**Związek Rzemiosła Polskiego w Warszawie**

**Izba Rzemieślnicza Małej i Średniej Przedsiębiorczości w Szczecinie**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**PORADNIK DLA UCZESTNIKA**

**KURSU PRZYGOTOWUJĄCEGO**

**DO UZYSKANIA KWALIFIKACJI**

**W ZAWODZIE ELEKTRYK**

**Kwalifikacja składowa: Eksploatowanie sieci elektroenergetycznej**

**Symbol kwalifikacji składowej: Ele/5**

**Szczecin, 2013**

Autor: mgr inż. Piotr Dubis

Korekta stylistyczna: mgr Katarzyna Klimecka

Redakcja techniczna:  Ewelina Gracz

Poradnik opracowano i wydano w ramach projektu:

„Platforma Flexicurity MiŚP - Kreowanie płaszczyzny współpracy w zakresie flexicurity
w obszarze MiŚP” współfinansowanego przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Projektodawcy:

Związek Rzemiosła Polskiego

Izba Rzemieślnicza Małej i Średniej Przedsiębiorczości w Szczecinie

Egzemplarz bezpłatny – przeznaczony dla uczestników projektu: „Platforma Flexicurity MiŚP - Kreowanie płaszczyzny współpracy w zakresie flexicurity w obszarze MiŚP”

**Spis Treści**

Wstęp 4

I. Montaż, naprawa, konserwacja linii napowietrznej 8

II. Wykonanie rowów kablowych 15

III. Montaż, konserwacja linii kablowej 18

IV. Wykonywanie połączeń i zakończeń linii kablowej 23

V. Przykład zadania praktycznego 30

VI. Literatura 31

# Wstęp

Dynamiczny rozwój zewnętrznego kontekstu kształcenia oraz szybkie tempo zmian wymuszają ciągły proces uczenia się i doskonalenia, praktycznie na każdym etapie życia jednostki. Edukacja, traktowana jako podstawowe prawo jednostki, zyskuje w oczach całych społeczeństw coraz wyższą wartość. W krajach europejskich wykształcenie postrzegane jest powszechnie jako jeden z zasadniczych czynników kariery zawodowej oraz wyznacznik pozycji społeczno-ekonomicznej. Takie podejście do edukacji stawia przed polityką społeczną poszczególnych państw szczególne zadania. Zachodzi konieczność prowadzenia takich działań, aby każda jednostka miała zapewniony dostęp do kształcenia na wszystkich jego poziomach. W obliczu kontrastów narastających w wielu obszarach życia społecznego oraz komercjalizacji szeregu usług oświatowych, stworzenie niejednorodnym środowiskom równego dostępu do edukacji wydaje się zadaniem szczególnieważnym i trudnym zarazem.

Naprzeciw zmianom rynku pracy wychodzi nowe podejście do procesu uczenia się. Z jednej strony nowy sposób opisywania szeroko rozumianej edukacji – poprzez efekty uczenia się, z drugiej – konieczność reagowania na zmiany na rynku pracy w toku całego życia człowieka wymusza lepsze dopasowanie do naszych potrzeb systemów szkolenia i kształcenia, otwarcia się na równoważne traktowanie rozmaitych ścieżek edukacyjnych, stworzenie dostępnych, elastycznych ofert inwestowania w nasz rozwój osobisty i zawodowy. Tylko skuteczne inwestowanie w kapitał ludzki w ramach systemów kształcenia i szkolenia zapewni dalszy rozwój cywilizacyjny Unii Europejskiej, w tym także Polski.

We wrześniu 2010 roku polski rząd zatwierdził wprowadzenie Krajowych Ram Kwalifikacji (KRK) jako nowego narzędzia organizacji kształcenia. System ma być oparty na przyjętym w Europie układzie odniesienia umożliwiającym porównywanie kwalifikacji uzyskiwanych w różnych krajach (European Qualifications Framework, EQF). System charakteryzuje się podejściem całościowym – na jego podstawie można oceniać postępy w edukacji przedstawicieli dowolnego zawodu[[1]](#footnote-1).

Definicje:

1. **Europejska Rama Kwalifikacji (ERK),** to przyjęty w UE układ odniesienia umożliwiający porównywanie kwalifikacji uzyskiwanych w różnych krajach. W ERK wyróżniono 8 poziomów kwalifikacji określonych za pomocą wymagań dotyczących efektów uczenia się. Zgodnie z zaleceniami Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/C 111/01/WE z dnia 23 kwietnia 2008r., można zdefiniować cele ERK. Celem jest ułatwienie porównywania kwalifikacji zdobywanych w różnym czasie, miejscach i formach, lepsze dostosowanie kwalifikacji do potrzeb rynku pracy, a w efekcie wzrost mobilności pracowników, wypromowanie i ułatwienie uczenia się przez całe życie[[2]](#footnote-2). Europejska Rama Kwalifikacji dla uczenia się przez całe życie (ERK) - przyjęta w Unii Europejskiej struktura poziomów kwalifikacji stanowiąca układ odniesienia krajowych ram kwalifikacji umożliwiający porównywanie kwalifikacji uzyskiwanych w różnych krajach[[3]](#footnote-3).

Na równi traktowane będzie kształcenie formalne, pozaformalne i nieformalne. Ponadto nabyte kompetencje będą tak opisane, aby były rozpoznawalne i porównywalne w Polsce oraz w Europie.

Europejska Rama Kwalifikacji w skrócie pozwala na porównanie poziomów kształcenia bez konieczności unifikacji programów kształcenia, czyli pozwala na zachowana odrębności systemów edukacji przy jednoczesnej możliwości porównania poziomu, na którym pozostaje kwalifikacja. Pozwala na mobilność, gwarantuje transparentność, przy zachowaniu różnorodności treści kształcenia, instytucji kształcących i pozwala na różnorodność dróg dochodzenia do uzyskania kompetencji i kwalifikacji[[4]](#footnote-4).

1. **Polska Rama Kwalifikacji (PRK) -** Opis hierarchii poziomów kwalifikacji wpisywanych do zintegrowanego rejestru kwalifikacji w Polsce[[5]](#footnote-5).

PRK jest wzorowana na ERK i w naszym przypadku przyjęto osiem poziomów podobnie, jak to zaproponowano w ERK. PRK to zbiór różnych kwalifikacji tj. dyplomów, certyfikatów i świadectw formalnie potwierdzających wiedzę, umiejętności kompetencje przypisane danej kwalifikacji, a uzyskane w różnych formach edukacji:

- formalnej (w szkole)

- nieformalnej (na kursie, szkoleniu)

- pozaformalniej (w procesie pracy i samoedukacji)

1. **Edukacja formalna -** uczenie się poprzez udział w programach kształcenia i szkolenia prowadzących do uzyskania kwalifikacji zarejestrowanej[[6]](#footnote-6).
2. **Edukacja pozaformalna -** uczenie się zorganizowane instytucjonalnie jednak poza programami kształcenia i szkolenia prowadzącymi do uzyskania kwalifikacji zarejestrowanej[[7]](#footnote-7).
3. **Uczenie się nieformalne -** dochodzenie do nowych kompetencji bez korzystania z programów prowadzonych przez podmioty kształcące/szkolące (bez nauczyciela/instruktora/trenera), przez samodzielną aktywność podejmowaną w celu osiągnięcia określonych efektów uczenia się, i/lub przez uczenie się nieintencjonalne (niezamierzone)[[8]](#footnote-8).
4. **Kwalifikacja zarejestrowana -** opisany w zintegrowanym rejestrze kwalifikacji zestaw efektów uczenia się/kształcenia się, którego osiągnięcie zostało formalnie potwierdzone przez uprawnioną instytucję. Kwalifikacja opisana w rejestrze może być pełna lub cząstkowa[[9]](#footnote-9).
5. **Kwalifikacje składowe** - układ umiejętności i wiadomości określonych przez zestaw zadań zawodowych oraz cech psychofizycznych określonych przez zestaw kompetencji personalnych i społecznych, które umożliwiają efektywne wykonywanie pracy na określonym stanowisku pracy.
6. **Walidacja -** wieloetapowy proces sprawdzania, czy - niezależnie od sposobu uczenia się - kompetencje wymagane dla danej kwalifikacji zostały osiągnięte. Walidacja prowadzi do certyfikacji[[10]](#footnote-10).
7. **Certyfikowanie -** proces, w którego wyniku uczący się otrzymuje od upoważnionej instytucji formalny dokument, stwierdzający, że osiągnął określoną kwalifikację. Certyfikacja następuje po walidacji[[11]](#footnote-11).
8. **Wiedza -** zbiór opisów faktów, zasad, teorii i praktyk, przyswojonych w procesie uczenia się, odnoszących się do dziedziny uczenia się, lub działalności zawodowej[[12]](#footnote-12).
9. **Egzaminy sprawdzające kwalifikacje składowe** – egzamin sprawdzający przeprowadzany na podstawie z art. 3, ust. 3a ustawy o rzemiośle z dnia 22 marca 1989r. (Dz. U. 1989 Nr 17 poz. 92)[[13]](#footnote-13). – zgodnie z rozporządzeniem Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 września 2012r. w sprawie egzaminu czeladniczego, egzaminu mistrzowskiego oraz egzaminu sprawdzającego, przeprowadzanych przez komisje egzaminacyjne izb rzemieślniczych.
10. **Kurs** – kurs umożliwiający uzyskiwanie kwalifikacji zawodowych zgodnie z §3 pkt.5 rozporządzenia Ministra Edukacji Narodowej z dnia 11 stycznia 2012r. w sprawie kształcenia ustawicznego w formach pozaszkolnych (Dz. U. 2012 Nr 0 poz.186)[[14]](#footnote-14).

