>2</sup>,
- YKYFoy 0,6/1 Kv 4x50 mm<sup>2</sup>,
- XHAKXS 10 Kv 1x400 mm<sup>2</sup>,
- YKY-żo 0,6/1 Kv 5x10 mm<sup>2</sup>,
- XUHAKXS 12/20 Kv 1x120 mm<sup>2</sup>,
- AknFt 6/10 Kv 3x120 RMC mm<sup>2</sup>,
- YHKXS 15 Kv 1x120 mm<sup>2</sup>,
- HAKnFtA 12/20 Kv 3x240 RMC mm<sup>2</sup>,
- YKSYFoy-żo 0,6/1 Kv 25x1,5 RE mm<sup>2</sup>.

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odczytać oznaczenia i nazwać każdy kabel, wymieniając wszystkie warstwy podane w symbolu literowym,
- 2) wskazać wartość napięcia znamionowego kabla, liczbę żył, ich przekrój znamionowy i rodzaj budowy,
- 3) zapisać do zeszytu pełne nazwy kabli rozpoznanych po ich symbolach literowo-cyfrowych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

### Ćwiczenie 2

Masz do dyspozycji skrzynkę zawierającą krótkie odcinki różnych kabli elektroenergetycznych. Wybierz wśród nich pięć różnych próbek, a następnie na podstawie wyglądu zewnętrznego, rozpoznaj ich rodzaje i podaj właściwe symbole.

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) pracować samodzielnie, mając 20 minut na wykonanie ćwiczenia,
- 2) dokonać szczegółowych oględzin wszystkich wybranych próbek kabli i omówić ich budowę,
- 3) wyjaśnić rolę poszczególnych warstw w każdym rozpoznanym kablu,
- 4) podać oznaczenie literowo-cyfrowe każdego rozpoznanego kabla.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- skrzynka zawierająca co najmniej 10 różnych odcinków kabli.

### Ćwiczenie 3

Znajdź elementy zaliczane do osprzętu kablowego, wśród dostępnych na stanowisku elementów wyposażenia mechanicznego. Omów rolę poszczególnych elementów wybranego przez Ciebie osprzętu.

### Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

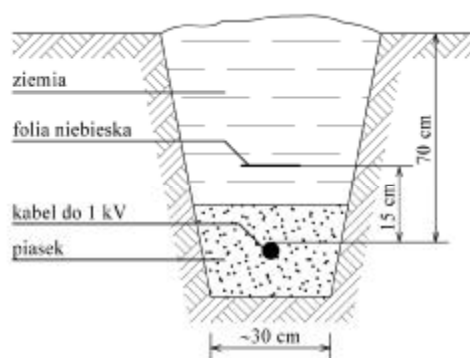
- 1) pracować samodzielnie mając 10 minut na wykonanie ćwiczenia,
- 2) wśród różnych elementów wyposażenia mechanicznego wybrać elementy zaliczane do osprzętu kablowego,
- 3) na podstawie wyglądu zewnętrznego nazwać wszystkie elementy osprzętu kablowego,
- 4) podać przeznaczenie poszczególnych elementów osprzętu oraz omówić sposób ich montażu,
- 5) zwrócić szczególną uwagę na poprawność wypowiedzi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- skrzynka zawierająca różne elementy osprzętu kablowego.

#### Ćwiczenie 4

Kabel elektroenergetyczny jest ułożony w ziemi w układzie jak na rysunku. Wyjaśnij dlaczego jest on niewłaściwie eksploatowany.



Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) przypomnieć sobie wiadomości na temat:
  - głębokości na jakich zakopuje się kable,
  - sposobu ułożenia kabla na dnie wykopu,
  - zasady oznaczania trasy kabla,
- 2) dokonać analizy układu przedstawionego na rysunku i wyciągnąć odpowiednie wnioski.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- podręczniki z elektroenergetyki, poradniki dla elektryka,
- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

#### 4.3.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wyjaśnić, co to jest elektroenergetyczna linia kablowa?	..	..
2) rozpoznać rodzaj kabla na podstawie jego wyglądu?	..	..
3) rozpoznać rodzaj kabla na podstawie jego oznaczenia literowego?	..	..
4) rozpoznać różne rodzaje osprzętu kablowego?	..	..
5) objaśnić przeznaczenie głowic i muf kablowych?	..	..
6) omówić zasady układania kabli w ziemi?	..	..
7) omówić zasady oznaczania trasy linii kablowej?	..	..

## 4.4. Zasady łączenia przewodów linii napowietrznych i żył kabla

### 4.4.1. Materiał nauczania

Łączenie przewodów linii napowietrznych oraz żył kabli elektroenergetycznych jest czynnością niezwykle odpowiedzialną i pracochłonną. Połączenia między żyłami, a także między żyłami i urządzeniami, do których się je przyłącza, powinny być wykonane w taki sposób, aby był zapewniony bezpieczny i pewny styk. Niestarannie wykonane połączenie jest słabym punktem układu, może być przyczyną niewłaściwego działania, nadmiernego nagrzewania, pożaru lub nawet porażenia prądem elektrycznym.

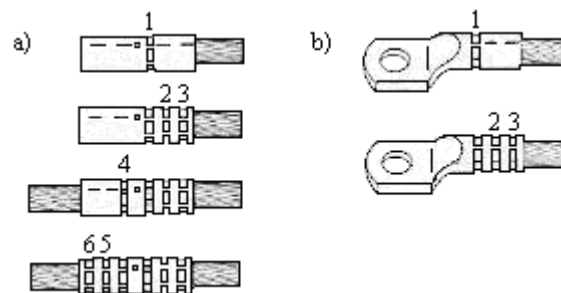
Połączenie przewodów i żył kabli powinno odznaczać się małą rezystancją i odpowiednią wytrzymałością mechaniczną. W przypadku kabli wymagania te można spełnić łącząc żyły przez: spawanie, zaprasowywanie, lutowanie oraz przy pomocy złączy śrubowych. W przypadku przewodów linii napowietrznych żyły łączy się za pomocą zacisków i złączek.

Zacisk jest przeznaczony głównie do przewodzenia prądu elektrycznego bez przejmowania naciągu przewodów. Wykorzystuje się je przy wykonywaniu mostków (np. przy zawieszeniu odciągowym) oraz do przyłączania przewodów odgromowych i uziemiających do konstrukcji stalowych lub do taśm.

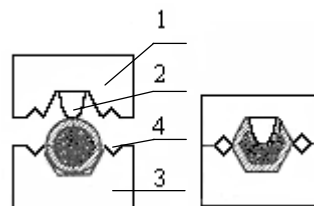
Złączka służy do łączenia przewodów i przenoszenia obciążeń mechanicznych. Powszechnie stosuje się złączki zaprasowywane, śrubowe, samoczynne oraz zakarbowywane. Najlepszym przewodnictwem prądu i największą wytrzymałością na rozciąganie charakteryzują się złączki samoczynne od niedawna stosowane w liniach napowietrznych.

W przypadku kabli, aby zagwarantować odpowiednią wytrzymałość elektryczną i mechaniczną w miejscu połączenia precyzyjnie powinny być również odtworzone wszystkie pozostałe warstwy kabla (np. izolacja lub powłoki).

Przed przystąpieniem do wykonania połączenia żyły należy odpowiednio przygotować – zdjąć zewnętrzne warstwy ochronne oraz usunąć warstwę izolacji na wymaganym, dla danego typu przewodu lub kabla, odcinku.

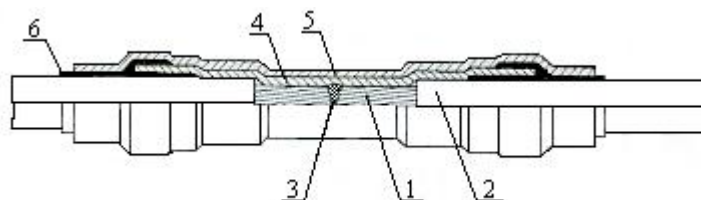


Rys. 8. Kolejność zaprasowywania: a) zacisku tulejkowego, b) końcówki kablowej [6, s. 324]

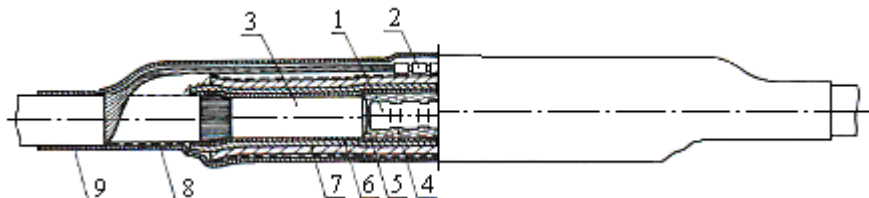


Rys. 9. Początkowa i końcowa faza zaprasowywania przewodu wielodrutowego [6, s. 324]

1 i 3 – szczęki prasy, 2 – czop do wykonywania wgniotu,  
4 – rowek przyjmujący nadmiar wyciśniętego materiału.



**Rys. 10.** Mufa z rur termokurczliwych do jednożyłowych kabli 0,6/1 kV o izolacji polwinitowej [6, s.329]  
 1 – żyła, 2 – izolacja i powłoka, 3 – spoina, 4 – rura termokurczliwa wewnętrzna,  
 5 – rura termokurczliwa zewnętrzna, 6 – klej.



**Rys. 11.** Mufa z rur termokurczliwych do łączenia kabli 8,7/15 kV o izolacji polietylenowej [6, s. 329]  
 1 – zaprasowane połączenie żył roboczych, 2 – zaprasowane połączenie żył powrotnych,  
 3 – izolacja polietylenowa, 4 – warstwy taśmy izolacyjnej samospawalnej, 5 – taśma sterująca,  
 6 – rura termokurczliwa izolacyjna, 7 – rura termokurczliwa izolacyjna ekranowana,  
 8 – plecionka miedziana, 9 – rura termokurczliwa zewnętrzna.

Uwaga:

Zalecenia praktyczne dotyczące sposobów wykonywania połączeń przewodów linii napowietrznych oraz żył w kablu odnaleźć można w instrukcjach dołączonych zwykle do wszystkich elementów osprzętu. Informacje na ten temat zawarte są również w pozycjach: [3], [4] i [6] w wykazie literatury.

