

INSTALACJE ELEKTRYCZNE

część 7

ZAKRES WYKŁADU

- 1) Budowa kabli elektroenergetycznych
- 2) Układanie kabli w ziemi
- 3) Układanie kabli w kanałach i tunelach
- 4) Układanie kabli na mostach i nabrzeżach
- 5) Układanie kabli w budynkach
- 6) Zasady eksploatacji linii kablowych
- 7) Kontrole stanu technicznego kabli

PODSTAWOWE ELEMENTY LINII KABLOWYCH

Każda linia kablowa składa się z ułożonego na wyznaczonej trasie kabla wielożyłowego lub ułożonych kabli jednożyłowych w układzie wielofazowym albo kilku jedno lub wielożyłowych kabli połączonych równolegle, łącznie z osprzętem przeznaczonym do łączenia, rozgałęzienia lub zakończenia linii, łączących urządzenia elektryczne jedno lub wielofazowe albo jedno lub wielobiegunowe.

Zasady projektowania i budowy elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych linii kablowych prądu stałego i przemiennego na napięcie znamionowe nieprzekraczające 110 kV oraz sygnalizacyjnych linii kablowych, zostały podane w normie:

N-SEP-E-004:2014 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa, ze zmianami określonymi w N-SEP-E 004:2014/A1:2019-05 Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.

OKREŚLENIA

Kabel – przewód izolowany jedno lub wielożyłowy w szczelnej powłoce, przystosowanej do układania w dowolnym środowisku (w powietrzu, w wodzie, w ziemi);

Napięcie znamionowe kabla – określa najwyższe napięcie znamionowe linii, w której może on pracować, dla której został zaprojektowany i wykonany;

Linia kablowa – kabel wielożyłowy lub kable jednożyłowe w układzie wielofazowym albo kilka jedno- lub wielożyłowych kabli połączonych równolegle, łącznie z osprzętem, ułożonych na wspólnej trasie i łączących urządzenia elektryczne jedno- lub wielofazowe albo jedno- lub wielobiegunowe;

Trasa kablowa – pas terenu lub przestrzeń, w którym są ułożone jedna lub więcej linii kablowych;

Napięcie znamionowe linii – napięcie nominalne sieci (międzyprzewodowe w przypadku prądu przemiennego lub międzybiegunowe w przypadku prądu stałego), w której zbudowana linia kablowa może pracować;

Pomieszczenie kablowe – pomieszczenie w budynku przeznaczone do ułożenia kabli w celu ich rozprowadzenia do urządzeń elektrycznych;

Kanał kablowy – kanał w stropie, podłodze lub w ziemi przykryty płytami zdejmowanymi, przeznaczony do układania w nim kabli, nie przystosowany do poruszania się obsługi w jego wnętrzu;

Tunel kablowy – tunel przeznaczony do układania w nim kabli, przystosowany do poruszania się w nim obsługi;

Estakada kablowa – konstrukcja nadziemna przeznaczona do układania kabli oraz instalacji i urządzeń technologicznych;

Szyb kablowy – obudowany pionowy kanał łączący więcej niż dwie kondygnacje budynku, przeznaczony do ułożenia w nim kabli;

Osprzęt elektroenergetycznej linii kablowej – zbiór elementów przeznaczonych do łączenia, rozgałęzienia lub zakończenia kabli np. mufy, głowice, złączki, końcówki;

Odległość pozioma – odległość między rzutami prostopadłymi elementów na płaszczyznę poziomą;

Odległość pionowa – odległość między rzutami prostopadłymi elementów na płaszczyznę pionową

Skrzyżowanie – miejsce na trasie linii kablowej, w którym jakakolwiek część rzutu poziomego linii kablowej na płaszczyznę odniesienia przecina lub pokrywa jakąkolwiek część rzutu innej linii kablowej lub innego obiektu podziemnego, albo naziemnego lub przeszkód naturalnych na tę sama płaszczyznę;

Zbliżenie – miejsce na trasie linii kablowej, w którym odległość pozioma między linią kablową, a inną linią kablową, urządzeniem podziemnym lub drogą komunikacyjną itp. jest mniejsza niż odległość dopuszczalna dla danych warunków układania bez stosowania przegród

Ośłona linii kablowej – konstrukcja przeznaczona do ochrony kabla przed uszkodzeniem spowodowanym działaniem czynników zewnętrznych.

Rozróżnia się następujące rodzaje osłon:

- a) **przykrycie** – osłona ułożona nad kablem w celu ochrony przed mechanicznym uszkodzeniem z góry,
- b) **przegroda** – osłona ułożona wzdłuż kabla, oddzielającego go od sąsiedniego kabla lub innych urządzeń,
- c) **osłona** – chroniąca kabel ze wszystkich stron, dzielona lub nie dzielona np. rura,
- d) **osłona otwarta** – osłona chroniąca kabel z jednej, dwóch lub trzech stron;

Ściana oddzielenia przeciwpożarowego – przegroda z drzwiami przeciwpożarowymi, służąca do podziału tunelu lub pomieszczenia kablowego na strefy pożarowe, wykonana z materiałów gwarantujących szczelność oraz izolacyjność ogniową przez określony czas;

Przegroda przeciwpożarowa – przegroda z otworem przełazowym bez drzwi, wykonana w strefie pożarowej tunelu, służąca do ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru w obrębie jednej strefy, wykonana z materiałów niepalnych;

Betonit – częściowe wypełnienie rowu kablowego o ustabilizowanych właściwościach cieplnych, otaczające kable linii kablowej i powstałe na skutek zestalenia się mieszanki piasku o określonej granulacji i cementu. Najczęściej jest to mieszanka piasku i cementu w proporcji 14:1 (objętościowo).

Bentonit kablowy – jest mieszaniną naturalnych i neutralnych dla środowiska surowców o kontrolowanym przemieszaniu. Materiał ten służy do wypełnienia osłon otaczających kable (rury) w celu zwiększenia obciążalności prądowej kabli umieszczonych w rurach oraz usztywnienia ułożenia kabli. Materiał wyjściowy jest dostarczany na plac budowy w stanie wysuszonej mieszanki, po upłynięciu wodą, wpompowany do rur wypełnia wszystkie wolne przestrzenie wewnątrz rury z kablem podczas budowy linii oraz zostaje podczas eksploatacji. W razie potrzeby materiał ten można wypłukać strumieniem wody, umożliwiając wyciągnięcie kabla z rury.

ZASADY PROJEKTOWANIA I BUDOWY KABLI ELEKTROENERGETYCZNYCH

Kabel elektroenergetyczny zbudowany jest z jednej lub więcej żył izolowanych, zaopatrzonego w powłokę wykonaną z metalu lub niemetalową oraz ewentualnie, w zależności od wymaganych warunków eksploatacji – w osłonę ochronną i pancierz.

Obecnie powszechnie stosowane kable niskiego i średniego napięcia posiadają izolację żył i powłoki z polwinitu, polietylenu sieciowanego lub gumy etylenowo-propylenowej. Kable o izolacji papierowej i powłoce ołowianej są stosowane coraz rzadziej z powodu dużych kosztów produkcji oraz pracochłonnego instalowania muf i głowic.