Poradnik, który masz do dyspozycji ma pomóc Ci w pozyskaniu wiedzy i umiejętności związanych z zadaniami, dotyczącymi przygotowania do zawodu elektryk oraz przygotowaniu się do egzaminu sprawdzającego kwalifikację składową, a docelowo do egzaminu czeladniczego lub mistrzowskiego w zawodzie elektryk. Dla zawodu elektryk określono 5 kwalifikacji składowych.

Jeżeli zdobędziesz doświadczenie zawodowe oraz stosowne wykształcenie będziesz mógł przystąpić do egzaminu czeladniczego a później mistrzowskiego w zawodzie elektryk.

W poradniku zamieszczono wiadomości teoretyczne dotyczące wykonywania zadań zawodowych koniecznych na określonym stanowisku pracy. Opis każdego zadania zawodowego przedstawiony jest jako osobny temat.

W poradniku w postaci zwięzłych informacji, wskazano to, co w treściach poszczególnych tematów jest najważniejsze. Aby dobrze opanować te treści konieczne jest, abyś poszerzył swoją wiedzę o wiadomości zawarte w literaturze fachowej. Musisz też opierać się na swoim doświadczeniu zawodowym i umiejętnościach zdobytych podczas szkolenia praktycznego. Po każdym temacie podano przykładowe pytania sprawdzające wraz z odpowiedziami oraz ćwiczenie do samodzielnego wykonania. Na końcu każdego poradnika zamieszczono zadanie praktyczne, które sprawdzi Twoje opanowanie kwalifikacji składowej i tym samym przygotowanie do egzaminu sprawdzającego.

Egzaminy: sprawdzający, czeladniczy oraz mistrzowski przeprowadzane są przez komisje egzaminacyjne izby rzemieślniczej w dwóch etapach – praktycznym i teoretycznym. Kolejność zdawania etapów ustala przewodniczący komisji.

Etap praktyczny – polega na samodzielnym wykonaniu przez Ciebie zadań egzaminacyjnych sprawdzających umiejętności praktyczne.

Etap teoretyczny egzaminu czeladniczego i mistrzowskiego obejmuje dwie części: pisemną i ustną. Część pisemna przeprowadzana jest w formie testu i obejmuje 7 tematów w przypadku czeladnika lub 9 w przypadku egzaminu na mistrza, natomiast w części ustnej musisz odpowiedzieć na pytania zawarte w wylosowanym przez Ciebie zestawie obejmującym 3 tematy tj. technologia, maszynoznawstwo, materiałoznawstwo.

Na egzaminie sprawdzającym etap teoretyczny przeprowadzany jest tylko w części ustnej z zakresu: umiejętności zawodowych wchodzących w zakres zawodu, którego dotyczy egzamin oraz tematów: przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej, a także podstawowe zasady ochrony środowiska.

Egzamin sprawdzający przeprowadza komisja czeladnicza izby rzemieślniczej.

1. **Wymagania dla kandydatów na egzamin sprawdzający**

Do egzaminu sprawdzającego możesz przystąpić jeżeli ukończyłeś odpowiedni kurs. Po kursie składasz wniosek do izby rzemieślniczej i następnie przystępujesz do egzaminu sprawdzającego. Jeżeli zdasz egzamin sprawdzający otrzymasz „Zaświadczenie o zdaniu egzaminu sprawdzającego”, potwierdzające znajomość podstawowych zagadnień dotyczących przepisów i zasad bezpieczeństwa i higieny pracy, ochrony przeciwpożarowej, zasad ochrony środowiska oraz umiejętności właściwych dla danej kwalifikacji składowej określonej dla zawodu elektryk.

1. **Wymagania dla kandydatów na egzamin czeladniczy**

Do egzaminu czeladniczego możesz przystąpić, o ile spełniasz jeden z poniższych warunków:

- jeśli ukończyłeś naukę zawodu u rzemieślnika to konieczne jest, abyś dokształcił się w szkole lub w systemie pozaszkolnym,

- jeżeli jesteś absolwentem gimnazjum lub ośmioletniej szkoły podstawowej to musisz mieć co najmniej 3-letni staż pracy w zawodzie elektryk lub mieć potwierdzenie, że uzyskałeś umiejętności zawodowe w zawodzie elektryk w formie pozaszkolnej,

- posiadasz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej lub dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej, prowadzącej kształcenie zawodowe o kierunku związanym z zawodem elektryk,

- posiadasz tytuł zawodowy w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk oraz po uzyskaniu tytułu zawodowego co najmniej pół roku pracowałeś w zawodzie elektryk,

- posiadasz zaświadczenie o zdaniu egzaminu sprawdzającego lub świadectwo potwierdzające kwalifikacje w zawodzi oraz po ich uzyskaniu przez co najmniej rok wykonywałeś prace elektryka.

**III. Wymagania dla kandydatów na egzamin na mistrza**

Do egzaminu mistrzowskiego możesz przystąpić jeśli spełniasz jeden z poniższych warunków:

- posiadasz tytuł czeladnika lub równorzędny w zawodzie i po uzyskaniu tytułu co najmniej 3–letni staż pracy w zawodzie, w którym zdajesz egzamin oraz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej,

- jeżeli przez co najmniej sześć lat prowadziłeś samodzielną działalność gospodarczą i wykonywałeś w jej ramach zawód elektryka oraz posiadasz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej,

- posiadasz tytuł mistrza w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk i po uzyskaniu tytuł mistrza co najmniej roczny staż pracy w zawodzie elektryk oraz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej,

- posiadasz świadectwo ukończenia szkoły ponadgimnazjalnej albo dotychczasowej szkoły ponadpodstawowej, dających wykształcenie średnie, w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk i tytuł zawodowy w zawodzie wchodzącym w zakres zawodu elektryk, oraz po uzyskaniu tytułu zawodowego co najmniej dwuletni staż pracy w zawodzie elektryk,

- posiadasz dyplom ukończenia uczelni wyższej na kierunku lub w specjalności w zakresie wchodzącym w zakres zawodu elektryk, i po uzyskaniu tytułu zawodowego co najmniej roczny staż pracy w zawodzie elektryk.