#### 4.4.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jakimi właściwościami powinno odznaczać się prawidłowo wykonane połączenie przewodów linii napowietrznych oraz żył w kablach?
2. Jakie znasz sposoby łączenia przewodów linii napowietrznych?
3. Do czego służy zacisk przy wykonywaniu połączeń przewodów?
4. Do czego służy złączka przy wykonywaniu połączeń przewodów?
5. Jakie znasz sposoby łączenia żył w kablach?
6. Na czym polega zaprasowanie żył?
7. Jak nazywa się urządzenie służące do zaprasowywania żył przewodów?
8. Dlaczego łączenie żył miedzianych jest łatwiejsze niż aluminiowych?
9. Do czego służy mufa oraz głowica kablowa?
10. Na czym polega montaż muf z żywicy termoutwardzalnej?
11. Jak wykonuje się zakończenie kabli niskiego napięcia?

#### 4.4.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Połącz żyły dwóch odcinków kabli i wykonaj montaż mufy kablowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp i ochrony ppoż.,

- 2) dobrać zestaw montażowy do wykonania mufy kablowej przelotowej dla kabli czterożyłowych – 0,6/1 Kv,
- 3) przygotować odcinki kabli do montażu:
  - a) oczyścić kable z brudu i kurzu,
  - b) zdjąć powłoki z kabli oraz odizolować końce łączonych żył na długości będącej połową długości złączki plus 10 mm,
  - c) przeformować końce żył sektorowych za pomocą praski, nierówności usunąć pilnikiem i oczyścić,
  - d) na koniec jednego z kabli nasunąć rurę do odtwarzania powłoki oraz nasunąć na dłuższe końce rury do odtwarzania izolacji,
- 4) wykonać montaż mufy:
  - a) na każdą żyłę po jednej stronie połączenia nałożyć złączki i zaprasować,
  - b) zaprasować wszystkie żyły pamiętając o zachowaniu kolorów łączonych żył,
  - c) złączki oczyścić z nierówności i zatłuszczeń,
  - d) podgrzać połączenie do temperatury 50°C palnikiem na gaz propan–butan lub nagrzewnicą elektryczną,
  - e) na połączenie nasunąć rury termokurczliwe – obkurczanie rur rozpocząć od ich środka w kierunku ich końców,
  - f) po ostygnięciu uformować żyły, dociskając je do siebie kilkoma owinięciami taśmy PCV,
  - g) nasunąć rurę do odtwarzania powłoki tak, aby zachodziła na powłoki obu połączonych kabli na taką samą długość i obkurczyć ją,
- 5) dokonać sprawdzenia połączenia przez mechaniczne pociąganie oraz pomiar rezystancji izolacji.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odcinki kabli do wykonania połączenia,
- zestawy montażowe do wykonania mufy,
- praska hydrauliczna,
- pilnik, papier ścierny, taśma PCV,
- palnik lub nagrzewnica,
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji.

## Ćwiczenie 2

Spośród dostępnych na stanowisku pracy różnych elementów osprzętu, wybierz element pozwalający połączyć przewody linii napowietrznych, w sposób zapewniający przewodzenie elektryczne, ale bez przejmowania naciągu przewodów.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) dokonać oględzin wszystkich elementów zgromadzonych na stanowisku pracy,
- 2) rozpoznać elementy umożliwiające wykonywanie połączeń przewodów linii napowietrznych oraz podać ich nazwy,
- 3) wskazać element umożliwiający wykonanie połączenia zapewniające przewodzenie elektryczne bez przejmowania naciągu, wskazać zastosowanie tego połączenia w liniach.

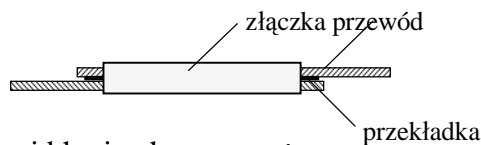
Wyposażenie stanowiska pracy:

- różne elementy osprzętu przeznaczone do łączenia przewodów i żył w kablach.

### Ćwiczenie 3

Wykonaj połączenie za pomocą złączki dwóch odcinków linki stalowo–aluminiowej.

Sposób wykonania ćwiczenia



Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp i ochrony ppoż.,
- 2) pobrać z magazynu dwa odcinki linki stalowo–aluminiowej oraz odpowiednią do zakarbowywania złączkę oraz przekładkę,
- 3) dobrać komplet szczęk do prasek odpowiedni do rodzaju i przekroju przewodu,
- 4) zabezpieczyć końce opłotu aluminiowego drutem wiązalkowym,
- 5) obciąć końcówki przewodów,
- 6) oczyścić przewody szczotką drucianą,
- 7) wsunąć końce obu przewodów do tulei, w taki sposób, aby wystawały z przeciwnej strony po około 2 cm, między przewodami umieścić aluminiową przekładkę,
- 8) zaprasować tulejkę pod kontrolą nauczyciela (zakarbowywanie rozpocząć od środka),
- 9) sprawdzić jakość połączenia przez mechaniczne pociąganie.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- dwa krótkie odcinki linki stalowo–aluminiowej,
- praska do zaprasowywania tulejek oraz komplet szczęk,
- złączka: tulejka aluminiowa,
- drut wiązalkowy,
- kompletna skrzynka monterska.

#### 4.4.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

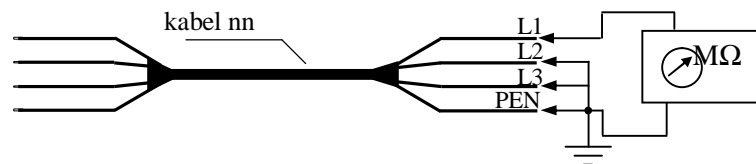
	Tak	Nie
1) scharakteryzować właściwości poprawnie wykonanego połączenia przewodów i żył przewodów w kablach?	..	..
2) wymienić rodzaje połączeń przewodów linii napowietrznych?	..	..
3) podać przeznaczenie zacisku i złączki?	..	..
4) wykonać proste połączenie linki stalowo–aluminiowej za pomocą zaprasowania?	..	..
5) rozpoznać i wskazać osprzęt umożliwiający łączenie żył w kablach?	..	..
6) połączyć żyły w kablu niskiego napięcia z wykorzystaniem osprzętu termokurczliwego?	..	..
7) zorganizować samodzielnie stanowisko pracy zgodnie z zasadami bhp w celu wykonania połączenia przewodów i żył kabli?	..	..

## 4.5. Typowe uszkodzenia linii napowietrznych i kablowych – sposoby ich usuwania

### 4.5.1. Materiał nauczania

Linie napowietrzne i kablowe, podczas swojej pracy, narażone są na różnego rodzaju uszkodzenia, uniemożliwiające ich dalszą eksploatację. W przypadku linii napowietrznych mogą to być uszkodzenia mechaniczne słupów i izolatorów, zerwanie albo splątanie się przewodów spowodowane wiatrem lub sadzią. Uszkodzenia te są przyczyną niebezpiecznych w skutkach zwarć międzyfazowych i doziemnych, ale są zwykle łatwe do zlokalizowania – wystarczy poruszać się wzdłuż trasy określonego odcinka linii. W przypadku linii kablowych najbardziej typowe uszkodzenia to przerwana ciągłość żyły w kablu lub uszkodzona izolacja powodująca zwarcie. Ze względu na warunki pracy, lokalizacja miejsca uszkodzenia w linii kablowej jest znacznie trudniejsza.

Przed przystąpieniem do lokalizacji uszkodzenia w kablu należy najpierw określić rodzaj tego uszkodzenia. W tym celu należy wykonać pomiary rezystancji izolacji oraz dokonać sprawdzenia ciągłości żył. Pomiary te wykonuje się po wyłączeniu linii spod napięcia i po jej rozładowaniu.

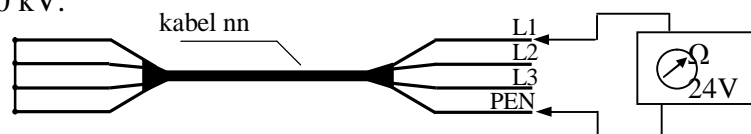


Rys. 12. Układ do pomiaru rezystancji izolacji [własne]

Pomiary rezystancji izolacji w kablach wykonuje się megaomomierzem o napięciu nie mniejszym niż 2,5 kV. Pomiary wykonuje się przyłączając kolejno megaomomierz między każdą żyłą a pozostałymi żyłami zwartymi i uziemionymi.

Wskazanie miernika należy odczytywać po minucie od wykonania pomiaru. Prawidłowa wartość rezystancji izolacji kabla zależy od jego długości i przeliczona na 1 km linii wynosi [6]:

1. Dla kabli o napięciu znamionowym do 1 kV:
  - 75 MΩ/km dla kabli o izolacji gumowej,
  - 20 MΩ/km dla kabli o izolacji papierowej,
  - 20 MΩ/km dla kabli o izolacji polwinitowej,
  - 100 MΩ/km dla kabli o izolacji polietylenowej.
2. Dla kabli o napięciu znamionowym powyżej 1 kV:
  - 50 MΩ/km dla kabli o izolacji papierowej,
  - 40 MΩ/km dla kabli o izolacji polwinitowej,
  - 100 MΩ/km dla kabli o izolacji polietylenowej (o napięciu do 30 kV),
  - 1000 MΩ/km dla kabli olejowych oraz kabli o izolacji polietylenowej o napięciu powyżej 30 kV.



Rys. 13. Układ do sprawdzania ciągłości żył w kablu [własne]



Sprawdzenie ciągłości żył wykonuje się przy użyciu omomierza. Na jednym końcu kabla zwiera się wszystkie żyły, a do drugiego końca przyłącza kolejno każde dwie żyły poprzez miernik. Wynik sprawdzenia ciągłości żył uznaje się za pozytywny jeżeli nie stwierdza się występowania przerw.

Po określeniu rodzaju uszkodzenia w kablu, należy przystąpić do zlokalizowania miejsca awarii.

Rozróżnia się pośrednie i bezpośrednie metody lokalizacji uszkodzenia w linii kablowej. Metody pośrednie polegają na wykonywaniu pomiarów z końcowych punktów kabla i na podstawie uzyskanych wyników obliczeniu odległości od punktu pomiaru do miejsca uszkodzenia.