W przypadku przewidywanych zagrożeń mechanicznych kable elektroenergetyczne powinny być wykonane jako opancerzone zarówno taśmami stalowymi, jak i drutami stalowymi ocynkowanymi okrągłymi lub profilowanymi. Opancerzenie kabla drutami umożliwia przenoszenie znacznych naprężeń wzdłużnych.

Kable o napięciu znamionowym **do 1 kV** (wykorzystywane najczęściej w instalacjach elektrycznych) budowane są jako **wielożyłowe**. W układach trójfazowych w układzie sieci TN-C składają się z trzech żył fazowych (L) i czwartej żyły ochronno-neutralnej (PEN), natomiast w układzie TN-S – z trzech żył fazowych (L), żyły ochronnej (PE) i żyły neutralnej (N).

Obwody jednofazowe budowane są w zasadzie na kablach trójżyłowych (L, PE i N) – w układzie TN-S oraz dwużyłowych (L i PEN) – w układzie TN-C. Kable na napięcie wyższe niż 1 kV budowane są jako jednożyłowe, stosowane najczęściej w liniach kablowych średniego napięcia i 110 kV. Żyły kabli wielożyłowych budowane są z pojedynczych drutów, które nie mogą być okrągłe lub sektorowe (w kształcie wycinka koła). Zastosowanie żył sektorowych zamiast okrągłych pozwala zmniejszyć średnicę kabla i zużycie materiałów na powłokę. Żył sektorowych nie stosuje się w przypadku kabli średniego napięcia, ponieważ zwiększone natężenie pola elektrycznego na krawędziach żył powodowałoby narażenie izolacji w ich miejscach i zmniejszenie trwałości kabla.

Praktycznie żył sektorowych nie stosuje się w kablach jednożyłowych o przekroju żył nieprzekraczającym 10 mm^2 oraz w kablach o napięciu przekraczającym 6 kV.

Żyły kabli elektroenergetycznych wykonuje się najczęściej z **aluminium**. W liniach kablowych o specjalnym przeznaczeniu oraz w liniach kablowych o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym są stosowane kable z żyłami miedzianymi.

W zależności od budowy i przeznaczenia kabel może być układany w ziemi, pod wodą, w kanałach i tunelach kablowych, w pomieszczeniach na ścianie, na konstrukcjach, w rurkach lub zawieszany w powietrzu. Sposób ułożenia kabla ma zasadniczy wpływ na jego dopuszczalną obciążalność prądową.

Te same kable ułożone w ziemi mają o **20÷30%** obciążalność prądową większą, niż gdy są prowadzone w powietrzu.

Zasady doboru materiałów i budowa urządzeń elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych linii kablowych są następujące:

- 1) **Kable, osprzęt i materiały pomocnicze** – stosowane do budowy linii kablowych powinny być zgodne z wymaganiami Polskich Norm;
- 1) **Oslony linii kablowych** – ich konstrukcja i materiał powinny być tak dobrane, aby chroniły kabel przed zagrożeniami wywołanymi czynnikami zewnętrznymi;
- 2) **Tunele i pomieszczenia kablowe** – należy wykonać z odpowiednio dobranych materiałów niepalnych w sposób uniemożliwiający przenikanie do ich wnętrza wody i zanieczyszczeń. Powinny mieć zapewnione odwodnienie i odpowiednio dostosowane przewietrzanie naturalne lub sztuczne, posiadać przejścia komunikacyjne o wysokości w świetle co najmniej 200 cm i szerokości co najmniej 80 cm, zapewniające skuteczną ewakuację ludzi. Tunele o długości ponad 20 m powinny być wyposażone w oświetlenie elektryczne. Zaleca się, aby tunele o długości przekraczającej 100 m były podzielone przegrodami, o odporności ogniowej nie mniejszej niż 60 min. na strefy pożarowe o długości nieprzekraczającej 100 m. Poszczególne strefy pożarowe powinny być podzielone przegrodami przeciwpożarowymi o odporności ogniowej 30 min. na odcinki po około 50 m;

4) Kanały kablowe – powinny być wykonane z materiałów niepalnych, przykryte płytami zdejmowalnymi na całej długości kanału. Dopuszcza się wykonanie kanałów bez możliwości dostępu z góry, na długości nie większej niż 200 cm. Jeżeli kanały kablowe nie są zasypywane piaskiem na całej długości, to powinny być podzielone na strefy pożarowe odpowiednimi ścianami oddzielenia pożarowego nie utrudniającymi odwodnienia kanałów. Długość strefy pożarowej nie powinna przekraczać 100 m. W uzasadnionych przypadkach zamiast ściany oddzielenia pożarowego dopuszcza się stosowane osłony otaczającej w postaci warstwy (powłoki) ognioochronnej naniesionej na izolacyjną powłokę lub osłonę kabla na długości co najmniej 150 cm. Dotyczy to kabli w powłokach lub osłonach izolacyjnych wykonanych z materiałów termoplastycznych;

5) Estakady kablowe – wykonuje się z materiałów o odpowiedniej wytrzymałości mechanicznej, skutecznie uziemione, wyposażone w odpowiednie półki, drabinki kablowe lub korytka kablowe. Kable układane na estakadach nie wymagają tworzenia stref pożarowych. Jeżeli dla układanych kabli istnieje zagrożenie pożarowe od zewnątrz, to kable te powinny być prowadzone w ogniochronnych kanałach kablowych lub powinny być pokryte powłoką ognioochronną na długości zagrożenia;

6) Szyby kablowe – należy wykonać z materiałów niepalnych, podzielone na strefy pożarowe grodziami przeciwpożarowymi. Do każdej strefy pożarowej należy zapewnić dostęp umożliwiający wykonywanie prac eksploatacyjnych. Oddzielenia przeciwpożarowe należy wykonać z materiałów gwarantujących szczelność oraz izolacyjność ogniową nie mniejszą niż 90 min. Dopuszcza się stosowanie osłon ogniochronnych o długościach nie krótszych niż 4 m;

7) Osłony otaczające – wykonuje się z materiałów odpornych na działanie czynników zewnętrznych, ułożone w sposób uniemożliwiający zbieranie się w nich wody i zamulanie. Wnętrza osłon otaczających nie powinny powodować uszkodzeń zewnętrznej warstwy chronionego kabla. Wymaga się, aby osłony otaczające po ułożeniu kabli powinny, w miejscu wyprowadzenia kabli, być uszczelnione materiałem niepalnym. Zaleca się wypełnienie bentonitem kablowym wszystkich osłon otaczających (rur) kable o napięciu znamionowym U_N 64/110kV i długości większej od 6 m. Kable ułożone w przepustach rurowych wykonanych metodą przewiertu sterowanego powinny być wypełnione bentonitem kablowym;

8) Studnie kablowe powinny być wykonane z materiałów niepalnych, przykryte zdejmowanymi płytami lub mieć zamykany właz. Istotna jest wielkość studni kablowych, która powinna umożliwić przeciąganie, zmianę kierunku ułożenia oraz wykonanie połączeń kabli. Uchwyty kablowe powinny być umieszczone w odległości 30 cm od zakończenia muf.