**Metryczka zawodu**

**Zestawienie kwalifikacji składowych dla zawodu elektryk**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Symbol kwalifikacji składowej** | **Nazwa kwalifikacji składowej** | **\*** |
| Ele/1 | Przygotowywanie i montaż osprzętu elektrycznego |  |
| Ele/2 | Montowanie instalacji elektrycznych |  |
| Ele/3 | Eksploatacja maszyn i urządzeń elektrycznych |  |
| Ele/4 | Kontrolowanie i pomiary elektryczne maszyn i urządzeń elektrycznych |  |
| Ele/5 | Eksploatowanie sieci elektroenergetycznych |  |

\* - kolumna przeznaczona do określenia indywidualnego programu nauczania

**Metryczka kwalifikacji składowej**

**Zestawienie zadań zawodowych dla kwalifikacji składowej: eksploatacja maszyn i urządzeń elektrycznych**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Numer zadania zawodowego** | **Nazwa zadania zawodowego** | **\*** |
| Ele/5 – 1  | Montaż, naprawa, konserwacja linii napowietrznej |  |
| Ele/5 – 2  | Wykonywanie rowów kablowych |  |
| Ele/5 – 3  | Montaż, konserwacja linii kablowej |  |
| Ele/5 – 4  | Wykonywanie połączeń i zakończeń linii kablowej |  |

\* - kolumna przeznaczona do określenia indywidualnego programu nauczania

#  Montaż, naprawa, konserwacja linii napowietrznej

Linie elektroenergetyczne napowietrzne przesyłają energię elektryczną za pomocą przewodów gołych oraz izolowanych. Zawiesza się je za pośrednictwem izolatorów na konstrukcjach wsporczych. Ze względu na wartość napięcia znamionowego linie można podzielić na:

* linie niskiego napięcia nn 400/230 V (do 1kV), nie przekraczające kilkuset metrów. Stosowane są głównie do zasilania budynków mieszkalnych i innych drobnych odbiorców energii,
* linie średniego napięcia SN 15 kV, 20 kV i 30 kV, są to linie wchodzące w skład sieci rozdzielczych zasilających obszary wiejskie, osiedla miejskie lub mniejsze miasta oraz zakłady przemysłowe średniej wielkości. Ich długość, w zasadzie nie powinna przekraczać kilkunastu kilometrów,
* linie wysokiego napięcia WN 110 kV to linie zasilające większe miasta oraz duże zakłady przemysłowe, wykorzystywane są do przesyłu i rozdziału energii elektrycznej, ich długość zazwyczaj nie jest większa niż kilkadziesiąt kilometrów,
* linie najwyższych napięć NN 220 kV i 400 kV to linie przesyłowe na terenie całego kraju. W powiązaniu ze stacjami tworzą rozległy system elektroenergetyczny. Łączą ze sobą większe elektrownie i punkty poboru energii. Ich długość zazwyczaj wynosi do kilkuset kilometrów. Za pośrednictwem linii napowietrznych o takim napięciu znamionowym często sprzęgane są systemy energetyczne różnych państw. W krajach o dużym obszarze stosowane są linie napowietrzne o napięciach 500 kV, 700 kV
a nawet 1000 kV.

W liniach napowietrznych wyróżnić można następujące elementy konstrukcyjne:

* przewody robocze,
* przewody odgromowe,
* izolatory,
* osprzęt,
* konstrukcje wsporcze.

W liniach napowietrznych przewody umieszczane są na słupach, a w niektórych przypadkach (tylko linie niskonapięciowe) także na specjalnych konstrukcjach wsporczych przymocowanych do ścian budynków, mostów lub innych obiektów budowlanych. Odcinek linii pomiędzy dwoma sąsiednimi słupami lub wspornikami określa się jako przęsło,
 a odległość pomiędzy osiami słupów jako rozpiętość przęsła. Odległość pionowa między prostą, a przewodem zmierzona w połowie rozpiętości przęsła określana jest jako zwis przewodu. Spośród słupów linii napowietrznych można wyodrębnić dwie główne grupy. Pierwsza z nich to słupy przelotowe, rozgałęźne i narożne, których zadaniem jest podtrzymywanie przewodów w osi pionowej. Ich konstrukcja jest z założenia delikatna, co powoduje że nie są zbyt wytrzymałe na naciąg przewodów. Dlatego tam, gdzie występują znaczne siły naciągowe stosuje się słupy „mocne”. Zalicza się do nich słupy odporowe, odporowo-narożne oraz krańcowe. Charakteryzują się w przeciwieństwie do słupów przelotowych, mocną konstrukcją. Na ogół wyposażone są one w zawieszenia odciągowe pozwalające naprężyć przewody linii. Słupy linii napowietrznych można też podzielić ze względu na materiał z jakiego zostały wykonane:

* słupy betonowe – stosowane są przede wszystkim w liniach niskiego napięcia. Mogą być umieszczane bezpośrednio w ziemi lub przy użyciu płyt i belek ustojowych albo fundamentów,
* słupy stalowe, stosowane są głównie w liniach wysokiego napięcia. Mają postać kratownic wykonanych ze stalowych kształtowników.

Izolatory są elementami odpowiadającymi za zamocowanie przewodów na konstrukcjach i jednocześnie zapewniają przerwę izolacyjną między przewodem, a konstrukcją wsporczą. Głównymi parametrami na jakie dobiera się izolatory jest ich wytrzymałość elektryczna, oraz wytrzymałość mechaniczna. W przypadku linii niskiego napięcia, gdy siły naciągów przewodów nie są duże, stosuje się izolatory stojące. Izolatory linii WN powinny charakteryzować się dużą wytrzymałością elektryczną, większą niż napięcie znamionowe linii, powinny wytrzymywać napięcia występujące przy czynnościach łączeniowych oraz przy zwarciach. W przypadku napięć przewyższających wytrzymałość elektryczną izolatorów (podczas przebicia) nie powinno dojść do uszkodzenia izolatora. Generalnie bezawaryjna praca linii zależy w dużej mierze od własności elektrycznych zastosowanych izolatorów. W zakresie napięć średnich najbardziej rozpowszechnione są izolatory stojące, które aktualnie zastępowane są przez izolatory stojące-pniowe LSP o znacznie większej wytrzymałości. Dla napięć powyżej 30 kV stosowane są izolatory liniowe kołpakowe typu LK lub LKZ oraz odznaczające się lepszymi własnościami izolatory długopniowe typu LPG, LP i LPZ.

Przewody napowietrznych linii elektroenergetycznych muszą cechować się dużą przewodnością elektryczną (małą rezystancją), odpornością na drgania oraz oddziaływania atmosferyczne i chemiczne, a także wytrzymałością mechaniczną. Cechy te łączy w sobie wielodrutowa linka stalowo-aluminiowa AFL i właśnie ona znalazła zastosowanie do budowy przewodów roboczych linii napowietrznych. Przewód roboczy składa się więc z linki stalowej stanowiącej jego rdzeń oraz oplotu z drutów aluminiowych wokół niego. Rdzeń stalowy nadaje przewodom wytrzymałość mechaniczną, oplot aluminiowy odpowiada za dobre własności elektryczne. Średnice drutów stalowych w przewodach o przekrojach do 50 mm2 są takie same jak drutów aluminiowych, dla większych przekrojów druty stalowe są cieńsze.

Dobierając i montując odpowiednie przewody w napowietrznych liniach należy wziąć pod uwagę:

* najmniejsze dopuszczalne przekroje przewodów ze względu na ich wytrzymałość mechaniczną,
* najmniejsze dopuszczalne naciągi zrywające przewodów elektroenergetycznych oraz przewodów telekomunikacyjnych,
* dopuszczalne naprężenia przewodów w liniach napowietrznych,
* najmniejsze dopuszczalne odległości pionowe przewodów elektroenergetycznych linii napowietrznych od poziomu ziemi.

Linie napowietrzne powinny także spełniać wymagania względem zbliżeń linii dobieranych wg odpowiednich tabel, a dotyczących:

* najmniejszych dopuszczalnych odległości między częściami linii napowietrznej 1 kV lub powyżej 1 kV,
* najmniejszych dopuszczalnych odległości pionowych przewodów linii elektrycznych,
* dopuszczalnych odległości przewodu nieuziemionego linii o napięciu do 1 kV przy zbliżeniu do budynku,
* dopuszczalnych odległości przewodu uziemionego linii elektroenergetycznej o napięciu do 1 kV od budynku.

Osprzęt stosowany w liniach napowietrznych utrzymuje przewody oraz spełnia funkcje łączeniowe. W tym celu używa się zacisków, złączek oraz uchwytów.

Do łączenia przewodów linii napowietrznych służą:

* zaciski, których zadaniem jest elektryczne połączenie przewodów i zapewnienie możliwie małej rezystancji zestykowej,
* uchwyty, których zadaniem jest mechaniczne połączenie przewodów narażonych na naciąg, a zatem zapewnienie odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej połączenia;
* złączki, których zadaniem jest elektryczne i mechaniczne połączenie przewodów, czyli spełnienie wymagań stawianych zarówno zaciskom, jak i uchwytom.