Do metod pośrednich zaliczamy:

- metodę mostkową,
- metodę pojemnościową,
- metodę indukcyjną.

Metody bezpośrednie polegają na szukaniu uszkodzenia bezpośrednio nad kablem, na trasie linii.

Do metod bezpośrednich zaliczamy:

- metodę spadków napięć,
- metodę akustyczną,
- metodę indukcyjną,
- nowoczesne wykrywacze elektroniczne.

Po zlokalizowaniu miejsca uszkodzenia w liniach napowietrznych i kablowych oraz określeniu jego rodzaju, należy przystąpić do usunięcia usterki i przywrócenia zdolności przesyłowych linii. Zgodnie z zasadami bhp prace takie mogą wykonywać tylko wykwalifikowani pracownicy, na ustne lub pisemne polecenie osoby upoważnionej z kierownictwa lub dozoru. Osoba taka powinna posiadać ważne zaświadczenie kwalifikacyjne oraz imienne upoważnienie do wydawania poleceń wykonywania określonych czynności.

Wszelkie prace związane z naprawą linii napowietrznej i kablowej powinny być wykonywane po wcześniejszym wyłączeniu linii spod napięcia, zabezpieczeniu jej przed przypadkowym załączeniem pod napięcie oraz założeniu uziemienia w miejscu pracy. Linia kablowa powinna być dodatkowo, po wyłączeniu jej spod napięcia, odpowiednio rozładowana.

Uwaga:

Informacje na temat zasad lokalizowania uszkodzeń w liniach przesyłowych metodami pośrednimi i bezpośrednimi odnaleźć można w poradnikach dla elektryków i podręcznikach:

- Witolda Kotlarskiego pt. „Sieci elektroenergetyczne”,
- Edwarda Musiała pt. „Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne”.

#### **4.5.2. Pytania sprawdzające**

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

1. Na jakie uszkodzenia narażone są najczęściej linie napowietrzne?
2. Na jakie uszkodzenia narażone są najczęściej linie kablowe?
3. Jakie znasz metody lokalizacji uszkodzeń w liniach napowietrznych?
4. Jakie znasz metody lokalizacji uszkodzeń w liniach kablowych?
5. Czym różnią się metody pośrednie od metod bezpośrednich?
6. Na czym polega pomiar rezystancji izolacji w kablu?
7. W jaki sposób można sprawdzić ciągłość żył w kablu?

### 4.5.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Rozpoznaj rodzaj uszkodzenia w danym odcinku kabla YAKY 4x35 mm<sup>2</sup>.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) sprawdzić, czy kabel nie ma uszkodzeń mechanicznych,
- 2) w zależności od wyników oględzin, dokonać pomiarów rezystancji uzwojeń i rezystancji izolacji (wcześniej należy się zapoznać z zasadami wykonywania tych pomiarów),
- 3) sporządzić zestawienie wyników pomiarów,
- 4) wyciągnąć odpowiednie wnioski,
- 5) stosować zasady bhp i ochrony ppoż. podczas pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- odcinek kabla YAKY 4x35 mm<sup>2</sup>,
- miernik do pomiaru rezystancji uzwojeń,
- miernik do pomiaru rezystancji izolacji,
- poradniki dla elektryków, instrukcje obsługi mierników,
- zeszyt do ćwiczeń.

#### Ćwiczenie 2

Wykonaj prostą naprawę linii napowietrznej niskiego napięcia – napraw zerwane zawieszenie przelotowe przewodu na izolatorze stojącym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) odszukać (w poprzednich rozdziałach) informacje o sposobach wykonywania zawiesznień,
- 2) wyjaśnić, jakie zawieszenie nazywamy przelotowym i jakie są zasady wykonywania zawieszenia przelotowego na izolatorze stojącym,
- 3) pobrać z magazynu potrzebne do wykonania zawieszenia materiały i narzędzia,
- 4) wykonać zawieszenie przelotowe, uzasadnić poprawność wykonania.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- izolator stojący zamontowany na stole montażowym,
- odcinek przewodu gołego AFL,
- taśma aluminiowa 10x1 mm,
- drut wiązalkowy lub uchwyt oplotowy.

### 4.5.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) wymienić typowe uszkodzenia linii napowietrznych i kablowych?	..	..
2) wykonać pomiar rezystancji izolacji w kablu i wyciągnąć wnioski?	..	..
3) wykonać pomiar ciągłości żył w kablu i ocenić wyniki pomiaru?	..	..
4) wymienić i scharakteryzować metody lokalizacji uszkodzeń w kablu?	..	..
5) wykonać prostą naprawę uszkodzonej linii napowietrznej?	..	..

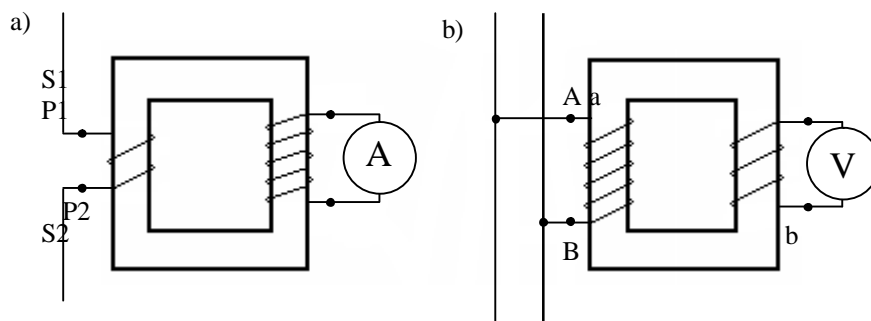
## 4.6. Budowa, zasada działania i zastosowanie przekładników prądowych i napięciowych

### 4.6.1. Materiał nauczania

W układach do przesyłania energii elektrycznej, płyną prądy o wartościach niekiedy wielokrotnie przewyższających zakresy pomiarowe amperomierzy, cewek prądowych watomierzy lub liczników. Również wartości napięć są zwykle znacznie większe niż zakresy pomiarowe woltomierzy, cewek napięciowych watomierzy, liczników lub przekładników. W takich przypadkach, a także ze względu na bezpieczeństwo obsługi, należy zastosować urządzenia przekształcające rzeczywiste wartości prądów i napięć na prądy i napięcia o wartościach dopasowanych do zakresu pomiarowego mierników i urządzeń zabezpieczających.

Przekładniki prądowe i napięciowe – to jednofazowe transformatory specjalne, działające zgodnie z zasadą indukcji elektromagnetycznej. Zasilają one przyrządy zabezpieczające (np. przekładniki lub wyzwalacze), odizolowują obwody pomiarowe i zabezpieczające od obwodów wysokiego napięcia, zmieniają zakresy pomiarowe mierników prądu przemiennego.

Do podstawowych elementów budowy każdego przekładnika zaliczamy rdzeń, pełniący rolę obwodu magnetycznego oraz uzwojenia, które stanowią dwa obwody elektryczne. Rdzenie przekładników mają za zadanie przewodzić strumień magnetyczny i są wykonywane (pakietowane) z blach żelazo–krzemowych o bardzo dobrych właściwościach magnetycznych. Uzwojenia wykonuje się głównie przewodami miedzianymi, izolowanymi lakierem, o okrągłym lub prostokątnym przekroju poprzecznym. Uzwojenia w przekładnikach są odizolowane od siebie oraz od rdzenia.



Rys. 14. Schemat przekładnika: a) prądowego, b) napięciowego [własne]

Przekładniki prądowe mają uzwojenia pierwotne zasilane prądem roboczym odbiorników, a do uzwojenia wtórnego są włączone szeregowo amperomierze, cewki prądowe watomierzy i liczników albo wyzwalacze i przekładniki. Znamionowy prąd wtórny wynosi zwykle 5 A (czasem 1 A). Przekładnik taki pracuje w warunkach zbliżonych do stanu zwarcia pomiarowego transformatora energetycznego i można przyjąć, że:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

gdzie:  $I_1$  prąd płynący w uzwojeniu pierwotnym,  $I_2$  prąd płynący w uzwojeniu wtórnym,  
 $N_1$  i  $N_2$  – liczba zwojów pierwotnych i wtórnych.

Uzwojenie wtórne przekładnika prądowego powinno być zawsze zwarte miernikiem lub, w przypadku odłączenia miernika, przewodem. Jeżeli obwód wtórny pozostaje otwarty, to prąd jałowy jest roboczym prądem pierwotnym, co powoduje nadmierne nagrzewanie rdzenia i niebezpieczny wzrost napięcia wtórnego.

Cechą charakterystyczną przekładników prądowych jest niewielka liczba zwojów pierwotnych (dwa lub jeden dla największych prądów) i ich znaczny przekrój poprzeczny.

Przekładniki napięciowe mają znacznie większą liczbę cieńszych zwojów. Zaciski uzwojenia pierwotnego przyłączone są do mierzonego napięcia, a do uzwojenia wtórnego przyłączone są równoległe woltomierze, cewki napięciowe watomierzy, liczników lub przekaźników. Znamionowe napięcia strony pierwotnej są znormalizowane i mają takie same wartości jak wartości napięć w sieci. Znamionowe napięcie strony wtórnej wynosi zwykle 100 V (lub  $100/\sqrt{3}$  V).

Przekładnik napięciowy pracuje w warunkach zbliżonych do stanu jałowego transformatora i można przyjąć, że:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2},$$

gdzie:  $U_1$  i  $U_2$  wartość napięcia pierwotnego i wtórnego.

Uwaga:

Ze względu na bezpieczeństwo powinien być uziemiony jeden zacisk strony wtórnej przekładników prądowych i napięciowych.

## 4.6.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jaki jest cel stosowania przekładników prądowych i napięciowych w układach do przesyłania energii elektrycznej?
2. Jakim symbolem literowym oznacza się zaciski stron pierwotnych i wtórnych przekładnika prądowego?
3. Jakim symbolem literowym oznacza się zaciski stron pierwotnych i wtórnych przekładników napięciowych?
4. Dlaczego zacisków strony wtórnej przekładnika prądowego nie wolno pozostawiać rozwartych?
5. Jaką rolę w przekładnikach pełni rdzeń, a jaką uzwojenia?
6. W jaki sposób włącza się do sieci przekładnik prądowy, a w jaki sposób przekładnik napięciowy?
7. Jaki jest związek między napięciem pierwotnym, wtórnym i liczbą zwojów pierwotnych i wtórnych w przekładniku napięciowym?