ZASADY DOBORU KABLI

Przy doborze kabli należy uwzględnić przede wszystkim ich **parametry elektryczne, budowę, przeznaczenie i obciążalność prądową długotrwałą**. Istotną informacją w tym przypadku jest również uwzględnienie warunków w jakich kable będą eksploatowane, czyli potencjalne **zagrożenie zewnętrzne**, na które mogą być narażone podczas eksploatacji

W zależności od warunków zewnętrznych i sposobu układania dobiera się kable, które mają izolację wykonaną z odpowiedniego materiału. Właściwy dobór kabli powoduje, iż są one bardziej trwałe i dostosowane do warunków otoczenia, nie stanowią zagrożenia, a izolacja nie ulega szybkiemu uszkodzeniu.

Lp.	Rodzaj oddziaływania	Przykład pomieszczenia	Wymagania dla izolacji kabli
1	Niska wilgotność	Pomieszczenia suche, pokoje, mieszkania, szkoły, budynki zamieszkania zbiorowego	Kable ogólnego przeznaczenia
2	Wysoka wilgotność	Pomieszczenia o dużej wilgotności, wiaty, piwnice, magazyny	Kable z izolacją odporną na wnikanie wilgoci
3	Obszary i przestrzenie mokre i o bardzo dużej wilgotności	Instalacje podziemne, napowietrzne, pralnie, myjnie samochodów	Kable z izolacją odporną na działanie wilgoci i wpływy atmosferyczne
4	Wysoka temperatura	Pomieszczenia o temperaturze powyżej temperatury otoczenia np. odlewnie, huty, hartownie	Kable z izolacją odporną na działanie podwyższonej temperatury
5	Zimno	Pomieszczenia o temperaturze poniżej - 10 °C, np. chłodnie	Kable z izolacją z materiału mrozoodpornego
6	Obszary szczególnie zagrożone możliwością powstania pożaru	Magazyny materiałów łatwopalnych, teatry, kina, centra handlowe	Kable z izolacją z materiałów trudno zapalnych, nierozprzestrzeniających płomienia o małej wartości wydzielanej energii, niewydzielające podczas spalania substancji szkodliwych i toksycznych
7	Obszary zagrożone wybuchem	Magazyny cieczy i gazów, pomieszczenia, w których może wytworzyć się miesznina pyłów lub par z powietrzem	Kable o odpowiedniej konstrukcji umożliwiającej wykonanie instalacji i uszczelnień w przejściach, do których są doprowadzone
8	Materiały agresywne chemicznie	Magazyny i pomieszczenia produkcyjne	Izolacja kabla powinna być wykonana z materiałów odpornych na działanie substancji tam występujących
9	Oleje, smary, paliwa	Pomieszczenia magazynowe, rafinerie, stacje benzynowe, bazy paliw płynnych	Izolacja wykonana z tworzyw odpornych na działanie olejów i rozpuszczalników

Przykłady doboru kabli w zależności od wpływów zewnętrznych

Przy doborze kabli należy w szczególności uwzględnić:

1) Napięcie znamionowe kabli

Przewody i kable elektroenergetyczne budowane są obecnie na napięcia znamionowe U_0/U , np.: 300/300, 300/500, 450/750 oraz 600/1000, przy których mogą trwale pracować bez uszkodzeń izolacji,

gdzie:

U_0 – dopuszczalna wartość skuteczna napięcia pomiędzy żyłą a ziemią lub ekranem, w V;

U – dopuszczalna wartość skuteczna napięcia między poszczególnymi żyłami, w V.

Przewody i kable o specjalnym przeznaczeniu mogą być wykonywane na inne napięcia znamionowe.

Napięcie znamionowe kabla powinno być nie mniejsze niż napięcie znamionowe sieci, do której linia wykonana tym kablem ma być przyłączona.

2) Przekrój żył kabla

Normy polskie i międzynarodowe określają następujące znormalizowane przekroje żył przewodów i kabli:

0,5; 0,75; 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 35; 50; 70; 95; 120; 150; 185; 240; 300; 400; 625; 800 i 1000 mm².

W liniach kablowych wysokich napięć stosuje się kable o przekrojach 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 mm².

Poszczególne rodzaje przewodów i kabli oznacza się literami i cyframi w zależności od materiału żył, rodzaju izolacji, powłok, opancerzenia, osłon ochronnych, budowy, przeznaczenia, liczby żył, napięcia znamionowego izolacji itp.

Przekroje żył kabla powinny być tak dobrane, aby dla danych warunków eksploatacji linii kablowej wartość prądu obciążenia kabla była nie większa od dopuszczalnej wartości obciążalności prądowej długotrwałej, a wartość prądu zwarciovego nie przekraczała dopuszczalnych wartości temperatur żył roboczych i powrotnych kabla podanych przez producenta

Przekroje żył kabli o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV powinny być dobrane również w zależności od dopuszczalnego spadku napięcia oraz wymagań dotyczących ochrony przeciwporażeniowej. Dla odmiennych warunków odprowadzania ciepła z kabla na różnych odcinkach trasy linii kablowej przekrój żył roboczych należy dobrać do najbardziej niesprzyjających warunków chłodzenia, mogących wystąpić w określonych warunkach eksploatacji.

Dopuszcza się dobór przekroju żył kabli bez uwzględniania temperatury dopuszczalnej przy zwarcjach w przypadkach linii kablowej zasilającej pojedynczy odbiornik, jeżeli:

- a) linia kablowa jest ułożona w taki sposób, że skutki jej uszkodzenia nie przenoszą się na inne linie kablowe,
- b) jest to uzasadnione technicznie i ekonomicznie,
- c) trasa linii kablowej nie przebiega przez pomieszczenia zagrożone pożarem lub wybuchem.

Nie dopuszcza się układania takich linii we wspólnych kanałach, tunelach, na drabinkach kablowych itp. z innymi kablami.

Wymaga się, aby przekrój żył roboczych i żyły neutralnej powinien być jednakowy. W przypadku zasilania jednego odbiornika dopuszcza się stosowanie kabli czterożyłowych z żyłą neutralną o mniejszym przekroju.

Zaleca się, aby instalowane kable miały wbudowanie w żyłę powrotną co najmniej 2 tuby światłowodowe m.in. do wzdluznego pomiaru temperatury kabla.

3) Izolację żył

Żyły kabli powinny posiadać odpowiednią izolację, w celu odizolowania ich od siebie i od innych kabli oraz od części przewodzących dostępnych. Rodzaj i grubość warstwy izolacyjnej zależy od napięcia znamionowego kabla. Powinna ona zapewniać odpowiednią odporność i trwałość kabla. W kablach trójżyłowych o izolacji papierowo-olejowej występuje tzw. izolacja rdzeniowa, która jako dodatkowa warstwa izolacji papierowej nałożona jest na wszystkie izolowane żyły kabla.