Połączenia przewodów mogą być rozłączalne, tzn. dające się rozłączyć bez zniszczenia jakiejkolwiek części, i nierozłączalne. Używa się osprzętu wykonanego z tego samego materiału co przewód i dostosowanego do przekroju przewodu. Te informacje są trwale oznaczone na osprzęcie. Złączki karbowane nadają się do łączenia w przęśle dwóch końców jednakowego przewodu, do wykonywania pętli przy zawieszeniu odciągowym, a także do wykonania odgałęzień. Przy wykonywaniu połączeń należy pamiętać aby łączone odcinki przewodów należycie oczyścić z brudu i tłuszczu. Przewody aluminiowe i miedziane należy przetrzeć drucianą szczotką do uzyskania czystej powierzchni wolnej od tlenków. Linki stalowe i rdzenie linek stalo-aluminiowych wyczyści tylko szmatką, by nie uszkodzić ochronnej warstwy cynku. Należy też wyczyścić powierzchnie styku złączek. Następnie końce przewodów trzeba wciągnąć do złączki tak, aby wystawały z niej odcinki 2 do 5 cm. Przy łączeniu przewodów stalo-aluminiowych między linki dodatkowo wsuwa się przekładkę z blachy aluminiowej. Kolejne karby wykonuje się za pomocą prasy zwanej karbownicą. Uprzednio wkłada się do niej naoliwione szczęki, odpowiadające przekrojowi i materiałowi złączki i nastawia właściwą głębokość wykonywanego karbu. Karby należy wykonywać

w kolejności podanej instrukcji obsługi. Skrajny karb powinien wypaść po stronie wystającego końca przewodu. Oba końce złączki powinny być jednakowo oddalone od skrajnych karbów. Na koniec głębokość karbowania sprawdza się wzornikiem; karby zbyt płytkie pogłębia się.

Złączka śrubowo-kabłąkowa (złączka strzemieniowa) składa się z dwóch ząbkowanych szczęk z przekładką, ściskanych przez kabłąki zakończone śrubami M8 lub M10 w zależności od wielkości. Przed rozluźnieniem zabezpieczają ją nakrętkami kontrującymi. W roli uchwytów do odciągowego zawieszenia przewodów stosuje się złączki pętlicowe w postaci dwóch płytek o profilowanych rowkach, ściskanych dwiema śrubami.

Zaciski służą do łączenia przewodów w odgałęzieniach i pętlach prądowych, w których mają zapewnić połączenie elektryczne a nie mechaniczne. Można nimi łączyć przewody o znacznie różniących się przekrojach. Do łączenia przewodu miedzianego z aluminiowym służą zaciski dwumetalowe (zaciski Al-Cu, zaciski kupalowe), mające dla każdego przewodu szczęki z tego samego co on metalu. Dzięki temu unika się w obecności wody powstania ogniwa galwanicznego nadżerającego przewód aluminiowy.

Zawieszanie przewodów na izolatorach jest bardzo odpowiedzialną czynnością mającą duży wpływ na jakość wykonania linii napowietrznej. Największe naprężenia przewodu występują w miejscu zawieszenia. Składa się na to działanie naciągu, ciężaru przewodu oraz parcia wiatru, obciążenia szadzią. Ponadto w miejscu zawieszenia przewód obciążają drgania i drobne przesunięcia. W tym miejscu przewody najczęściej się zrywają i dlatego zawieszenie powinno być wykonane starannie. Rozróżnia się:

* zawieszenie przelotowe, gdy naciąg przewodu z obu stron izolatora jest w przybliżeniu jednakowy,
* zawieszenie odciągowe, gdy ten warunek nie jest spełniony.

Tradycyjne zawieszenie przelotowe na izolatorach stojących polega na przywiązaniu przewodu do szyjki izolatora drutem wiązałkowym — bezpośrednio albo za pomocą obejmy. Przewód umieszcza się na szyjce izolatora od strony słupa, aby w razie zerwania wiązałki lub pęknięcia izolatora nie opadł na ziemię, lecz zawisł na trzonie izolatora lub na poprzeczniku słupa. Przy poziomym układzie przewodów albo trójkątowym symetrycznym na izolatorze środkowym przewód zawiesza się na kolejnych słupach na przemian to z wewnętrznej to zewnętrznej strony izolatora. Na slupach narożnych przewód trzeba tak umieścić, aby naciskał na izolator, a nie ciągnął.

Przy wykonywaniu zawieszenia obowiązują odpowiednie zalecenia. Po pierwsze przewody miedziane przykłada się do izolatora bezpośrednio; przewody aluminiowe i stalo-aluminiowe w celu ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi owija się taśmą aluminiową, pozostawiając między jej zwojami odstęp 1 mm, aby zapobiec gromadzeniu się pod nią wody. Używa się w tym celu drutu wiązałkowego z tego samego metalu co przewód (do przewodów AFL używa się drutu aluminiowego). Należy zwrócić uwagę aby przekrój drutu wiązałkowego był dobrany do przekroju zawieszanego przewodu; najbardziej uniwersalny jest drut wiązałkowy 6 mm2. Przy zawieszaniu przewodów o małym przekroju (s < 35 mm2) wykonuje się wiązałkę krzyżową zwykłą, a przy większych przekrojach — wiązałkę krzyżową wzmocnioną. Wiązałki zaciska się mocno, ale przy szyjce izolatora przewód powinien pozostać prosty, niewygięty wskutek wiązania. Przy zawieszaniu przewodów o przekroju przekraczającym 120 mm2 i przy dużej rozpiętości przęseł, nakłada się na szyjkę izolatora obejmy, przylegające do przewodu. Na koniec gotowe wiązanie smaruje się wazeliną techniczną lub innym tłuszczem bez-kwasowym. Na izolatorach o główce z wgłębieniem wystarcza prostsza wiązałka, bo nie przenosi ona ciężaru przewodu. Izolatory te, pomyślane dla linii o przewodach izolowanych, świetnie nadają się również dla linii o przewodach gołych. Zawieszenie odciągowe na izolatorach stojących wykonuje się w postaci pętli przewodowej obejmującej szyjkę izolatora. Pętlę zapina się złączką karbowaną lub dwiema złączkami śrubowo-kabłąkowymi. Przy małym naciągu przewodów wystarcza jedna złączka śrubowo-kabłąkowa bądź pętlicowa. Przewód aluminiowy i stalo-aluminiowy przylegający do izolatora owija się taśmą aluminiową. Pętla nie powinna być zbyt ciasna i dlatego złączkę lub uchwyt umieszcza się w pewnym oddaleniu od izolatora.

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. Jak zawiesza się przewody w liniach napowietrznych?

Odpowiedź:

Zawiesza się je za pośrednictwem izolatorów na konstrukcjach wsporczych.

1. Jak dzielimy linie ze względu na napięcie przesyłane?

Odpowiedź:

Ze względu na wartość napięcia znamionowego linie można podzielić na:

* linie niskiego napięcia nn 400/230 V,
* linie średniego napięcia SN 15 kV, 20 kV i 30 kV,
* linie wysokiego napięcia WN 110 kV,
* linie najwyższych napięć NN 220 kV i 400 kV.
1. Co nazywamy zwisem w linii napowietrznej?

Odpowiedź:

Odległość pionowa między prostą, a przewodem zmierzona w połowie rozpiętości przęsła określana jest jako zwis przewodu.

1. Jakie słupy zalicza się do słupów mocnych?

Odpowiedź:

Zalicza się do nich słupy odporowe, odporowo-narożne oraz krańcowe.

1. Czym różnią się słupy mocne od słupów przelotowych?

Odpowiedź:

Słupy mocne na ogół wyposażone są w zawieszenia odciągowe pozwalające naprężyć przewody linii.

1. Jakie zadanie w liniach napowietrznych spełniają izolatory?

Odpowiedź:

Izolatory są elementami odpowiadającymi za zamocowanie przewodów na konstrukcjach i jednocześnie zapewniają przerwę izolacyjną między przewodem, a konstrukcją wsporczą.

1. Jakie cechy powinny charakteryzować przewody stosowane w liniach napowietrznych?

Odpowiedź:

Przewody napowietrznych linii elektroenergetycznych muszą cechować się dużą przewodnością elektryczną (małą rezystancją), odpornością na drgania oraz oddziaływania atmosferyczne i chemiczne, a także wytrzymałością mechaniczną.

1. Jakie rozróżnia się rodzaje zawieszeń przewodów w liniach napowietrznych.

Odpowiedź:

Rozróżnia się zawieszenie przelotowe, gdy naciąg przewodu z obu stron izolatora jest w przybliżeniu jednakowy i zawieszenie odciągowe, gdy ten warunek nie jest spełniony.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie:

Wykonaj połączenie karbowane przewodów aluminiowych linii napowietrznej.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Przewód aluminiowy o przekroju 16mm2.
* Złączka.
* Komplet narzędzi elektromonterskich.
* Szczotka druciana.
* Praska (karbownica) z kompletem szczęk.