## 4.6.3. Ćwiczenia

### Ćwiczenie 1

Wśród dostępnych na Twoim stanowisku pracy urządzeń, wykorzystywanych w układach do przesyłania energii elektrycznej, rozpoznaj i wskaż przekładnik prądowy.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) określić jest cel stosowania przekładników w układach do przesyłu energii,
- 2) podać sposób oznaczenia literowego zacisków stron pierwotnych i wtórnych w przekładnikach prądowych,
- 3) dokonać oględzin wszystkich urządzeń zgromadzonych na stanowisku pracy,
- 4) rozpoznać przekładnik prądowy, wskazać rdzeń, uzwojenie pierwotne i wtórne, omówić przeznaczenie poszczególnych elementów budowy,

- 5) odczytać na tabliczce znamionowej wartość znamionową prądu pierwotnego i wtórnego,
- 6) określić sposób włączenia przekładnika do sieci prądu przemiennego.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- różne urządzenia elektryczne, np. przekładniki (prądowy i napięciowy), przekaźniki zabezpieczające, dławiki, wyłączniki.

## Ćwiczenie 2

Dany jest przekładnik napięciowy o parametrach:  $U_1 = 15000 \text{ V}$ ,  $U_2 = 100 \text{ V}$ ,  $N_2 = 300 \text{ zw}$ . Zaproponuj sposób sprawdzenia czy w uzwojeniu pierwotnym nie ma przerwy. Oblicz liczbę zwojów pierwotnych  $N_1$ .

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) rozpoznać na schemacie przekładnik napięciowy i wskazać zaciski uzwojenia pierwotnego oraz wtórnego,
- 2) zaproponować sposób sprawdzenia ciągłości uzwojenia pierwotnego (wskazać miernik oraz określić sposób pomiaru),
- 3) wyjaśnić, jaki wynik pomiaru może świadczyć o przerwie w uzwojeniu pierwotnym,
- 4) zapisać do zeszytu dane znamionowe analizowanego urządzenia,
- 5) obliczyć przekładnię  $U_1/U_2$  przekładnika napięciowego,
- 6) obliczyć liczbę zwojów pierwotnych, wiedząc, że  $U_1/U_2 = N_1/N_2$ ,
- 7) zaprezentować wyniki swojej pracy, zwracając uwagę na poprawność słownictwa.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- schematy budowy różnych urządzeń, a wśród nich schemat przekładnika napięciowego,
- zeszyt do ćwiczeń,
- kalkulator,
- długopis.

### 4.6.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wskazać przeznaczenie przekładników prądowych i napięciowych?	..	..
2) rozpoznać przekładnik prądowy po oznaczeniu zacisków?	..	..
3) rozpoznać przekładnik napięciowy po oznaczeniu zacisków?	..	..
4) rozpoznać przekładnik prądowy i napięciowy na schemacie?	..	..
5) rozpoznać przekładnik prądowy i napięciowy na podstawie budowy?	..	..
6) zbadać ciągłość uzwojeń w przekładnikach?	..	..
7) wskazać rdzeń i podać jego przeznaczenie?	..	..
8) porównać budowę przekładnika prądowego i napięciowego?	..	..
9) obliczyć liczbę zwojów uzwojenia mając dane napięcia i liczbę zwojów drugiego uzwojenia w przekładniku napięciowym?	..	..

## 4.7. Przekładniki stosowane w automatyce zabezpieczającej. Zasada działania automatyki sieciowej SPZ i SZR

### 4.7.1. Materiał nauczania

Układy do przesyłania energii elektrycznej są narażone, podczas eksploatacji, na różnego rodzaju zakłócenia: nagłe wzrosty prądów powodowane zwarciami, wzrosty napięć wywołane uderzeniem pioruna, zbyt niskie napięcia lub częstotliwości itp.

Aby chronić linie oraz podłączone do nich urządzenia przed skutkami tych zakłóceń, stosuje się różne układy elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej. Zasadniczym elementem budowy tych układów są przekładniki zabezpieczeniowe i pomiarowe. Są to przyrządy lub fragmenty urządzeń automatyki zabezpieczeniowej, przeznaczone do wytwarzania przewidywanych zmian skokowych na wyjściu, pod wpływem przyłożenia odpowiedniej wielkości oddziałującej na wejście.

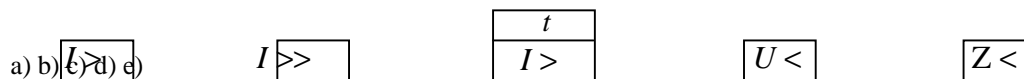
Ze względu na zasadę działania przekładniki dzielą się na elektromechaniczne i statyczne.

Przekładniki elektromechaniczne sterują obwodami elektrycznymi za pomocą styków ruchomych. Rozróżniamy m.in. przekładniki elektromagnetyczne, magnetoelektryczne, indukcyjne, cieplne (termiczne), elektrodynamiczne, gazowo–przepływowe.

Przekładniki statyczne nie mają styków ruchomych i w swoim działaniu wykorzystują zjawiska występujące w półprzewodnikach.

Ze względu na rodzaj wielkości powodującej zadziałanie rozróżniamy m.in. przekładniki: prądowe ( $I$ ), napięciowe ( $U$ ), mocowe ( $P$ ), impedancyjne ( $Z$ ), częstotliwościowe ( $f$ ), czasowe ( $t$ ).

Ważniejsze symbole graficzne przekładników zabezpieczeniowych przedstawia rys. 15.



**Rys. 15.** Ważniejsze symbole cewek przekładników [3, s.292]: a) przekładnik nadprądowy, b) przekładnik nadprądowy na duże wartości rozruchowe, c) przekładnik nadprądowy zwłocznony, d) przekładnik podnapięciowy, e) przekładnik podimpedancyjny.

Układy elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej (których elementami składowymi są przekładniki) dzieli się na układy automatyki prewencyjnej oraz automatyki restytucyjnej.

Automatyka prewencyjna, nazywana inaczej zapobiegawczą, ma za zadanie dokonywać zmian w układzie przesyłowym przed ewentualnym zadziałaniem zabezpieczeń. Do tego rodzaju automatyki zaliczamy: samoczynne częstotliwościowe odciążanie (SCO), automatykę odciążającą (AO), automatykę przeciwkołysaniową (APK).

Automatyka restytucyjna, inaczej przywracająca, ma za zadanie dokonywać zmiany w układzie po zadziałaniu zabezpieczeń i przywrócić zdolność układu do przesyłania energii elektrycznej. Do tego rodzaju automatyki zaliczamy: samoczynne ponowne załączanie (SPZ), samoczynne załączanie rezerw (SZR), samoczynne powtórne zamykanie wyłączników w stacjach o uproszczonym układzie (PZW).

Automatykę samoczynnego ponownego załączenia (SPZ), stosuje się w celu przywrócenia normalnej pracy linii, po jej uprzednim, samoczynnym wyłączeniu, wskutek zadziałania zabezpieczeń reagujących na krótkotrwałe zwarcia przemijające. Badania wykazały, że zwarcia takie stanowią około 75% wszystkich zakłóceń występujących w liniach napowietrznych. Ponowne załączenie linii może zostać przeprowadzone dopiero po wygaśnięciu łuku elektrycznego oraz odzyskaniu izolacji przerwy powietrznej. Jeżeli

jednak czas trwania zwarcia jest odpowiednio krótki (ok. 1s) to układy SPZ zapewniają praktycznie bezprzerwowe zasilanie.

Ze względu na liczbę załączanych faz, rozróżniamy układy trójfazowe SPZ i jednofazowe SPZ. Układy trójfazowe stosowane są w sieciach rozdzielczych i przesyłowych, a układy jednofazowe tylko w sieciach przesyłowych.

a) otwarcie styków wyłącznika b) zamknięcie styków wyłącznika



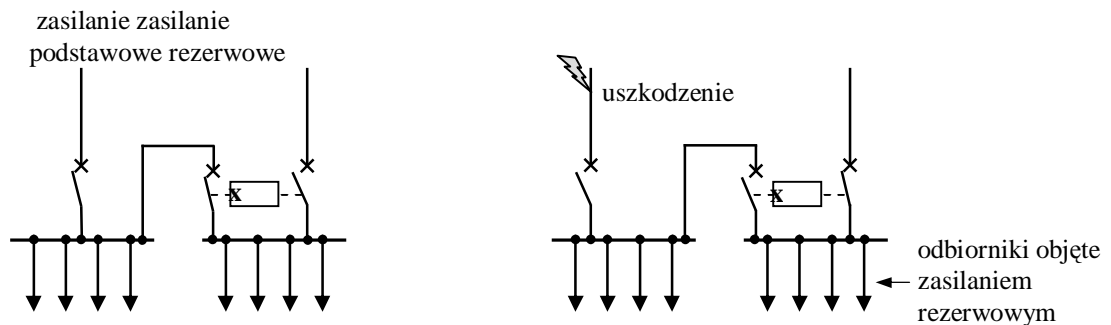
Rys. 16. Zasada działania układu automatyki SPZ.[własne]

Układy automatyki samoczynnego załączania rezerw (SZR) mają za zadanie utrzymanie zasilania najważniejszych linii i odbiorów elektroenergetycznych, w przypadku zaniku lub nadmiernego obniżenia się napięcia. Polega ona na samoczynnym przełączeniu odbiorów z zasilania ze źródła podstawowego na zasilanie ze źródła rezerwowego.

Rozróżniamy dwa rodzaje układów SZR: układy z rezerwą jawną i ukrytą. Układ z rezerwą jawną (Rys. 17) charakteryzuje się tym, że w czasie normalnej pracy odbiory zasila tor zasilania podstawowego, a drugi tor nie pracuje i nie przenosi żadnego obciążenia. W czasie awarii w torze podstawowym, zasilanie przejmuje tor zasilania rezerwowego.