Dostępne obecnie kable elektroenergetyczne niskiego i średniego napięcia mają izolację i powłokę z tworzyw sztucznych. Izolacja żył w tych kablach jest wykonana z następujących materiałów:

- polwinit (Y), oznaczony PCV, PVC, PCW,
- polietylen sieciowany (XS), termoplastyczny (X), oznaczony PRC lub XLPE,
- guma etylenowo-propylenowa (EPR).

W zależności od wpływów zewnętrznych w nowych instalacjach elektrycznych:

- a) o dużych narażeniach mechanicznych należy układać kable z izolacją polwinitową,
- b) o niekorzystnych warunkach dla układu elektroizolacyjnego sieci jak np. podwyższona temperatura, duża wilgotność, należy układać kable z izolacją z polietylenu sieciowanego (XS),
- c) ze względu na wyższą obciążalność prądową długotrwałą, korzystnym jest stosowanie kabli z izolacją z polietylenu sieciowanego.

W kablach z ekranami indywidualnymi (H) może być stosowana wyłącznie izolacja polietylenowa wykonana zarówno z polietylenu termoplastycznego (X), jak i z polietylenu sieciowanego (XS)

W kablach 110 KV i średniego napięcia (SN) izolowanych polietylenem, stosuje się żyłę powrotną miedzianą, chroniącą kabel przed zniszczeniem przy zwarciach doziemnych. Przekrój żyły powrotnej wymiarowany jest na około 80% wytrzymałości zwarciowej żyły roboczej. W kablach o izolacji papierowo-olejowej funkcję tę pełni powłoka ołowiana. Nie dopuszcza się stosowania kabli o izolacji papierowej przesyconej syciwem ściekającym.

4) Powłoki, pancerze i osłony kabli

Powłoki, pancerze i osłony kabli powinny chronić izolację kabla przed szkodliwym oddziaływaniem środowiska na trasie linii kablowej. Powłoka uszczelnia izolację kabla i zapobiega wpływom wilgoci na izolację.

Pancerz kabla służy do ochrony przed uszkodzeniami mechanicznymi. Tworzą go najczęściej druty lub taśmy stalowe owinięte wokół kabla. Osłonę powłoki oraz osłonę zewnętrzną kabla wykonuje się z polwinitu lub polietylenu. Osłona powłoki chroni ją przed bezpośrednim nawinięciem pancerza, natomiast osłona zewnętrzna izoluje stalowy pancerz od wpływu wilgoci.

Zgodnie z normą N-SEP-E-004:2014 należy przestrzegać następujących zasad:

- a) jeżeli przewiduje się występowanie w kablach naprężeń rozciągających, to należy stosować kable opancerzone drutami;
- b) w miejscach narażonych na przemieszczenie gruntu oraz w strefach działania prądów błędnych należy stosować kable w osłonach z tworzyw sztucznych;
- c) żyły kabli, np. sygnalizacyjnych, powinny być chronione przed oddziaływaniem pól elektromagnetycznych, jeżeli takie pola mogłyby zakłócić działanie obwodów, które kabel zasila;

5) Kable układane w wodzie lub pod dnem rzek, kanałów, zbiorników wodnych itp.

Kable elektroenergetyczne przeznaczone do układania bezpośrednio w wodzie i pod dnem rzek, kanałów i zbiorników wodnych, powinny być opancerzone o osłonie antykorozyjnej wytłoczonej z tworzywa sztucznego. Inne kable układane w ww. warunkach powinny być umieszczone w osłonach wypełnionych bentonitem kablowym.

6) Kabli przeznaczone do układania w tunelach kablowych, kanałach i w pomieszczeniach

Kable elektroenergetyczne przeznaczone do układania w tunelach kablowych, kanałach i pomieszczeniach powinny mieć zwiększoną odporność na rozprzestrzenianie się płomienia. Izolacyjne powłoki kabli na napięcie znamionowe U_N 64/110 kV układane w ww. warunkach powinny być pokryte wytłoczoną lub nałożoną warstwą przewodzącą. Jeżeli kabel stosowany jest w układzie z krzyżowaniem żył powrotnych, to izolacyjne powłoki tych kabli powinny być pokryte wytłoczoną warstwą przewodzącą.

Kable do budowy linii niskiego napięcia (0,6/1 kV)			
Oznaczenia kabla	Objaśnienia	Oznaczenia kabla	Objaśnienia
YKY YKYžo	Y - powłoka polwinitowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa žo -kabel z żyłą ochronną	YAKYFpy YAKYFpyžo	Y - powłoka polwinitowa A - żyła aluminiowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa Fp - pancerz z drutów stalowych profilowanych y - osłona polwinitowa žo - kabel z żyłą ochronną
YAKY YAKYžo	Y - powłoka polwinitowa A - żyła aluminiowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa žo -kabel z żyłą ochronną	YKYFoy YKYFoyžo	Y - powłoka polwinitowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa Fo - pancerz z drutów stalowych okrągłych y - osłona polwinitowa žo - kabel z żyłą ochronną
YKYFty YKYFtyžo	Y - powłoka polwinitowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa Ft - taśma stalowa (pancerz) y - osłona polwinitowa žo -kabel z żyłą ochronną	YAKYFoy YAKYFoyžo	Y - powłoka polwinitowa A - żyła aluminiowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa Fp - pancerz z drutów stalowych okrągłych y - osłona polwinitowa žo - kabel z żyłą ochronną
YAKYFty YAKYFtyžo	Y - powłoka polwinitowa A - żyła aluminiowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa Ft - taśma stalowa (pancerz) y - osłona polwinitowa žo -kabel z żyłą ochronną	YKXS YKXSžo	Y - powłoka polwinitowa K - kabel XS - izolacja z polietylenu sieciowanego žo - kabel z żyłą ochronną
YKYFpy YKYFpyžo	Y - powłoka polwinitowa K - kabel Y - izolacja polwinitowa Fp -pancerz z drutów stalowych y - osłona polwinitowa žo -kabel z żyłą ochronną	YAKXS YAKXSžo	Y - powłoka polwinitowa A - żyła aluminiowa K - kabel XS - izolacja z polietylenu sieciowanego žo - kabel z żyłą ochronną

Linia kablowa prądu stałego na napięciu 450 kV, jest układem przesyłowym pomiędzy Polską i Szwecją, składającym się:

- a) z jednożyłowego kabla podmorskiego i lądowego z żyłą miedzianą o przekroju 2100 mm^2 , dostosowanego do przesyłu prądu stałego o wartości 1330 A,
- b) kabla powrotnego na napięcie znamionowe izolacji 20 kV (w części lądowej jednożyłowego o przekroju żyły $1100 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$, a w części morskiej dwóch kabli o przekrojach żył miedzianych 630 mm^2)
- c) dwóch stacji przekształtnikowych zlokalizowanych na obu końcach linii kablowej prądu stałego. Długość linii wynosi ponad 200 km.