Sposób wykonania:

1. Dotnij dwa odcinki przewodu które będziesz łączył.
2. Oczyść przewody szczotką drucianą na długości używanej złączki.
3. Końce przewodów włóż do złączki tak aby wystawały z niej na odpowiednią długość.
4. Uzbrój praskę w odpowiednio dobrane szczęki.
5. Wykonaj karby za pomocą praski w odpowiedniej kolejności.
6. Sprawdź jakość wykonanego połączenia.

# Wykonanie rowów kablowych

Przed wykonaniem wykopów pod linię kablową należy zapoznać się z dokumentacja projektową dotyczącą tych robót. Dokumentacja techniczna związana z robotami ziemnymi przy budowie linii kablowej, powinna precyzować:

* sposób prowadzenia robót (ręczny lub mechaniczny),
* kategorie gruntu, poziom wód gruntowych, sposób odwodnienia wykopów,
* trasy innych 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 0,4m należy wykonywać ręcznie, bez używania kilofów i sprzętu mechanicznego. Podczas budowy linii kablowej należy przestrzegać następujących zasad:

* Wykopy powinny być zabezpieczone rozporami lub mieć boczne ściany pochyłe w kierunku normalnego zsypu ziemi.
* Wykopy w miejscach dostępnych dla osób niezatrudnionych należy zabezpieczyć przed wpadnięciem osób postronnych.
* Do wykopów nie wolno wchodzić i wychodzić z nich po rozporach, lecz po drabinie.
* W wykopie nie wolno spożywać posiłków i spędzać przerw.
* Zabrania się wyładowywania bębnów z kablem przez zrzucanie ich z samochodu. Należy w tym celu użyć ramp wyładowczych lub urządzeń dźwigowych.
* Układanie kabla powinno być wykonywane w sposób wykluczający jego uszkodzenie przez zginanie lub skręcanie.
* Niedopuszczalne jest, aby kabel w czasie rozwijania ocierał się o podłoże.
* Przy przenoszeniu ręcznym masa odcinka kabla przypadająca na jednego pracownika nie powinna być większa niż 30 kg.
* Podczas przechowywania, układania i montażu końce kabla należy zabezpieczyć przed wilgocią oraz wpływami chemicznymi i atmosferycznymi.
* Odsłoniętego kabla pod napięciem nie należy przenosić ani przesuwać, ani też przystępować do pracy przy nim.
* Przy pracach w tunelach i studzienkach kablowych należy przed wejściem pracowników upewnić się, czy nie znajdują się w nich gazy szkodliwe dla zdrowia.

Ze względów bezpieczeństwa należy także pamiętać, że:

* Kabel elektroenergetyczny będący pod napięciem zachowuje się podobnie jak kondensator (ma dużą pojemność) i nawet po wyłączeniu linii zachowuje pewne napięcie. Dlatego, aby uniknąć porażenia, należy przed przystąpieniem do jakichkolwiek prac przy kablu wyłączonym spod napięcia odpowiednio go rozładować i uziemić poszczególne żyły.
* Przy przecinaniu kabla (po wyłączeniu linii spod napięcia) oraz przy otwieraniu mufy kablowej należy stosować następujący sprzęt ochronny tj: okulary ochronne, dywanik lub podest izolacyjny, rękawice i buty dielektryczne.
* Piłka, którą przecina się kabel powinna mieć izolowany uchwyt i powinna być uziemiona.

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. Jakie czynności należy wykonać przed wykonaniem wykopów pod linię kablową?

Odpowiedź:

Przed wykonaniem wykopów pod linię kablową należy zapoznać się z dokumentacja projektową dotyczącą tych robót.

1. W jaki sposób wykonuje się wykop pod linię kablową w terenie do którego nie posiadamy dokumentacji dotyczącej jego uzbrojenia?

Odpowiedź:

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

1. O jakiej wadze powinien być rozłożony ciężar kabla przy przenoszeniu go przez monterów?

Odpowiedź:

Przy przenoszeniu ręcznym masa odcinka kabla przypadająca na jednego pracownika nie powinna być większa niż 30 kg.

1. Przy pracach w tunelach i kanałach kablowych jakie czynności należy przeprowadzić przed wejściem do nich?

Odpowiedź:

Przy pracach w tunelach i studzienkach kablowych należy przed wejściem pracowników upewnić się, czy nie znajdują się w nich gazy szkodliwe dla zdrowia.

1. Jaki sprzęt ochronny należy stosować przy przecinaniu kabla lub otwieraniu mufy kablowej?

Odpowiedź:

Przy przecinaniu kabla (po wyłączeniu linii spod napięcia) oraz przy otwieraniu mufy kablowej należy stosować następujący sprzęt ochronny tj.: okulary ochronne, dywanik lub podest izolacyjny, rękawice i buty dielektryczne.

1. Czy po odłączeniu napięcia na kablu można bezpośrednio przystąpić do przecinania kabla?

Odpowiedź:

Kabel elektroenergetyczny będący pod napięciem zachowuje się podobnie jak kondensator (ma dużą pojemność) i nawet po wyłączeniu linii zachowuje pewne napięcie. Dlatego, aby uniknąć porażenia, należy przed przystąpieniem do jakichkolwiek prac przy kablu wyłączonym spod napięcia odpowiednio go rozładować i uziemić poszczególne żyły.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie:

Wykonaj wykop kablowy o głębokości 70 cm na długości 4 m. przygotuj wykop do położenia w nim linii kablowej niskiego napięcia.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Dokumentacja uzbrojenia obszaru na którym będzie wykonywany wykop.
* Szpadel.
* Taczka.
* Piasek do podsypki.
* Rozpory, jeśli grunt jest sypki.
* Drabinka do wchodzenia do wykopu.
* Miara zwijana.
* Taśma, tablica ostrzegawcza.

Sposób wykonania:

1. Wytycz i oznacz trasę prowadzenia wykopu.
2. Zabezpiecz taśmą i tablicą ostrzegawczą miejsce wykonywania wykopu.
3. Wykonaj wykop pamiętając aby odkład (wykopywana ziemia) leżał w odległości min. 0,5m od krawędzi wykopu.
4. Po osiągnięciu odpowiedniej głębokości wypełnij dno wykopu podsypką z piasku.
5. Przygotuj wykop do włożenia kabla.

# Montaż, konserwacja linii kablowej

* Linie kablowe prowadzi się zwykle tam, gdzie niemożliwe lub niewskazane jest stosowanie linii napowietrznej. Dobierając trasę kabla należy kierować się następującymi zasadami:
* starać się wybierać trasy możliwie proste, unikać skrzyżowań z przeszkodami terenowymi i uzbrojeniem podziemnym,
* dążyć do układania kabla wzdłuż istniejących lub projektowanych ciągów liniowych (ulic, dróg, rowów) lub przez trawniki w pasach przeznaczonych do tych celów,
* unikać terenów zalewowych, mogących ulegać podmywaniu, narażonych na wstrząsy, przesunięcia gruntu, szkodliwe wpływy chemiczne oraz miejsc nie osłoniętych przed działaniem promieni słonecznych,
* kabel powinien być tak ułożony, aby nie był narażony na uszkodzenia mechaniczne i utrudnione oddawanie ciepła,
* należy ograniczyć prowadzenie kabli przez pomieszczenia i strefy zagrożone wybuchem lub pożarem,
* 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. 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:

* 50 cm dla kabli oświetlenia ulicznego,
* 70 cm dla kabli na napięcie nie przekraczające 1 kV, z wyjątkiem terenów użytków rolnych,
* 80 cm dla kabli na napięcie powyżej 1 kV do 15 kV, z wyjątkiem terenów użytków rolnych,
* 90 cm dla kabli na napięcie do 15 kV układanych na użytkach rolnych,
* 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. Odległość między kablem, a folią powinna wynosić około 25 cm. Pozwoli to podczas późniejszych prac ziemnych ostrzec kopiących przed znajdującym się poniżej kablem.

1

3

4

2

**Rysunek 6 Przekrój wykopu kablowego dla pojedynczego kabla [materiały własne]1 – kabel, 2 – piasek, 3 – ziemia, 4 – folia**

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. Rysunek przedstawia przekrój wykopu kablowego dla pojedynczego kabla. Kabel układa się w wykopie linią falistą zostawiając zapas wynoszący ok. 3% długości wykopu. Zapas ten powinien 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 skrzynkach 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. 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:

* Kable można układać w różny sposób: na dnie, na ścianach albo na konstrukcjach wsporczych.
* Kable układane na ścianach nie powinny bezpośrednio do nich przylegać (odległość kabli od ściany powinna wynosić minimum 1 cm).
* Nie należy układać kabli na dnie tuneli w przejściach przeznaczonych do poruszania się obsługi.
* Przejścia kabli przez przegrody w tunelach powinny być uszczelnione materiałem ognioodpornym.
* Dopuszcza się zasypywanie kanałów piaskiem, zwłaszcza w przypadkach zagrożenia pożarem lub wybuchem.
* Przy układaniu kabli na konstrukcjach wsporczych, kable o napięciu powyżej 1 kV powinny być ułożone nad kablami o napięciach poniżej 1 kV.
* Odległość między kablami o różnych napięciach lub między warstwami kabli nie powinna być mniejsza niż 15 cm.
* 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).