W układzie z rezerwą ukrytą oba tory przenoszą obciążenie, ale nie są w pełni obciążone. W razie awarii w jednym torze drugi przejmuje zasilanie wszystkich lub ważniejszych odbiorców.

a) b)



Rys. 17. Przykład zastosowania układu samoczynnego załączania rezerw [6, s.425]

a) w czasie normalnej pracy, b) po wystąpieniu uszkodzenia w torze zasilania podstawowego, x – układ SZR.

#### 4.7.2. Pytania sprawdzające

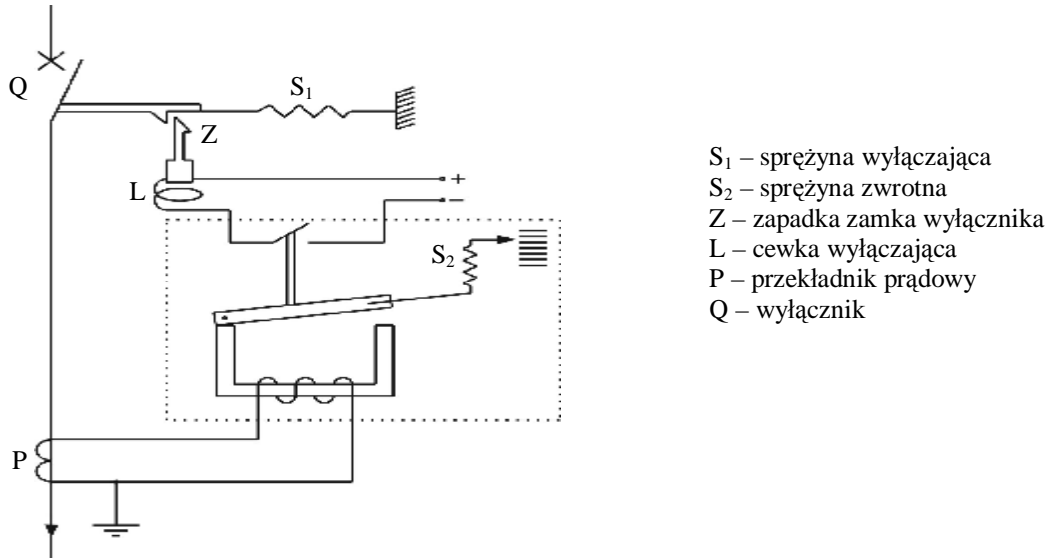
Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń

1. Jakie jest podział przekaźników zabezpieczających ze względu na budowę?
2. Co to są przekaźniki statyczne?
3. Jaki jest podział przekaźników ze względu na rodzaj wielkości pobudzającej ich działanie?
4. Jaki przekaźnik nazywamy elektromagnetycznym?
5. Jaki jest cel działania automatyki przewencyjnej?
6. Jaki jest cel działania automatyki restytucyjnej?
7. Co oznaczają skróty SPZ i SZR?
8. W jakich przypadkach stosuje się automatykę SZR?
9. Jakie znasz rodzaje układów samoczynnego załączenia rezerw?
10. W jakich przypadkach stosuje się automatykę szybkiego ponownego załączenia?

### 4.7.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Przeanalizuj zasadę działania nadprądowego przekaźnika elektromagnetycznego współpracującego z wyłącznikiem w układzie jak na rysunku:



Sposób wykonania ćwiczenia:

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) wyjaśnić co to jest przekaźnik nadprądowy,
- 2) wyjaśnić, co to jest elektromagnes i jaką rolę pełni w przekaźniku ruchoma zwora,
- 3) wskazać na rysunku cewkę elektromagnesu oraz rdzeń przekaźnika,
- 4) wyjaśnić budowę wyłącznika (Q) i rolę zapadki (Z),
- 5) określić cel zastosowania w układzie przekładnika prądowego (P),
- 6) przeanalizować działanie układu,
- 7) zaprezentować wyniki swojej analizy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

#### Ćwiczenie 2

Dany jest zestaw ćwiczeniowy do montażu i badania układu automatyki SPZ. Zmontuj i uruchom ten układ, a następnie wyjaśnij jego działanie.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienś:

- 1) zapoznać się ze schematem ideowym oraz schematem montażowym dołączonym do zestawu ćwiczeniowego,
- 2) zidentyfikować i wskazać w zestawie ćwiczeniowym poszczególne elementy schematu montażowego,



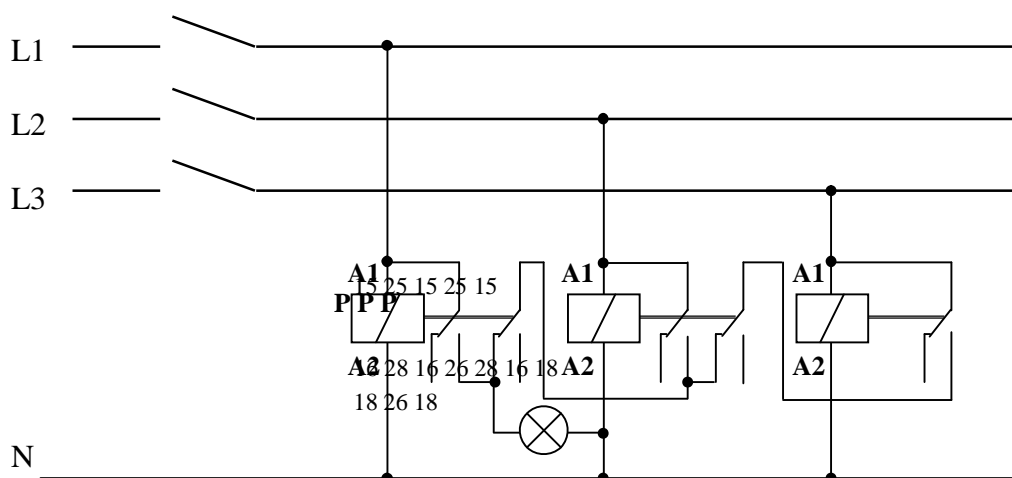
- 3) zmontować układ, a po uzyskaniu pozwolenia prowadzącego uruchomić działanie automatyki symulując krótkotrwałe zwarcie przemijające w sieci zasilającej,
- 4) sprawdzić działanie układu przy zwarciu przemijającym (jeśli jest to możliwe w danym zestawie ćwiczeniowym, zarejestrować czas przerwy w zasilaniu),
- 5) zasymulować trwałe zwarcie w sieci zasilającej i sprawdzić działanie układu przy zwarciu długotrwałym,
- 6) wyciągnąć wnioski, wyjaśnić działanie układu SPZ,
- 7) wskazać zalety i wady badanego układu,
- 8) zastosować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwporażeniowej podczas montażu i badania układu.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko z doprowadzoną siecią pięcioprzewodową zabezpieczone niezależnym wyłącznikiem różnicowoprądowym o prądzie zadziałania do 30mA oraz z możliwością niezależnego załączania napięć fazowych,
- zestaw ćwiczeniowy do badania układu SPZ z dołączoną instrukcją, schematem montażowym i ideowym,
- kompletnie wyposażona skrzynka monterska.

### Ćwiczenie 3

W warunkach laboratoryjnych, dokonaj montażu i uruchomienia układu przełączania zasilania żarówki na następną fazę, w przypadku zaniku napięcia w fazie zasilającej, zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku.



Układ zasilania rezerwowego odbiornika jednofazowego, z wykorzystaniem przekaźników napięciowych P [ALSTOM T&D SA]

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się ze schematem przedstawionym na rysunku i rozpoznać na nim wszystkie elementy składowe układu,
- 2) dokonać analizy działania układu zasilania rezerwowego,
- 3) pobrać z magazynu przekaźniki napięciowe Rex-30 firmy ALSTOM, (lub inne przekaźniki wskazane przez nauczyciela),

- 4) zapoznać się opisem technicznym przełączników, ich zastosowaniem i parametrami znamionowymi,
- 5) rozpoznać zaciski oznaczone na przełącznikach symbolami literowymi i cyfrowymi i porównać je z oznaczeniami przedstawionymi na schemacie,
- 6) nastawić zakresy pomiarowe przełączników na zakres pomiarowy 80÷230V,
- 7) pobrać przewody LY 1x1,5mm<sup>2</sup> oraz tulejki do zaciskania przewodów,
- 8) upewnić się o braku napięcia zasilającego na stanowisku pracy,
- 9) zmontować układ zgodnie ze schematem przedstawionym na rysunku,
- 10) po uzyskaniu pozwolenia prowadzącego zajęcia uruchomić układ i sprawdzić poprawność działania przy zasilaniu wszystkich trzech faz,
- 11) wyłączyć fazę L1 i sprawdzić działanie układu,
- 12) wyłączyć fazę L2 i sprawdzić działanie układu,
- 13) zachować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwporażeniowej, podczas montażu układu i przy wykonywaniu badań.

**Uwaga: Przy zastosowaniu do badania układu innych przełączników napięciowych niż podane w poleceniu, zmieniają się oznaczenia zacisków.**

Wyposażenie stanowiska pracy:

- stanowisko z doprowadzoną siecią pięcioprzewodową zabezpieczone niezależnym wyłącznikiem różnicowoprądowym o prądzie zadziałania do 30 Ma oraz z możliwością niezależnego załączania napięć fazowych,
- schemat układu zasilania rezerwowego z wykorzystaniem przełączników napięciowych,
- przełączniki napięciowe Rex-30 (lub inne według wskazań prowadzącego),
- opis techniczny przełączników wraz z wykazem danych znamionowych,
- odbiornik jednofazowy (np. żarówka),
- przewody LY 1x1,5 mm<sup>2</sup>,
- tulejki do zagniatania oraz praska ręczna,
- kompletnie wyposażona skrzynka monterska.

#### 4.7.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) rozpoznać przełącznik na podstawie symbolu?	..	..
2) omówić działanie przełącznika na podstawie układu połączeń?	..	..
3) wyjaśnić działanie układów SPZ?	..	..
4) wyjaśnić działanie układów SZR?	..	..
5) zmontować układ SPZ na podstawie schematu ideowego?	..	..
6) zmontować układ zasilania rezerwowego, na podstawie schematu montażowego?	..	..
7) uruchomić zmontowany układ SPZ i SZR?	..	..
8) zbadać układy automatyki zabezpieczeniowej stosowane liniach napowietrznych i kablowych?	..	..