W sieciach elektroenergetycznych 110 kV są stosowane kable z polietylenu sieciowanego zastępujące kable olejowe. Przekrój żył roboczych w kablach dobierany jest na dopuszczalne obciążenie prądowe.

W warunkach krajowych kable 110 kV są wykonywane jako jednożyłowe o izolacji:

- a) papierowej, nasyconej olejem izolacyjnym, z wewnętrznym przepływem oleju przy niewielkim ciśnieniu (starsze inwestycje) oraz,
- b) z polietylenu sieciowanego (kable krajowe i importowane).

W kablach 110 KV i SN, izolowanych polietylenem, stosuje się żyłę powrotną miedzianą, chroniącą kabel przed zniszczeniem przy zwarciach doziemnych.

Przekrój żyły powrotnej wymiarowany jest na około 80% wytrzymałości zwarciowej żyły roboczej. W kablach o izolacji papierowo-olejowej funkcję tę pełni powłoka ołowiana.

W sieciach SN stosuje się najczęściej;

- 1) kable trójżyłowe o izolacji papierowo-olejowej, głównie typu HAKnFtA lub HAKnFty lub
- 2) kable jednożyłowe o izolacji z tworzyw sztucznych (tzw. kable suche), np. z polwinitu o napięciu znamionowym do 10 kV lub z polietylenu sieciowanego o napięciu znamionowym do 10 kV.

Powłoka kabli suchych może być wykonana z polwinitu lub z polietylenu, o czym informuje pierwsza litera oznaczenia X lub Y. Stosowane kable o napięciu znamionowym 8,7/15 i 12/20 kV mają następujące oznaczenia:

- a) HAKFtA – kabel o polu promieniowym (H), z żyłami aluminiowymi (A), w powłoce ołowianej (bez oznaczenia), opancerzony taśmą stalową (Ft), w osłonie ochronnej włóknistej (A);
- b) HAKnFty – jak wyżej, lecz z syciwem nieściekającym i powłoką zewnętrzną polwinitową;
- c) XHAKXS – kabel o polu promieniowym, z żyłą roboczą aluminiową, izolowany polietylenem sieciowanym (XS), powłoce z polietylenu termoplastycznego (X);

- a) XUHAkXS – jak wyżej, lecz z uszczelnieniem przeciwwilgociowym wzdłużnym (pęczniająca pod wpływem wody taśma lub proszek);
- b) XRUHAkXS – jak wyżej, lecz poza uszczelnieniem wzdłużnym również uszczelnienie promieniowe taśmą.

W liniach niskiego napięcia stosuje się najczęściej kable czterożyłowe aluminiowe typu YAKY, YAKXS, AKFtA, z izolacją i powłoką zewnętrzną z polwinitu lub polietylenu sieciowanego.

Charakteryzują się większą obciążalnością prądową w związku z wyższą dopuszczalną temperaturą pracy. W razie potrzeby, głównie dla uzyskania większej obciążalności prądowej, stosuje się również kable z żyłami miedzianymi.

WYBÓR TRASY LINII KABLOWEJ

Przy wyborze trasy linii kablowej należy uwzględnić ograniczenie do niezbędnego minimum liczby skrzyżowań i zbliżeń z innymi urządzeniami, przejść przez ściany i stropy oraz przez obszary narażające kabel na wibracje. Warunki ułożenia nie powinny utrudniać odprowadzenia ciepła do otoczenia lub narażać kabel na ogrzanie z zewnątrz. Jednocześnie trasa powinna zapewniać łatwy i przejrzysty dostęp zarówno przy budowie, jak i eksploatacji linii. Temperatura kabla przy układaniu nie powinna być mniejsza od wielkości podanej przez producenta kabla. Wybór trasy linii kablowej należy ustalić z uwzględnieniem następujących zasad:

- 1) kable nie powinny być narażone na uszkodzenia mechaniczne i szkodliwe wpływy czynników zewnętrznych, w szczególności układanych:
 - a) na mostach, wiaduktach i przyczółkach,
 - b) na wysokości przekraczającej 200 cm w miejscach dostępnych dla osób nienależących do obsługi urządzeń,
 - c) w ziemi, pod torami, drogami itp.;

- 2) prowadzenie kabli przez pomieszczenia i strefy zagrożone wybuchem lub pożarem należy ograniczyć do kabli zasilających urządzenia w tych pomieszczeniach lub strefach, po spełnieniu wymagań określonych w odrębnych przepisach i normach;
- 3) trasa kabli ułożonych w ziemi powinna być wyznaczona wzdłuż dróg, ulic lub przez trawniki w pasach do tego przeznaczonych;
- 4) trasa kabli ułożonych wzdłuż rzek i brzegów jezior powinna być wyznaczona poza miejscami narażonymi na podmywanie przez wodę;
- 5) liczba skrzyżowań i zbliżeń kabli z innymi urządzeniami na trasie oraz liczbę przejść przez ściany, stropy, obszary narażające kabel na wibracje i inne przeszkody powinna być ograniczona do niezbędnego minimum i wynikać z uwarunkowań wyznaczonej trasy i technologii wykonania linii kablowej;
- 6) linie kablowe prowadzone na terenach rolniczych mogą być prowadzone pod dnem rowów melioracyjnych;
- 7) linie kablowe prowadzone na terenach rolniczych powinny być prowadzone w osłonach lub na zwiększonej głębokości układania do:
 - 1 m – dla kabli o napięciu znamionowym nie wyższym niż 30 kV,
 - 1,2 m – dla kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV;
- 8) linie kablowe zasilania rezerwowego należy prowadzić inną trasą niż linie zasilania podstawowego.

OGÓLNE ZASADY UKŁADANIA KABLI

Kable mogą być układane w ziemi, pod wodą, w kanałach i tunelach kablowych, w pomieszczeniach na ścianie, na konstrukcjach, w rurkach lub zawieszany w powietrzu. Sposób ułożenia kabla ma zasadniczy wpływ na jego dopuszczalną obciążalność prądową.

Podczas układania kabli elektroenergetycznych należy uwzględnić następujące wymagania techniczne i organizacyjne:

- 1) Przestrzegać przepisy i zasady bezpieczeństwa i higieny pracy oraz wymagania zawarte w instrukcji organizacji bezpiecznej pracy przy układaniu kabli;
- 2) Kable należy układać w sposób uniemożliwiający mechaniczne ich uszkodzenie, przy zachowaniu środków ostrożności uniemożliwiających uszkodzenie innych kabli i urządzeń znajdujących się na trasie budowanej linii kablowej oraz przestrzeganie zasady ochrony środowiska;

- 3) Zastosowana technologia układania kabli powinna uniemożliwiać:
 - tarcie zewnętrznej strony kabla o ściany lub dno wykopu, kanału albo tunelu
 - przekroczenie dopuszczalnej siły naciągu kabla;
- 4) Temperatura kabli przy układaniu nie powinna być niższa od wartości podanej przez producenta kabli;
- 5) Według normy N-SEP-E-004:2014 przy mechanicznym układaniu kabla siła ciągnąca powinna być przyłożona tylko do żył roboczych kabla. Stosowanie innego sposobu przyłożenia siły ciągnącej jest niedopuszczalne. Maszyna ciągnąca (ciągarka) powinna być wyposażona w sprzęgło ograniczające dopuszczalną siłę ciągnięcia oraz dynamometr i urządzenie rejestrujące wartość siły ciągnięcia.