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. Jakimi zasadami należy się kierować obierając odpowiednią trasę kablową?

Odpowiedź:

Dobierając trasę kabla należy kierować się następującymi zasadami:

* wybierać trasy możliwie proste, unikać skrzyżowań z przeszkodami terenowymi i uzbrojeniem podziemnym,
* układać kabel wzdłuż istniejących lub projektowanych ciągów liniowych (ulic, dróg, rowów) lub przez trawniki w pasach przeznaczonych do tych celów,
* unikać terenów zalewowych, mogących ulegać podmywaniu, narażonych na wstrząsy, przesunięcia gruntu, szkodliwe wpływy chemiczne oraz miejsc nie osłoniętych przed działaniem promieni słonecznych,
* tak układać kabel, aby nie był narażony na uszkodzenia mechaniczne i utrudnione oddawanie ciepła,
* należy ograniczyć prowadzenie kabli przez pomieszczenia i strefy zagrożone wybuchem lub pożarem, kable wzajemnie rezerwujące się należy prowadzić innymi szlakami.
1. Od czego uzależniona jest głębokość wykopu pod linię kablową?

Odpowiedź:

Głębokość uzależniona jest od rodzaju układanego kabla.

1. Jakie podejmuje się działania jeżeli nie można zachować odpowiedniej głębokości umieszczenia kabla w ziemi?

Odpowiedź:

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

1. Ile powinna wynosić minimalna grubość podsypki i nasypki piaskowej w wykopie?

Odpowiedź:

Kabel układa się w wykopie na dziesięciocentymetrowej warstwie podsypki piaskowej, a po ułożeniu zasypuje się go również warstwą piasku o grubości 10 cm.

1. W jakiej odległości nad kablem umieszcza się folię oznaczającą linię kablową?

Odpowiedź:

Odległość między kablem, a folią powinna wynosić około 25 cm.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie:

Ułóż w wykopie kabel niskiego napięcia .

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Dokumentacja uzbrojenia obszaru na którym będzie wykonywany wykop.
* Szpadel.
* Taczka.
* Kabel.
* Piasek do podsypki.
* Drabinka do wchodzenia do wykopu.
* Miara zwijana.
* Folia kablowa koloru niebieskiego.
* Taśma, tablica ostrzegawcza.

Sposób wykonania:

1. W wykonanym wykopie sprawdź jakość podsypki
2. Odmierz odpowiednią długość kabla, pamiętając, że kabel należy ułożyć w wykopie

w taki sposób by nie miał styczności z kamieniami.

1. Na położonym kablu wykonaj warstwę nasypki od grubości 10 cm.
2. Na warstwę piasku nasyp warstwę rodzimego gruntu z wykopu o grubości 15 cm.
3. Na całej długości wykopu rozwiń taśmę z tworzywa sztucznego koloru niebieskiego.
4. Zasyp wykop aż do poziomu gruntu, pozostawiając niewielki naddatek ziemi.

# Wykonywanie połączeń i zakończeń linii kablowej

Na krańcach linii kablowej żyły kabla łączy się z innymi przewodami lub urządzeniami dla uzyskania przepływu energii elektrycznej. Kabel trzeba odpowiednio zakończyć i wyprowadzić żyły zachowując szczelność kabla i nienaganny stan izolacji końcowego odcinka. Umożliwiają to głowice kablowe. Do łączenia odcinków kabla na trasie linii służą mufy kablowe przelotowe lub rozdzielcze. Zakłada się je już przy budowie dłuższych linii, których nie można wykonać z jednego całego odcinka kabla, mieszczącego się na bębnie kablowym. W trakcie eksploatacji liczba muf wzrasta ze względów na rozdzielanie sieci, lub konieczne naprawy. W miejscu każdego uszkodzenia zakłada się mufę, a czasem i dwie jeśli trzeba wsztukować odcinek kabla bo przerwany kabel nie miał odpowiedniego zapasu. Linia kablowa ma dwa końce które należy zakończyć głowicami. Ze względów ekonomicznych i eksploatacyjnych tak buduje się linie by muf było jak najmniej. Każda mufa i głowica to newralgiczny punkt linii kablowej; uszkodzenia najczęściej następują w nich albo w kablu tuż przy nich.

Do kabli niskiego i średniego napięcia o izolacji z tworzyw sztucznych najczęściej stosuje się następujące technologie bądź ich kombinacje:

* Osprzęt żywiczny, z żywic chemoutwardzalnych, do kabli 1+10 kV. Żywica poliuretanowa lub epoksydowa jest dostarczana w postaci dwóch składników, które miesza się tuż przed użyciem. Wlewa się ją do formy nałożonej na miejsce połączenia (mufa) lub zakończenia kabla (głowica) i starannie uszczelnionej. Zależnie od rodzaju żywicy i temperatury otoczenia proces utwardzania trwa od pół godziny do kilku godzin.
* Osprzęt taśmowy, do kabli 1+30 kV. Mufę i głowicę taśmową wykonuje się, nawijając kolejno na żyły odpowiednie taśmy samoprzylepne. Taśmy izolacyjne samospajalne służą do odtworzenia izolacji żył, taśmy sterujące — do uzyskania właściwego rozkładu pola elektrycznego, podobnie jak taśmy przewodzące, którymi pokrywa się elementy metalowe o nierównej powierzchni.
* Osprzęt nasuwany z gumy silikonowej do kabli 1+30 kV — najmniej pracochłonna technologia wykonywania muf i głowic. Na przygotowany koniec kabla naciąga się ciasną pochewkę gumową, posmarowaną wewnątrz smarem silikonowym.
* Osprzęt termokurczliwy, z rur i kształtek termokurczliwych, do kabli 1+60 kV. Rury i kształtki z polietylenu wykazują dużą termokurczliwość, czyli pamięć kształtu, dzięki sieciowaniu radiacyjnemu (akceleratorem elektronowym). Roztłoczone na gorąco w wytwórni kurczą się nawet do 1/3 pierwotnej średnicy po ponownym ich nagrzaniu palnikiem przy montażu mufy lub głowicy.

Łączenie żył kablowych wykonuje się też różnymi technologiami w zależności od materiału żył i napięć znamionowych. Żyły aluminiowe można łączyć ze sobą (w mufach kablowych) albo z końcówkami kablowymi (przy głowicach kablowych) przez spawanie albo zaprasowanie. Do łączenia w mufach żył kabli nn i SN są też zaciski gwintowe. Pamiętać trzeba o szybkim utlenianiu się aluminium i skłonności do pełzania.

Spawanie gazowe żył aluminiowych jest najdokładniejszą metodą ich łączenia. Używa się dobranej nasadki palnika o rozmiarze dyszy właściwym do przekroju żył. Aby zapobiec utlenianiu żył, spawa się je płomieniem z nadmiarem 30% acetylenu, a miejsce spawania pokrywa topnikiem. Lepsze wyniki daje spawanie elektryczne w osłonie gazu szlachetnego lecz problematyczne jest wykonanie takiego spawu w terenie ze względu na potrzebę zasilania z agregatu. Przed spawaniem żyły kabla należy oczyścić z syciwa pędzlem zwilżonym benzyną. Końcówkę żyły wielodrutowej czyści się po uprzednim rozpleceniu. W celu ochrony izolacji przed przegrzaniem na żyły zakłada się osłony termiczne w postaci dwudzielnych krążków z blachy. Przy łączeniu żył wielodrutowych należy najpierw zespawać ze sobą wszystkie druty u końca każdej żyły. Następnie łączone żyły można umieścić w formie, która zapobiega wyciekaniu płynnego aluminium, nadaje spoinie właściwy kształt i zapobiega zbyt szybkiemu chłodzeniu spoiny. Po wstępnym ogrzaniu końców żył i formy spawa się ze sobą końce żył, dodając aluminium z drutu spawalniczego. Po zespawaniu żył zakłada się szczęki chłodzące izolację. Łączenie żył przez spawanie jest kłopotliwe. Naraża izolację kabla na przegrzanie i zanieczyszczenie, co jest szczególnie groźne dla izolacji polietylenowej, mimo że już w trakcie spawania chłodzi się ją. Po zespawaniu żyły wielodrutowe tracą drożność i nie można przez nie przepuszczać wzdłuż kabla substancji regenerujących izolację polietylenową. Ten sposób łączenia żył jest z tych względów rzadko stosowany.