## 4.8. Środki ochrony od porażen prądem elektrycznym i ochrony przepięciowej w liniach napowietrznych i kablowych

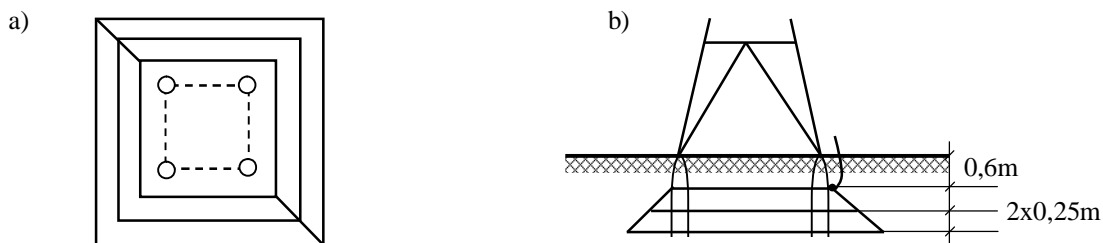
### 4.8.1. Materiał nauczania

Środki ochrony przeciwporażeniowej, w układach do przesyłu energii elektrycznej, dzieli się na środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa) oraz środki ochrony przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa, przy uszkodzeniu).

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim spełnia swoją rolę w czasie normalnej pracy linii napowietrznej i kablowej. Jej zadaniem jest niedopuszczenie do przypadkowego dotknięcia przez człowieka lub zwierzę do części czynnych (mogących znaleźć się pod napięciem podczas normalnej eksploatacji) albo niebezpiecznego zbliżenia się do nich. W instalacjach elektroenergetycznych wysokiego napięcia, do środków tej ochrony zaliczamy uniedostępnianie (umieszczanie poza zasięgiem), obudowy, przegrody, przeszkody, ogrodzenia. Izolacja podstawowa, w instalacjach wysokiego napięcia, w odróżnieniu do instalacji niskiego napięcia, nie jest uznawana jako środek ochrony przed dotykiem bezpośrednim.

Ochrona przed dotykiem pośrednim ma za zadanie chronić przed skutkami porażenia w przypadku dotknięcia do części dostępnych, które w normalnych warunkach nie znajdują się pod napięciem, ale mogą znaleźć się pod napięciem w wyniku awarii. W instalacjach wysokiego napięcia jako środek tej ochrony zaleca się stosować głównie uziemienie ochronne. Z uziomem pograżonym w gruncie, łączy się wszystkie dostępne części przewodzące i jeśli stwarzają zagrożenie to również części przewodzące obce.

W liniach napowietrznych o napięciu powyżej 1 kV, uziemienie ochronne wykonuje się jako fundamentowe (jest to metalowa lub wykonana ze zbrojonego betonu część podziemna słupa) lub w postaci uziomu sztucznego (najczęściej poziomego otokowego).



**Rys. 18.** Układ trzech uziomów otokowych ułożonych wokół słupa na różnych głębokościach [8, s.71]:

- widok na płaszczyźnie równoległej do powierzchni ziemi,
- widok na płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni ziemi.

W liniach o napięciach od 1 kV do 110 kV uziemienia ochronne stosuje się dla słupów postawionych:

- Na terenach podwórzy, boisk sportowych, plaży, kempingów, placów, szkół, ciągów pieszych, kołowych, zakładów przemysłowych – wymagany jest 1 stopień ochrony.
- W pasach przyległych do wymienionych w punkcie 1, o szerokości 20 m – wymagany 2 stopień ochrony.
- Na terenach wydzielonych do ruchu elektroenergetycznego i w odległości 3 m od ich ogrodzeń – wymagany 2 stopień ochrony przeciwporażeniowej.

W liniach o napięciu do 1 kV uziemienie ochronne stosuje się w sieciach TT i IT. Wymaga się, aby spełniony był warunek:

$$R_A \cdot I_a \leq U_L$$

gdzie:  $R_A$  – rezystancja uziemienia ochronnego [ $\Omega$ ],  $I_a$  – prąd zadziałania urządzenia zabezpieczającego [A],  $U_L$  – wartość napięcia bezpiecznego [V].

Przebiegiem nazywa się wzrost napięcia w układzie przesyłowym powyżej jego najwyższego napięcia roboczego. Źródłem przebiegów mogą być zarówno czynniki zewnętrzne (przebiegi zewnętrzne), jak i zmiany zachodzące w samym układzie elektroenergetycznym (przebiegi wewnętrzne).

Przebiegi zewnętrzne powodowane są wyładowaniami atmosferycznymi. Wyróżnia się przebiegi atmosferyczne bezpośrednie, powstające podczas uderzeń pioruna w elementy układu przesyłowego oraz przebiegi indukowane – powstające podczas wyładowań atmosferycznych występujących poza układem.

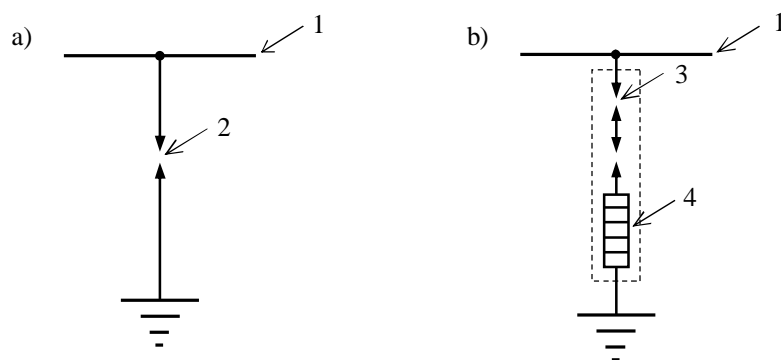
Przebiegi wewnętrzne powstają stanów przejściowych w układzie przesyłowym po zaistnieniu w nim różnych zmian manewrowych lub awaryjnych.

Wartości przebiegów, zwłaszcza atmosferycznych są na tyle duże (sięgają kilkunastu megawoltów), że mogą znacznie przekroczyć wytrzymałość elektryczną izolacji urządzeń i wywołać przeskok w izolacji. Grozi to uszkodzeniem urządzeń i dlatego należy chronić linie i stacje elektroenergetyczne przed ich skutkami.

Do środków ochrony przebiegiowej należą ograniczniki przebiegów i urządzenia osłonowe.

Podstawowymi ogranicznikami przebiegów są iskierniki oraz odgromniki (zaworowe i wydmuchowe), natomiast urządzeniami osłonowymi są przewody odgromowe i urządzenia piorunochronne.

Ograniczniki przebiegów mają za zadanie zmniejszenie fali przebiegiowej do wymaganego poziomu, bezpieczne odprowadzenie prądu udarowego do ziemi i zamknięcie drogi dla prądu następczego (podtrzymywanego napięciem fazowym) po jej zaniku.



**Rys. 19.** Schemat budowy ograniczników: a) iskiernika, b) odgromnika zaworowego niesterowanego [własne]  
1 – przewód roboczy, 2 – elektrody iskiernika, 3 – iskiernik odgromnika, 4 – słup zmiennorezystancyjny.

Iskiernik służy do ograniczenia wartości szczytowej przebiegów bez zapewnienia przerwania prądu zwarciovego przy napięciu roboczym po stłumieniu fali przebiegiowej. Jest to układ dwóch elektrod (2), których odstęp zależy od napięcia znamionowego linii.

Ponieważ iskierniki nie zapewniają zgaszenia łuku po zaniku fali, konieczne jest wyłączenie linii spod napięcia (stosuje się w tym celu automatykę SPZ).

Poza brakiem zdolności gaszenia łuku wadą iskierników jest strome ucinanie fali przebiegiowej i dość stroma charakterystyka udarowa.

Odgromniki zaworowe składają się one ze stosu warystorów (4), z szeregowo z nimi połączonych wieloelektrodowych iskierników (3) i szczelnej obudowy. Przy wyższych napięciach są budowane jako kilkuczłonowe oraz dodatkowo wyposażane są w pierścienie i warystory sterujące.

Za pomocą ograniczników chroni się przed przebiegami linie elektroenergetyczne na napięcie do 1 kV. Ograniczając przebiegi należy uwzględnić następujące zalecenia:

- a) linie napowietrzne należy chronić na ich krańcach,
- b) w liniach napowietrznych zaleca się takie rozmieszczenie ograniczników, aby na każde 500 m długości przypadał jeden komplet ograniczników,
- c) linie kablowe należy chronić instalując ograniczniki przepięć w miejscach połączeń tych linii z liniami napowietrznymi,
- d) układy ograniczników należy instalować w liniach zasilających instalacje odbiorcze w budynkach.

Linie napowietrzne wysokiego napięcia chroni się przed przepięciami za pomocą przewodów odgromowych (rys. 5 c, d).

#### 4.8.2. Pytania sprawdzające

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

1. Jaki jest cel stosowania ochrony przeciwporażeniowej przed dotykiem bezpośrednim?
2. Za pomocą jakich środków ochrony realizuje się ochronę przed dotykiem bezpośrednim?
3. Jaki jest cel stosowania ochrony przed dotykiem pośrednim?
4. Za pomocą jakich środków realizowana jest ochrona przed dotykiem pośrednim?
5. Jaki jest warunek skutecznej ochrony przed dotykiem pośrednim w układach TT i IT?
6. W jaki sposób wykonuje się uziemienia ochronne w liniach o napięciu powyżej 1kV?
7. Co to są przepięcia i jakie znasz rodzaje przepięć?
8. Jaka jest budowa i zasada działania iskierników i odgromników zaworowych?
9. Jaka jest rola przewodów odgromowych w liniach napowietrznych wysokiego napięcia?

#### 4.8.3. Ćwiczenia

##### Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj cel, zasady i środki ochrony od porażenia prądem elektrycznym w liniach napowietrznych i kablowych.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) podać cel stosowania ochrony przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim,
- 2) scharakteryzować środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim,
- 3) wyszukać w różnych źródłach informacje na temat wymaganych wartości rezystancji uziemień ochronnych w liniach napowietrznych.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- poradnik elektroenergetyka przemysłowego.