Podczas układania kabla dopuszczalna siła ciągnąca F nie powinna być większa od wartości:

$$F = k \cdot s$$

gdzie:

s – suma przekrojów ciągnionych żył roboczych kabla,

k – współczynnik dla Cu = 50 N/mm²;

6) W czasie wykonywania prac związanych z układaniem kabla należy bezwzględnie wykluczyć możliwość uszkodzenia powłoki lub układu izolacyjnego kabla. W przypadku uszkodzenia, uszkodzony odcinek należy wymienić na nowy;

7) Przy układaniu kabel można zginać tylko w przypadkach koniecznych, przy czym promień zgięcia powinien być nie mniejszy od podanego przez producenta lub jeżeli brak danych, to promień gięcia kabla powinien być nie mniejszy niż:

- a) 25-krotna zewnętrzna średnica kabla w przypadku kabli olejowych i kabli o izolacji polietylenowej o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV,
- b) 20-krotna zewnętrzna średnica kabla w przypadku kabli jednożyłowych,
- c) 15-krotna zewnętrzna średnica kabla w przypadku kabli wielożyłowych,
- d) 10-krotna zewnętrzna średnica kabla w przypadku kabli sygnalizacyjnych;

8) Kable należy układać w taki sposób, aby w normalnych warunkach pracy nie wywoływały niepożądanych zjawisk w innych liniach kablowych. Kable ułożone obok siebie nie powinny się stykać.

Dopuszcza się stykanie ze sobą na całej długości kabli:

- a) sygnalizacyjnych z sygnalizacyjnymi,
- b) sygnalizacyjnych z kablami elektroenergetycznymi do 1 kV przyłączonymi do tego samego odbiornika,
- c) elektroenergetycznych jednożyłowych stanowiących jednotorową linię kablową,
- d) elektroenergetycznych przeznaczonych do zasilania urządzeń oświetleniowych,
- e) elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1 kV, jeżeli kable te nie rezerwują się wzajemnie;

9) Wymaga się, aby kable jednożyłowe, obciążone prądem przemiennym o powłokach metalowych lub kable jednożyłowe opancerzone lub kable jednożyłowe z żyłą powrotną były układane tak, aby nagrzewanie kabli przez indukowane prądy było jak najmniejsze;

10) Osłony oraz zamocowania kabli jednożyłowych powinny być wykonane z materiału niemagnetycznego oraz powinny być dostosowane do sił dynamicznych występujących przy zwarcjach w danej linii. Dopuszcza się stosowanie osłon i zamocowań wykonanych z materiału magnetycznego, jeżeli nie tworzą zamkniętych obwodów magnetycznych. W osłonie z materiału magnetycznego dopuszcza się ułożenie kabli jednożyłowych tworzących trójżyłową linię kablową;

11) Jeżeli kable układa się pionowo lub pochyło, to powinny być one tak zamocowane, aby siła naciągu nie wywoływała nadmiernych naprężeń w kablu, nie powodowała osiowego przesunięcia kabla i jego elementów budowy i aby miejsca połączeń, tj. mufy i głowice nie były narażone na naprężenia wzdłużne. Jeżeli nie można uniknąć siły naciągu w miejscu łączenia kabli opancerzonych drutami, to do łączenia tych kabli należy stosować mufy przystosowane do przenoszenia naciągu, uniemożliwiające połączenie pancerzy obu odcinków kabli. W przypadku łączenia innych kabli należy przy mufie zostawić zapas wystarczający do skompensowania możliwych przesunięć kabla.

OZNACZENIE KABLI

Przy oznaczeniu kabli powinny być spełnione następujące wymagania:

- 1) Kable ułożone w ziemi powinny być na całej długości trasy kablowej zaopatrzone w trwałe oznaczniki (opaski kablowe) rozmieszczone w odstępach nie większych niż 10 m oraz przy mufach i w miejscach charakterystycznych, np. przy skrzyżowaniach i wejściach do kanałów;
- 2) Kable ułożone w powietrzu należy zaopatrzyć w trwałe oznaczniki (opaski kablowe) przy głowicach, urządzeniach oraz miejscach i odstępach zapewniających jednoznaczną identyfikację kabla lub linii kablowej;
- 3) Kable sterownicze i sygnalizacyjne układane w obiektach i na terenach wydzielonych stacji i rozdzielni elektroenergetycznych, należy zaopatrzyć w trwałe oznaczniki na trasie kabla oraz na początku i końcu kabla, w pobliżu przyłączenia kabli do listwy zaciskowej.

Na oznacznikach należy umieścić trwałe napisy zawierające:

- a) numer ewidencyjny linii (nazwa) lub nazwy obiektów (urządzeń, które linia łączy,
- b) typ kabla,
- c) skrót lub znak firmowy użytkownika kabla i ewentualnie dane kontaktowe;
- d) rok ułożenia kabla.

Umieszczanie danych dotyczących długości linii kablowej, powinno być zgodne z kierunkiem zasilania podanym w projekcie.

Wymaga się, aby trasa kabli ułożonych w ziemi na terenach niezabudowanych była dodatkowo oznaczona nad powierzchnią ziemi, przy użyciu trwałych i widocznych oznaczników betonowych lub wykonanych z tworzywa sztucznego, wyposażonych w trwałe napisy informujące o rodzaju ułożonego pod nimi kabla.

Na prostych odcinkach trasy kabla oznaczniki powinny być rozmieszczone w odstępach nie większych niż 100 m. Oznaczniki zewnętrzne należy umieszczać również w miejscach zmiany kierunku ułożenia kabla, a także w miejscu skrzyżowań.

Położenie linii kablowych przy skrzyżowaniach z rzekami spławnymi i/lub żeglownymi należy oznaczyć na obu brzegach trwałymi tablicami ostrzegawczymi, dobrze widocznymi ze środka rzeki.