Zaprasowanie wykonuje się w ten sposób, że żyłę aluminiową wkłada się do odpowiedniej końcówki kablowej lub zacisku tulejkowego, umieszcza w szczękach prasy i poddaje silnemu naciskowi. Następuje zagniecenie okrągłej tulei na kształt sześciokątny. W tym miejscu następuje spojenie materiału łączonych elementów. Przy łączeniu żył aluminiowych są potrzebne co najmniej dwa wgnioty wykonane z przeciwnych stron zacisku tulejowego. Przed wykonaniem połączenia końce żył trzeba odtłuścić i oczyścić stalową szczotką z warstwy tlenków. Wewnętrzną powierzchnię końcówki kablowej lub zacisku pokrywa się smarem stykowym. Zaprasowanie wykonuje się za pomocą prasy o odpowiednim nacisku, o napędzie ręcznym dźwigniowym lub hydraulicznym. Szczęki pras, poddawane wielkim naprężeniom, są wykonane z materiału o dużej wytrzymałości i hartowane.

Zaciski gwintowe służą do łączenia żył kabli nn i SN. Każda z żył jest dociśnięta jednym lub dwoma wkrętami. Właściwy moment przy ich dokręcaniu uzyskuje się bez korzystania z klucza dynamometrycznego; o należytym dokręceniu świadczy zerwanie (ścięcie) sześciokątnego łba wkrętu na wysokości obrysu powierzchni zacisku. Wkręt mimo to daje się odkręcić kluczem wewnętrznym, wkładanym do pozostającego łba gniazdowego. Wkręty są mosiężne cynowane, korpus zacisku wykonany jest ze stopu aluminiowego o dużej wytrzymałości mechanicznej.

Łączenie żył miedzianych jest łatwiejsze niż aluminiowych. Nie ma kłopotów z szybkim utlenianiem się powierzchni ani z pełzaniem materiału. Połączenia zaprasowane wykonuje się z jednym wgniotem, bez przeformowania końcówki lub złączki na kształt sześciokątny.

Montaż muf kablowych przeprowadza się w następujący sposób.

Końce kabli należy równo odciąć nożycami do kabli odrzucając odcinek jak najkrótszy, ale na tyle długi, aby pozostająca izolacja rodzima (fabryczna) żył nie była uszkodzona i wilgotna. W przypadku izolacji papierowo-olejowej sprawdza się to, odwijając papier izolacyjny i zanurzając w parafinie lub oleju ogrzanym do temperatury 150 °C. Pojawienie się piany przy papierze jest oznaką zawartości wody w papierze. Żyły należy połączyć przez zaprasowanie lub zaciskami gwintowymi, uprzednio usuwając izolację żył tylko na odcinkach wchodzących do zacisków. Po przygotowaniu końców kabli nn do montażu mufy żywicznej zakłada się dwuczęściową formę z tworzywa sztucznego. Forma jest przezroczysta co ułatwia kontrolę jakości wykonania. Zamkniętą i uszczelnioną formę zalewa się. Dwuskładnikowa żywica jest dostarczana w dwuczęściowym opakowaniu, przedzielonym przeponą. Nie otwierając opakowania, ugniata się je, to przerywa przeponę i oba składniki mieszają się, zapoczątkowując reakcję chemiczną. Odbywa się to bez dostępu powietrza, co zapobiega tworzeniu się pęcherzyków gazu, co stanowiło by problem przy zalewaniu mufy. Wymieszaną żywicę wyciska się do formy zalewa ona wszystkie połączenia uszczelniając i izolując jednocześnie. Teraz należy odczekać aż wszystko stężeje i można zakopać mufę w ziemi.. Inną technologią jest wykonanie mufy termokurczliwej. Po przygotowaniu końców kabli nasuwa się na jeden z nich rury termokurczliwe, zewnętrzną i wewnętrzną, po czym łączy się żyły. Powierzchniom powłoki polwinitowej, na których mają być zaciśnięte rury, nadaje się schropowatość (papierem ściernym lub pilnikiem), czyści je benzyną i ogrzewa palnikiem. Po nasunięciu rury termokurczliwej wewnętrznej ogrzewa się ją równomiernie palnikiem, poczynając od środka, by łatwo uchodziło powietrze z wnętrza zaciskającej się rury. Po ostygnięciu obkurczonej rury wewnętrznej nasuwa się rurę zewnętrzną i ogrzewa ją. Obie rury są wewnątrz pokryte termotopliwym klejem, który po obkurczeniu uszczelnia i skleja przylegające powierzchnie. Zazwyczaj używa się palnika gazowego na propan-butan, ustawionego na delikatny stożek gazowy. Płomień o długości 20 cm powinien być od połowy żółty i tylko tym żółtym językiem ogrzewa się rury. Przy łączeniu podobną mufą kabli wielożyłowych, na poszczególnych żyłach obkurcza się rury wewnętrzne, a na powłoce kabla termokurczliwą rurę zewnętrzną. Przy zastosowaniu tej techniki do kabli SN o izolacji polietylenowej dochodzą dodatkowe elementy mufy takie jak otaśmowanie odtwarzające izolację, taśmy przewodzące sterujące rozkładem pola elektrycznego i połączenie żył powrotnych. Przy nieostrożnych robotach ziemnych w pobliżu kabla można łopatą uszkodzić jego warstwy zewnętrzne. Trzeba zdecydować, czy w miejscu uszkodzenia zakładać mufę i jaką technologię wybrać.

Montaż głowic kablowych jest podobny do muf, jednak ich zastosowanie wymusza modyfikacje technologii. Głowica kablowa powinna zapewniać:

* właściwy stan izolacji żył u końca kabla, gdzie zostaje naruszona jego zwykła struktura; to zadanie jest tym trudniejsze, im wyższe jest napięcie znamionowe kabla,
* szczelne zakończenie kabla, by zapobiec wnikaniu wilgoci i/lub wyciekaniu syciwa,
* dosycanie kabla, uzupełniać ubytek syciwa w końcowym odcinku kabla o izolacji papierowo-olejowej,
* sztywne umocowanie rozchodzących się żył kabla, aby uodpornić je na siły występujące przy zwarciach.

Zakończenie kabli o izolacji papierowo-olejowej o napięciu znamionowym do 6/10 kV dawniej wykonywano przy użyciu głowic żeliwnych wypełnionych bitumiczną zalewą kablową. Obecnie używa się również głowic z żywicy chemoutwardzalnej. Po przygotowaniu końca kabla zakłada się formę i wypełnia ją żywicą. Taka głowica uszczelnia kabel, usztywnia żyły i izoluje je od siebie. Nie zapewnia jednak dosycania kabla. Innym przykładem wnętrzowej głowicy jest głowica olejowej z dosycaniem kabla 15-K30 kV o izolacji papierowo-olejowej. Koniec kabla obrabia się jak do mufy. Zakończenie warstwy izolacji, pancerza i osłony włóknistej zabezpiecza się przed rozluźnianiem. Zewnętrzną powierzchnię powłoki ołowianej odtłuszcza się rozpuszczalnikiem, a następnie przylutowuje do niej linkę miedzianą do połączenia z zaciskiem ochronnym głowicy. Kabel wsuwa się do głowicy przez tuleję wlotową, po czym końce żył łączy przez zaprasowanie ze sworzniami, których dolne końce mają kształt tulei o średnicy wewnętrznej dopasowanej do przekroju żył kabla. Izolowane żyły wchodzą do wnętrza izolatorów przez stożki ołowiane zaciskane na izolacji żył, łączące ekrany żył z korpusem głowicy. Po zmontowaniu i uszczelnieniu głowicy napełnia się ją rozgrzaną zalewą olejową przez otwory w górnej części izolatorów. W trakcie eksploatacji kontroluje się poziom zalewy w przezroczystych izolatorach, by w odpowiednio szybko uzupełniać jej ubytek spowodowany zasysaniem zalewy przez końcowy odcinek kabla. Kablom o izolacji polwinitowej (do 3,5/6 kV) wystarcza bezgłowicowe zakończenie kabla w sposób zapobiegający wnikaniu wilgoci do wnętrza kabla. Na wolnym powietrzu koniec kabla nn wygina się w dół by uniknąć wnikania wody z opadów. Zakończenie kabla można wykonać  termokurczliwą rękawicą trójpalczastą.