##### Ćwiczenie 2

Wśród urządzeń zgromadzonych na Twoim stanowisku pracy, rozpoznaj odgromnik zaworowy oraz iskiernik.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zapoznać się ze stanowiskiem pracy i dokonać przeglądu wszystkich urządzeń,

- 2) rozpoznać i wskazać odgromnik zaworowy – omówić jego budowę, działanie i zastosowanie,
- 3) rozpoznać i wskazać iskiernik – omówi jego budowę, działanie i zastosowanie,
- 4) scharakteryzować sposób włączenia rozpoznanych urządzeń do sieci.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- różne urządzenia mające zastosowanie w układach przesyłowych, w tym również rzeczywisty odgromnik zaworowy (wskazany przekrój odgromnika) i iskiernik.

### Ćwiczenie 3

Przygotuj prezentację dotyczącą budowy, działania i zastosowania odgromników wydmuchowych, korzystając z dostępnych źródeł informacji.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) wyszukać informacje na temat budowy odgromników wydmuchowych,
- 2) zapoznać się z ich zasadą działania, wadami, zaletami i zastosowaniem,
- 3) przygotować krótką prezentację,
- 4) zaprezentować wyniki swojej pracy, zwracając uwagę na poprawność wypowiedzi.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- zeszyt do ćwiczeń,
- podręcznik do elektroenergetyki lub poradnik elektroenergetyka przemysłowego,
- stanowisko z dostępem do Internetu.

#### 4.8.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) określić rodzaje zakłóceń występujących w liniach napowietrznych i kablowych?	..	..
2) podać cel ochrony podstawowej i dodatkowej w układach przesyłowych?	..	..
3) wymienić i scharakteryzować środki ochrony przeciwporażeniowej w sieciach elektroenergetycznych?	..	..
4) wymienić środki ochrony przepięciowej w liniach napowietrznych i kablowych?	..	..
5) scharakteryzować działanie ograniczników przepięć stosowanych w liniach przesyłowych?	..	..

## **4.9. Zasady bezpiecznej pracy przy budowie i eksploatacji linii napowietrznych i kablowych**

### **4.9.1. Materiał nauczania**

Zgodnie z przepisami, każdą budowę można rozpocząć dopiero po uzyskaniu pozytywnych opinii rzeczoznawców, zapewnieniu opracowania dokumentacji technicznej, zagwarantowaniu objęcia zarządu budowy przez kierownika oraz zorganizowaniu procesu budowy z uwzględnieniem wymogów bezpieczeństwa i ochrony zdrowia.

Przed przystąpieniem do prac związanych z budową linii napowietrznych i kablowych, należy dokładnie zapoznać się z projektem technicznym oraz projektem organizacji prac, rozpoznać warunki terenowe i uzbrojenie terenu, a także wywiesić tablice ostrzegawcze. Wszyscy pracownicy powinni zostać przeszkoleni, zapoznani z ryzykiem zawodowym i zobowiązani do bezwzględnego przestrzegania przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy.

W celu zagwarantowania bezpieczeństwa osobom zatrudnionym przy budowie linii napowietrznych oraz pracownikom wykonującym czynności eksploatacyjne, konieczne jest przestrzeganie następujących zasad:

1. Przed rozpoczęciem stawiania słupów i zawieszania przewodów, należy zapewnić wyłączenie spod napięcia wszystkich linii i urządzeń znajdujących się w odległości do 1,5-krotnej wysokości stawianych słupów.
2. Wszystkie prace przy liniach napowietrznych (związane z wchodzeniem na słupy) powinny być wykonywane przez co najmniej dwie osoby, z których jedna pracuje na słupie a druga pozostaje na ziemi. Pracownik pozostający na ziemi powinien mieć sprzęt umożliwiający udzielenie pierwszej pomocy.
3. Przy podnoszeniu lub przewracaniu słupów pracownicy muszą być tak rozstawieni, aby w razie uszkodzeń urządzeń mechanicznych lub upadku słupa nie doznali żadnych obrażeń.
4. Montaż osprzętu oraz zakładanie przewodów na słupie można rozpocząć dopiero po ostatecznym i stabilnym ustawieniu słupa, a także po ubiciu wokół niego ziemi.
5. Na słup należy wchodzić tylko korzystając z odpowiedniego osprzętu ochronnego: słupolazów, pasów bezpieczeństwa oraz szelek bezpieczeństwa.
6. Zabrania się przebywania na słupie podczas rozciągania i naprężania przewodów.
7. Prace konserwacyjne i remontowe na czynnej linii napowietrznej mogą być wykonywane po jej wyłączeniu spod napięcia, a gdy linia (na której wykonuje się prace) krzyżuje się z innymi liniami będącymi pod napięciem to również te linie powinny być wyłączone spod napięcia.
8. Prace pod napięciem, przy czynnych liniach napowietrznych, mogą być wykonywane tylko przez wykwalifikowanych pracowników, przy zastosowaniu specjalnych izolujących środków ochronnych dostosowanych do tych prac.

Dokumentacja techniczna związana z robotami ziemnymi przy budowie linii kablowej, zawiera podobne elementy, jak w przypadku dokumentacji dotyczącej budowy linii napowietrznych, jednak ze względu na specyficzny charakter prac, powinna ona precyzować dodatkowo:

- sposób prowadzenia robót (ręczny lub mechaniczny),
- kategorie gruntu, poziom wód gruntowych, sposób odwodnienia wykopów,
- trasy urządzeń podziemnych (rurociągów gazowych, cieplnych, wodnokanalizacyjnych, innych linii kablowych itp.),

– sposób zabezpieczenia skarp wykopów.

Jeżeli brak jest jakichkolwiek informacji odnośnie uzbrojenia terenu, wówczas wykopy o głębokości większej niż 0,4 m należy wykonywać ręcznie, bez używania kilofów i sprzętu mechanicznego.

Podczas budowy linii kablowej należy przestrzegać następujących zasad:

1. Wykopy powinny być zabezpieczone rozporami lub mieć boczne ściany pochyle w kierunku normalnego zsyłu ziemi.
2. Wykopy w miejscach dostępnych dla osób niezatrudnionych należy zabezpieczyć przed wpadnięciem osób postronnych.
3. Do wykopów nie wolno wchodzić i wychodzić z nich po rozporach, lecz po drabinie.
4. W wykopie nie wolno spożywać posiłków.
5. Zabrania się wyładowywania bębnow z kablem przez zrzucanie ich z samochodu lub ramp.
6. Układanie kabla powinno być wykonywane w sposób wykluczający jego uszkodzenie przez zginanie lub skręcanie.
7. Niedopuszczalne jest, aby kabel w czasie układania ocierał się o podłoże.
8. Przy przenoszeniu ręcznym masa odcinka kabla przypadająca na jednego pracownika nie powinna być większa niż 30 kg.
9. Podczas przechowywania, układania i montażu końce kabla należy zabezpieczyć przed wilgocią oraz wpływami chemicznymi i atmosferycznymi.
10. Osloniętego kabla pod napięciem nie należy przenosić ani przesuwać, ani też przystępować do pracy przy nim.
11. Przy pracach w tunelach i studzienkach kablowych należy przed wejściem pracowników upewnić się, czy nie znajdują się w nich gazy szkodliwe dla zdrowia.

#### **Uwaga:**

1. Kabel elektroenergetyczny będący pod napięciem zachowuje się podobnie jak kondensator (ma dużą pojemność) i nawet po wyłączeniu linii zachowuje napięcie. Dlatego, aby uniknąć porażenia, należy przed przystąpieniem do jakichkolwiek prac przy kablu wyłączonym spod napięcia odpowiednio go rozładować i uziemić.
2. Przy przecinaniu kabla (po wyłączeniu linii spod napięcia) oraz przy otwieraniu mufy kablowej należy stosować następujący sprzęt ochronny:

- okulary ochronne,
- dywanik lub podest izolacyjny,
- rękawice i buty dielektryczne.

Piłka, którą przecina się kabel powinna mieć izolowany uchwyt i być uziemiona.

## **4.9.2. Pytania sprawdzające**

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

1. Jakie są źródła zagrożeń dla pracownika, podczas wykonywania prac związanych z budową linii napowietrznych?
2. Jakie zasady bezpieczeństwa obowiązują przy budowie linii napowietrznych?
3. Jakie zasady bezpieczeństwa obowiązują podczas wykonywania prac konserwacyjno–remontowych przy liniach napowietrznych?
4. Jakie zasady bezpieczeństwa obowiązują przy budowie linii kablowych?
5. Dlaczego kabel wyłączony spod napięcia należy rozładować i uziemić?
6. Jakie zasady bezpieczeństwa obowiązują przy przecinaniu kabla elektroenergetycznego?



### 4.9.3. Ćwiczenia

#### Ćwiczenie 1

Scharakteryzuj czynności przygotowawcze, niezbędne do wykonania przed przystąpieniem do prac remontowych na czynnej linii kablowej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) wymienić czynności niezbędne do wykonania przed przystąpieniem do jakichkolwiek prac przy linii kablowej,
- 2) uzasadnić, dlaczego linia wyłączona spod napięcia w dalszym ciągu stwarza zagrożenie porażeniem,
- 3) wyjaśnić, z jakiego sprzętu ochronnego należy korzystać przy przecinaniu kabla,
- 4) dobrać sprzęt ochronny do prac przy przecinaniu kabla.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- poradnik elektroenergetyka przemysłowego,
- różne rodzaje sprzętu ochronnego.

#### Ćwiczenie 2

Dokonaj oceny ryzyka zawodowego na stanowisku pracy przy budowie elektroenergetycznej linii napowietrznej.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) wymienić wszystkie czynności wykonywane przy budowie linii napowietrznych,
- 2) dokonać identyfikacji zagrożeń zawodowych związanych z wykonywanymi czynnościami,
- 3) wskazać skuteczne działania profilaktyczne oraz środki zabezpieczające.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- przepisy budowy i eksploatacji urządzeń elektroenergetycznych,
- poradnik elektroenergetyka przemysłowego,
- zeszyt do ćwiczeń,
- długopis.