OZNACZANIE TRASY LINII KABLOWYCH W ZIEMI

- 1) Wymaga się, aby trasa linii kablowych ułożonych w ziemi, na całej długości linii i na określonej wysokości nad powierzchnią zewnętrzną kabli lub osłon, była oznaczona za pomocą perforowanej taśmy o trwałym kolorze:
 - a) niebieskim – dla kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii do 1 kV ($U_N \leq 1 \text{ kV}$).
 - b) czerwonym – kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii wyższym niż 1 kV ($U_N > 1 \text{ kV}$).
- 2) Odpowiednio dobrana taśma powinna być ułożona w wykopie nad linią kablową (rurą, osłoną), w odległości nie mniejszej niż 25 cm i nie większej niż 40 cm;
- 3) Taśmę można również układać 10-15 cm nad powierzchnią betonitu lub nad płytami stanowiącymi ochronę mechaniczną kabla;
- 4) Krawędzie ułożonej taśmy powinny wystawać poza zewnętrzną krawędź trasy ułożonych kabli. Oś szerokości taśmy powinna odpowiadać osi wiązki kabli lub osi pojedynczego kabla linii;
- 5) Jeżeli kable ułożone są w układzie płaskim należy wówczas stosować taśmy o szerokościach dostosowanych do obszaru zajętego przez linię kablową;
- 6) Nie wymaga się oznaczenia taśmami perforowanymi trasy odcinków linii kablowej ułożonej w przewiertach lub w przeciskach.

BUDOWA I UKŁADANIE TAŚM PERFOROWANYCH

Wymaga się, aby taśmy były wykonane z polietylenu lub materiału o równoważnych właściwościach, o grubości taśmy zawartej pomiędzy 0,5 mm a 0,7 mm. Powtarzalny moduł taśmy powinien obejmować część opisową i część perforowaną. Część opisowa powinna stanowić 10% do 20% długości modułu. Powierzchnia wyperforowanych w taśmie otworów dla każdego modułu powinna wynosić co najmniej 35% do 45% powierzchni całkowitej modułu (łącznie z częścią opisową).

Perforację należy wykonać z wykorzystaniem otworów o dwóch różnych, ustalonych średnicach. Średnica większego otworu znajdującego się w osi taśmy powinna mieć ustalony wymiar z zakresu 25-35 mm, natomiast mniejszy otwór powinien mieć ustaloną średnicę z zakresu 8-16 mm. Odległości między otworami w dowolnym miejscu powinna być nie mniejsza niż 8 mm. Wymaga się, aby boki taśmy były pełne, szerokość boku od krawędzi taśmy nie powinna być mniejsza od 1,5 cm. Należy stosować taśmy o czterech znormalizowanych szerokościach 20, 30, 40 i 50 cm. Wydłużenie taśm podczas próby zrywania w temperaturze 18-25 °C nie może być mniejsze niż 400%.

Taśmy należy oznaczyć trwałym znakiem ostrzegawczym (*znak błyskawicy*) oraz ostrzeżeniem z napisem „**UWAGA KABEL nn**” (dla taśmy niebieskiej) i „**UWAGA KABEL WN**” (dla taśmy czerwonej). Drukowany znak ostrzegawczy i napisy powinny być wykonane po obu stronach taśmy, na każdym bieżącym powtarzalnym module. Wysokość dużych liter opisu powinna wynosić co najmniej 4 cm.

W części opisowej taśmy lub/i nieperforowanych bokach należy podać:

- a) kierunek i oznaczenie długości taśmy co 0,5 cm (licznik długości i kierunek jej zwiększania);
- b) napis N SEP-E-004:2014 (dla informacji, że taśma wykonana wg wymagań niniejszej Normy);
- c) nazwa producenta taśmy lub jego znak firmowy.

Wysokość znaków opisu danych powinna wynosić co najmniej 1,5 cm. W celu lokalizacji przebiegu trasy linii kablowej dopuszcza się, aby taśmy były wyposażone w dodatkowe środki identyfikujące z zastosowaniem np. materiałów odblaskowych lub aktywnych lub pasywnych znaczników, o ile obecność pola magnetycznego wokół kabli nie będzie szkodziła ich pracy.

OCHRONA KABLI

Kable układane miejscach, w których w zwykłych warunkach użytkowania przewiduje się występowanie naprężeń mechanicznych mogących spowodować uszkodzenie kabla, kabel należy układać w osłonach.

W szczególności należy chronić kable:

- a) ułożone na mostach, wiaduktach i przyczółkach;
- b) ułożone w ziemi pod drogami, torami, itp.
- c) ułożone na wysokości nieprzekraczającej 250 cm w miejscach dostępnych dla osób nienależących do obsługi urządzeń elektrycznych.

Kable o napięciu znamionowym nie większym niż 30 kV mogą być układane bez osłon:

- a) pod drogami z nawierzchnią rozbieralną,
- b) pod drogami zbiorczymi, lokalnymi, dojazdowymi z nawierzchnią nierozbieralną i szerokości nie większej niż 3 m, pod warunkiem ułożenia równoległe do trasy kablowej wolnej osłony. W miejscach wyjścia kabli z osłon powinny być one tak ułożone i zabezpieczone, aby nie były narażone na uszkodzenie, np. ścinanie i zgniatanie.

W środowisku o wysokim stopniu korozyjności należy stosować kable o powłokach zewnętrznych odpornych na korozję. Wszystkie połączenia elektryczne wykonane na zewnątrz linii kablowej powinny być zabezpieczone antykorozyjnie.

W strefach działania prądów błędnych należy stosować kable o powłokach lub osłonach odpornych na ich działanie.

Odcinki linii kablowej narażone na działanie promieni UV powinny być osłonięte lub wykonane kablami o powłokach lub osłonach odpornymi na ich działanie.

OSPRZĘT ELEKTROENERGETYCZNYCH LINII KABLOWYCH

Osprzęt elektroenergetycznych linii kablowych składa się z elementów przeznaczonych do łączenia, rozgałęzienia lub zakończenia kabli, np.:

mufy kablowe – muszą zapewnić właściwości elektryczne i mechaniczne połączenia nie gorsze od właściwości kabla. Konstrukcja mufy zależy od napięcia znamionowego, rodzaju kabla, liczby i przekroju żył oraz technologii wykonania. W sieciach SN stosuje się mufy przelotowe, łączące odcinki tego samego rodzaju kabla i przejściowe, łączące różne rodzaje kabli, jakimi są trójfazowe kable w izolacji papierowo – olejowej i jednofazowe kable w izolacji z tworzywa sztucznego. W sieci nn stosuje się mufy przelotowe i rozgałęźne;

złączki kablowe – do łączenia lub zakończenia żył roboczych i powrotnych;

głowice kablowe – muszą zapewniać właściwą wytrzymałość elektryczną i mechaniczną zakończenia kabla oraz uszczelnienie przed wilgocią i wyciekami syciwa. Ich konstrukcja zależy od napięcia znamionowego, przeznaczenia, liczby i przekroju żył, rodzaju izolacji i technologii wykonania.