**Zestawy pytań i odpowiedzi**

1. Jakie elementy służą do łączenia kabla na trasie kablowej?

Odpowiedź:

Do łączenia odcinków kabla na trasie linii służą mufy kablowe przelotowe lub rozdzielcze.

1. Jakie są sposoby wykonywania muf kablowych w liniach nn i SN?

Odpowiedź:

Do kabli niskiego i średniego napięcia o izolacji z tworzyw sztucznych najczęściej stosuje się następujące technologie bądź ich kombinacje:

* Osprzęt żywiczny.
* Osprzęt taśmowy.
* Osprzęt nasuwany z gumy silikonowej.
* Osprzęt termokurczliwy.
1. Jak łączymy aluminiowe żyły kablowe w mufach i głowicach kablowych?

Odpowiedź:

Żyły aluminiowe można łączyć ze sobą (w mufach kablowych) albo z końcówkami kablowymi (przy głowicach kablowych) przez spawanie albo zaprasowanie lub też za pomocą zacisków gwintowych.

1. Jakie są wady łączenia żył kablowych metodą spawania?

Odpowiedź:

Proces spawania naraża izolację kabla na przegrzanie i zanieczyszczenie, co jest szczególnie groźne dla izolacji polietylenowej. Po zespawaniu żyły wielodrutowe tracą drożność i nie można przez nie przepuszczać wzdłuż kabla substancji regenerujących izolację polietylenową.

1. Jakie właściwości ma dobrze wykonana głowica kablowa?

Odpowiedź:

Dobrze wykonana głowica kablowa powinna zapewnić właściwy stan izolacji żył u końca kabla, szczelne zakończenie kabla, by zapobiec wnikaniu wilgoci i/lub wyciekaniu syciwa, dosycanie kabla, uzupełniać ubytek syciwa w końcowym odcinku kabla o izolacji papierowo-olejowej, sztywne umocowanie rozchodzących się żył kabla, aby uodpornić je na siły występujące przy zwarciach.

1. Czy w zakończeniu kabla o izolacji polwinitowej (do 3,5/6 kV) należy koniecznie użyć głowicy kablowej?

Odpowiedź:

Kablom o izolacji polwinitowej (do 3,5/6 kV) wystarcza bezgłowicowe zakończenie kabla w sposób zapobiegający wnikaniu wilgoci do wnętrza kabla. Na wolnym powietrzu koniec kabla nn wygina się w dół by uniknąć wnikania wody z opadów.

**Przykład ćwiczenia praktycznego**

Polecenie:

Wykonaj mufę kablową na kablu aluminiowym nn o izolacji polwinitowej.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Dwa odcinki kabla.
* Zestaw narzędzi elektromonterskich.
* Zaciski gwintowe.
* Nożyce do kabli.
* Miernik rezystancji izolacji.
* Zestaw montażowy mufy żywicznej.

Sposób wykonania:

1. Odetnij równo niewielki kawałek za pomocą nożyc do kabli z obu końców kabla.
2. Odizoluj na odpowiedniej długości oba kable.
3. Połącz za pomocą zacisków gwintowych poszczególne żyły kabli.
4. Załóż dwuczęściową formę z tworzywa sztucznego na miejsce połączenia kabli.
5. Nie otwierając opakowania wymieszaj składniki zalewy.
6. Wymieszaną żywicę wciśnij do formy wypełniając nią całość przestrzeni.
7. Odczekaj aż żywica zwiąże.
8. Sprawdź jakość wykonanej mufy mierząc wartość rezystancji izolacji wykonanej linii kablowej.

# Przykład zadania praktycznego

Polecenie:

Zbuduj odcinek linii kablowej z połączeniem dwóch odcinków kabla. Wykonaj wykop kablowy o głębokości 70cm na długości 4m. Przygotuj wykop do położenia w nim linii kablowej. Ułóż w wykopie dwa odcinki kabla niskiego napięcia o izolacji polwinitowej. Wykonaj mufę kablową łączącą oba odcinki kabla.

Zestawienie materiałów i narzędzi:

* Dokumentacja uzbrojenia obszaru na którym będzie wykonywany wykop.
* Szpadel.
* Dwa odcinki kabla.
* Folia kablowa koloru niebieskiego.
* Taczka.
* Zestaw narzędzi elektromonterskich.
* Zaciski gwintowe.
* Nożyce do kabli.
* Miernik rezystancji izolacji.
* Zestaw montażowy mufy żywicznej.
* Piasek do podsypki.
* Rozpory, jeśli grunt jest sypki.
* Drabinka do wchodzenia do wykopu.
* Miara zwijana.
* Taśma, tablica ostrzegawcza.

Sposób wykonania:

1. Przygotowanie wykopu pod linię kablową.

Wytycz i oznacz trasę prowadzenia wykopu. Zabezpiecz taśmą i tablicą ostrzegawczą miejsce wykonywania wykopu. Wykonaj wykop pamiętając aby odkład (wykopywana ziemia) leżała w odległości min. 0,5m od krawędzi wykopu. Po osiągnięciu odpowiedniej głębokości wypełnij dno wykopu podsypką z piasku. Przygotuj wykop do włożenia kabla.

1. Ułożenie kabla w wykopie.

W wykonanym wykopie sprawdź jakość i grubość podsypki.

Odmierz odpowiednią długość kabla, pamiętając, że kabel należy ułożyć w wykopie w taki sposób by nie miał styczności z kamieniami. Pamiętaj aby zapewnić odpowiedni zapas kabla z obu stron mufy.

1. Wykonanie mufy kablowej.

Odetnij równo niewielki kawałek za pomocą nożyc do kabli z obu końców kabla. Odizoluj na odpowiedniej długości oba kable. Połącz za pomocą zacisków gwintowych poszczególne żyły kabli. Załóż dwuczęściową formę z tworzywa sztucznego na miejsce połączenia kabli. Nie otwierając opakowania wymieszaj składniki zalewy. Wymieszaną żywicę wciśnij do formy wypełniając nią całość przestrzeni. Odczekaj aż żywica zwiąże.

1. Zasypanie wykopu.

Na położonym kablu wykonaj warstwę nasypki od grubości 10cm. Na warstwę piasku nasyp warstwę rodzimego gruntu z wykopu o grubości 15cm. Na całej długości wykopu rozwiń taśmę z tworzywa sztucznego koloru niebieskiego. Zasyp wykop aż do poziomu gruntu, pozostawiając niewielki naddatek ziemi.

1. Sprawdzenie jakości połączenia kabla.

Sprawdź jakość wykonanej mufy mierząc wartość rezystancji izolacji wykonanej linii kablowej.

Zadanie wykonywane jest zgodnie z przepisami i zasadami bezpieczeństwa i higieny pracy oraz ochrony przeciwpożarowej, a także zasadami ochrony środowiska.

# Literatura

* + - 1. Praca zbiorowa: Praktyczna elektrotechnika ogólna. REA, Warszawa 2003
			2. Praca zbiorowa: Poradnik montera elektryka. WNT, Warszawa 1997
			3. Januszewski S., Pytlak A., Rosnowska-Nowaczyk M., Świątek H.: Energoelektronika. WSiP, Warszawa 2004
			4. Niestępski S., Patrol M., Pasternakiewicz J., Wiśniewski T.: Instalacje elektryczne. Budowa, projektowanie i eksploatacja. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2001.

[www.zrp.pl](http://www.zrp.pl)

[www.program.platforma-flexicurity.pl](http://www.program.platforma-flexicurity.pl)

[www.irszczecin.pl](http://www.irszczecin.pl)

1. „Kompetencje pracowników a współczesne potrzeby rynku pracy”, Marta Znajmiecka-Sikora, Bogna Kędzierska, Elżbieta Roszko, Łódź 2011. [↑](#footnote-ref-1)
2. Instytut Badań Edukacyjnych, 2011 [↑](#footnote-ref-2)
3. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-3)
4. [www.ibe.edu.pl](http://www.ibe.edu.pl) [↑](#footnote-ref-4)
5. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-5)
6. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-6)
7. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-7)
8. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-8)
9. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-9)
10. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-10)
11. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-11)
12. <http://www.kwalifikacje.edu.pl/pl/slownik> [↑](#footnote-ref-12)
13. [www.isap.sejm.gov.pl](http://www.isap.sejm.gov.pl) [↑](#footnote-ref-13)
14. [www.isap.sejm.gov.pl](http://www.isap.sejm.gov.pl) [↑](#footnote-ref-14)