### 4.9.4. Sprawdzian postępów

**Czy potrafisz:**

	<b>Tak</b>	<b>Nie</b>
1) wskazać źródła zagrożeń przy pracach związanych z budową linii napowietrznej?	..	..
2) scharakteryzować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy przy budowie linii napowietrznej?	..	..
3) scharakteryzować zasady bezpieczeństwa i higieny pracy przy budowie linii kablowej ?	..	..
4) dobrać sprzęt ochronny do pracy przy przecinaniu kabla?	..	..
5) zastosować zasady bhp przy przecinaniu kabla i wykonywaniu prostych napraw linii kablowej?	..	..

## 5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

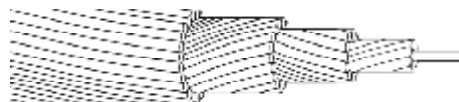
### INSTRUKCJA DLA UCZNI

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 składa się z 20 zadań dotyczących charakteryzowania procesów przesyłania energii elektrycznej.
5. Na rozwiązanie testu masz 35 minut oraz 5 minut na zapoznanie się z instrukcją.
6. Odpowiedzi udzielaj wyłącznie na załączonej karcie odpowiedzi.
7. Wszystkie zadania to zadania wielokrotnego wyboru. Zawierają cztery możliwe odpowiedzi, z których tylko jedna jest poprawna. Zaznacz poprawną odpowiedź, zakreślając właściwe pole w karcie odpowiedzi. Jeśli się pomyliłeś, to otocz błędną odpowiedź kółkiem i zaznacz nową odpowiedź.
8. Za każdą poprawną odpowiedź otrzymasz 1 punkt, za złą odpowiedź lub brak odpowiedzi 0 punktów.
9. Możesz uzyskać maksymalnie 20 punktów.
10. Pamiętaj, że pracujesz samodzielnie.
11. Po zakończeniu testu podnieś rękę i zaczekaj, aż nauczyciel odbierze od Ciebie pracę.

Powodzenia!

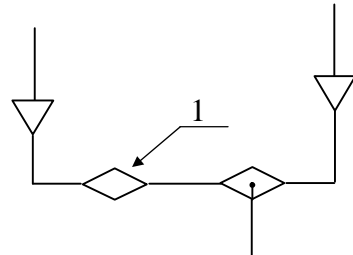
### ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Kabel o żyłach miedzianych w izolacji polietylenowej i powłoce polwinitowej oznacza się symbolem
  - a) YAKY.
  - b) YKY.
  - c) YAKX.
  - d) YKX.
2. Słup przelotowy w liniach napowietrznych, przeznaczony jest do
  - a) przejmowania naciągu przewodu.
  - b) przejmowania naciągu i podtrzymywania przewodu.
  - c) podtrzymywania przewodu.
  - d) podtrzymywania przewodu i rozgałęziania linii.
3. Przedstawiony na rysunku przewód mający zastosowanie w liniach napowietrznych to
  - a) przewód przeciwdrganiowy.
  - b) linka stalowo–aluminiowa.
  - c) przewód samonośny dla linii niskiego napięcia.
  - d) przewód izolowany dla linii średnich napięć.
4. Przewody stosowane w liniach napowietrznych powinny charakteryzować się
  - a) dużą rezystywnością.
  - b) dużą konduktywnością.
  - c) dużą przenikalnością dielektryczną.
  - d) dużą przenikalnością magnetyczną.



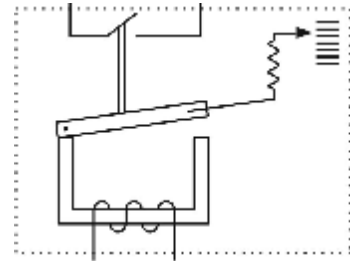
5. Zgodnie z przepisami **zabrania się** krzyżować linie napowietrzne z
- drogami kołowymi pierwszego rzędu.
  - torami kolejowymi pierwszego rzędu.
  - budynkami zawierającymi materiały łatwopalne.
  - innymi liniami napowietrznymi.

6. Element oznaczony na rysunku cyfrą 1 to
- głowica kablowa.
  - mufa rozgałęźna.
  - mufa przelotowa.
  - oznacznik kablowy.



7. Kabel na napięciu do 1kV układa się w ziemi (z wyłączeniem użytków rolnych) na głębokości
- 60 cm.
  - 70 cm.
  - 80 cm.
  - 90 cm.

8. Rysunek przedstawia fragment układu zabezpieczającego z wykorzystaniem przekąźnika
- magnetoelektrycznego.
  - statycznego.
  - indukcyjnego.
  - elektromagnetycznego.



9. Wadą iskiernika jest to, że każde przepięcie powoduje
- zwarcie doziemne i przerwę w dostawie energii.
  - przeskok między jego elektrodami.
  - przebicie izolacji chronionego urządzenia.
  - wydzielanie się dużej ilości gazów.

10. Przedstawiony na rysunku obok element to izolator
- liniowy stojący deltowy.
  - liniowy wiszący kołpakowy.
  - liniowy wiszący pniowy.
  - liniowy stojący pniowy.

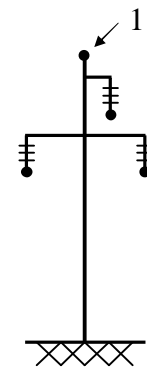


11. Tłumiki Stockbridge'a lub pętle tłumiące, stosowane w liniach napowietrznych, mają za zadanie
- tłumić fale przepięciowe.
  - ograniczać prąd zwarciovowy.
  - chronić przed porażeniem prądem.
  - tłumić drgania przewodów.

12. Zaciski pierwotne przekładnika prądowego oznaczają się literami
- P1, P2.
  - S1, S2.
  - A1, B1.
  - a1, b1.
13. Sekcja odciągowa to odcinek linii elektroenergetycznej zawarty między
- dwoma kolejnymi słupami przelotowymi.
  - dwoma kolejnymi słupami mocnymi.
  - słupem przelotowym a słupem mocnym.
  - stacją a najbliższym słupem przelotowym.

14. Ochrona przed dotykiem bezpośrednim realizowana jest w liniach głównie przez
- szybkie wyłączenie zasilania.
  - uziemia ochronne.
  - układy SPZ lub SZR.
  - umieszczanie poza zasięgiem.

15. Przewód oznaczony na słupie wysokiego napięcia cyfrą 1 to przewód
- fazowy.
  - neutralny.
  - odgromowy.
  - oświetlenia ulicznego.



16. Przed przystąpieniem do jakichkolwiek prac, kabel elektroenergetyczny należy wyłączyć spod napięcia, konieczne rozładować i uziemić, zachowuje się on bowiem jak odbiornik o charakterze
- rezystancyjnym.
  - indukcyjnym.
  - rezystancyjno-indukcyjnym.
  - pojemnościowym.

17. Układ SZR z rezerwą ukrytą charakteryzuje się tym, że
- jeden system nie jest obciążony w czasie normalnej pracy i podczas awarii przejmuje na siebie zasilanie wszystkich odbiorców.
  - jeden system nie jest obciążony w czasie normalnej pracy i podczas awarii przejmuje na siebie zasilanie tylko ważniejszych odbiorców.
  - dwa systemy są obciążone w czasie normalnej pracy, a podczas awarii jednego systemu drugi przejmuje zasilanie wszystkich lub ważniejszych odbiorców.
  - dwa systemy są obciążone w czasie normalnej pracy, a podczas awarii jednego systemu drugi automatycznie wyłącza się.

18. W celu ograniczenia przepięć do bezpiecznej wartości stosuje się
- przekładniki pomiarowe.
  - odgromniki zaworowe.
  - transformatory obniżające.
  - wyłączniki.

19. Pomiar rezystancji izolacji w czterożyłowym kablu na napięcie do 1 kV o izolacji polietylenowej dał następujące wyniki:

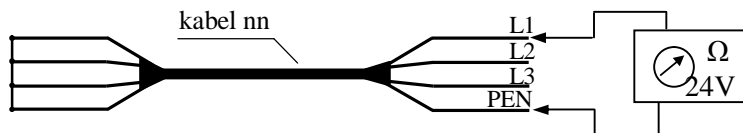
$$R_{L1-L2, L3} = 80 \text{ M}\Omega, R_{L2-L1, L3} = 110 \text{ M}\Omega, R_{L3-L2, L1} = 100 \text{ M}\Omega, \\ R_{L1-PEN} = 50 \Omega, R_{L2-PEN} = 120 \text{ M}\Omega, R_{L3-PEN} = 125 \text{ M}\Omega.$$

Wyniki pomiarów świadczą, że:

- kabel jest sprawny, ale ma jedną żyłę z osłabioną izolacją.
- kabel jest uszkodzony i występuje zwarcie między fazą L1 a przewodem neutralnym.
- kabel jest uszkodzony i występuje zwarcie między fazą L1 a przewodem ochronnym.
- kabel jest uszkodzony i występuje zwarcie między fazą L1 a przewodem PEN.

20. Układ pomiarowy przedstawiony na rysunku służy do

- pomiaru rezystancji izolacji.
- pomiaru impedancji pętli zwarciowej.
- sprawdzenia ciągłości żył.
- pomiaru rezystancji uziemienia.



# KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko .....

## Przesyłanie energii elektrycznej

Zakreśl 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. Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne – ćwiczenia. WSiP. Warszawa 1996
3. Kotlarski W., Grad J.: Aparaty i urządzenia elektryczne. WSiP. Warszawa 2005
4. Kotlarski W.: Sieci elektroenergetyczne. WSiP. Warszawa 1997
5. Laskowski J.: Poradnik elektroenergetyka przemysłowego. COSiW SEP. Warszawa 2005
6. Musiał E.: Instalacje i urządzenia elektroenergetyczne. WSiP. Warszawa 2005
7. Orlik W.: Egzamin kwalifikacyjny elektryka w pytaniach i odpowiedziach. Wydawnictwo KaBe. Krosno 2001
8. Podręcznik dla elektryków. Zeszyt 5. COSiW SEP. Warszawa 2005
9. Praca zbiorowa: Poradnik elektryka. WSiP. Warszawa 1998
10. Praca zbiorowa: Elektroenergetyczne układy przesyłowe. WNT. Warszawa 1997
11. PN-E-01002: 1997 Słownik terminologiczny elektryki – kable i przewody