UKŁADANIE KABLI W ZIEMI

Układanie kabli bezpośrednio w ziemi

Zgodnie z normą N-SEP-E-004:2014

- 1) Kable należy układać na dnie wykopu, jeżeli grunt jest piaszczysty, a w innych przypadkach kable należy układać na warstwie piasku o grubości nie mniejszej niż 10 cm. Po ułożeniu kable należy zasypać warstwą ubitego piasku o grubości co najmniej 10 – 15 cm, powyżej ich górnej powierzchni, a następnie warstwą piasku lub rodzimego gruntu;
- 2) Kable można również układać na warstwie lub w warstwie wypełnienia kontrolowanego o określonej rezystywności cieplnej np. w betonie;
- 3) Dopuszcza się stosowanie zamiast piasku innych mieszanin wypełniających pod warunkiem, że rezystywność cieplna piasku i mieszanin w stanie wysuszenia nie będzie większa od 2,5 K·m/W. Zaleca się jednak stosowanie mieszanin otaczających kable linii o rezystywności cieplnej w stanie wysuszenia nie większej od 2 K·m/W. Wymaga się, aby zastosowane mieszaniny posiadały świadectwo producenta potwierdzające ich własności elektryczne i cieplne w stanie wysuszenia i były ubite po zasypaniu do gęstości nie mniejszej niż ok. 1,6 t/m²;

- 4) W przypadku skrzyżowań oznaczenia linii krzyżujących się powinny znajdować się na tej samej wysokości;
- 5) Przy układaniu bednarki uziemiającej w tym samym wykopie, w którym ułożono kabel, bednarkę należy zakopać w dnie rowu kablowego na głębokości co najmniej 10 cm;
- 6) Do obliczeń obciążalności prądowej linii kablowej należy wziąć pod uwagę rodzaj i parametry cieplne warstw piaski i wypełnienia rowu kablowego.

GLĘBOKOŚĆ UŁOŻENIA KABLI W ZIEMI

Głębokość ułożenia kabli w ziemi, mierzona prostopadle od powierzchni ziemi do górnej powierzchni kabla, powinna wynosić:

50 cm – kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, ułożonych pod chodnikiem, drogą rowerową i przeznaczonych do oświetlenia ulicznego, oświetlenia znaków drogowych i sygnalizacji ruchu ulicznego oraz reklam itp.;

70 cm – kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, ułożonych poza użytkami rolnymi;

80 cm – kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV lecz nie wyższym niż 30 kV, ułożonych poza użytkami rolnymi;

90 cm – kabli o napięciu znamionowym do 30 kV, ułożonych na użytkach rolnych;

100 cm – kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV.

W przypadku, gdy głębokości te nie mogą być zachowane, np. przy wprowadzaniu kabli do budynku, to dopuszczalne jest ułożenie kabla na mniejszej głębokości, pod warunkiem zapewnienia na tym odcinku kabla, odpowiedniej osłony. Ułożenie kabla na mniejszej głębokości może mieć wpływ na obciążalność prądową linii i musi być uwzględnione w obliczeniach obciążalności prądowej linii.

Kable o napięciu znamionowym do 30 kV mogą być układane w ziemi, w dwóch lub więcej warstwach, głębokościach. Pionowa odległość między warstwami kabli powinna wynosić co najmniej 15 cm. Nie dopuszcza się warstwowego układania kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV, jeżeli odległość pionowa między warstwami jest mniejsza niż 70 cm i jeżeli linie należą do różnych właścicieli. Zaleca się możliwie szerokie przesunięcie osiowe warstw.

Układanie kabli wzdłuż dróg i ulic

Trasa kablowa powinna przebiegać poza częściami dróg i ulic przeznaczonych do ruchu kołowego, w odległości co najmniej 50 cm od jezdni. Odległość kabli od pni istniejących drzew lub projektowanego zadrzewienia należy uzgodnić z odpowiednimi władzami terenowymi.

Dopuszcza się układanie kabli w częściach ulic i dróg przeznaczonych do ruchu kołowego w osłonach na głębokości co najmniej:

80 cm – kabli o napięciu znamionowym do 30 kV,

100 cm – kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV.

Zastosowane osłony kabli ułożonych pod drogami i ulicami nie mogą utrudniać dokonywania napraw lub wymiany osłoniętego kabla.

Lp.	Charakterystyka kabli krzyżujących się i zbliżających	Najmniejsza dopuszczalna odległość [cm]	
		pionowa na skrzyżowaniu	pozioma przy zbliżeniu
1	Kable elektroenergetyczne o napięciu znamionowym do 1 kV z kablami o tym samym napięciu znamionowym lub kablami sygnalizacyjnymi	15	5*
2	Kable sygnalizacyjne i kable przeznaczone do zasilania urządzeń oświetleniowych z kablami tego samego przeznaczenia	5	mogą się stykać
3	Kable elektroenergetyczne o napięciu znamionowym do 1 kV z kablami elektroenergetycznymi o napięciu znamionowym $1 \text{ kV} < U_N \leq 30 \text{ kV}$	15	25
4	Kable elektroenergetyczne jednotorowej linii kablowej o napięciu znamionowym $1 \text{ kV} < U_N \leq 30 \text{ kV}$ z kablami tego samego przedziału napięć znamionowych linii		10
5	Kable różnych użytkowników o napięciu znamionowym do 30 kV		25
6	Kable z mufami innych kabli	nie dopuszcza się	jak lp. 1-5
7	Kable elektroenergetyczne o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV z innymi kablami	50	50

* dopuszcza się stykanie ze sobą na całej długości kabli:

- sygnalizacyjnych z sygnalizacyjnymi,
- sygnalizacyjnych z kablami elektroenergetycznymi do 1 kV przyłączonymi do tego samego odbiornika,
- elektroenergetycznych jednożyłowych stanowiących jednotorową linię kablową,
- elektroenergetycznych przeznaczonych do zasilania urządzeń oświetleniowych.

Odległości między kablami nie należącymi do tej samej linii kablowej

Lp.	Rodzaj urządzenia podziemnego	Najmniejsze dopuszczalne odległości [cm]			
		kable o napięciu znamionowym $U_N \leq 30 \text{ kV}$		kable o napięciu znamionowym $30 \text{ kV} < U_N \leq 110 \text{ kV}$	
		pionowa na skrzyżowaniu	pozioma przy zbliżeniu	pionowa na skrzyżowaniu	pozioma przy zbliżeniu
1	Rurociągi wodociągowe, ściekowe, ciepłe, gazowe z gazami niepalnymi	25 + średnica rurociągu	25 + średnica rurociągu	50 + średnica rurociągu	50 + średnica rurociągu
2	Rurociągi z gazami i cieczami palnymi	uzgodnić z właścicielem rurociągu, ale nie mniej niż w lp. 1			
3	Zbiorniki z gazami i cieczami palnymi	nie mogą się krzyżować	200	nie mogą się krzyżować	uzgodnić z właścicielem rurociągu, ale nie mniej niż 250
4	Części podziemne linii napowietrznych (ustój, podpora, odciążka)	nie mogą się krzyżować	40	nie mogą się krzyżować	100
5	Podziemne części budynków i innych budowli, np. przyczółki, z wyjątkiem urządzeń wyszczególnionych w lp. 1,2,3,4	nie mogą się krzyżować	50*	nie mogą się krzyżować*)	100
6	Skrajna szyna trakcji, rowy odwadniające w pasie technicznym kolei	100 - między osłoną kabla i stopą szyny; 50 - między osłoną kabla a dnem rowu odwadniającego	250*	120 - między osłoną kabla i stopą szyny; 80 - między osłoną kabla a dnem rowu odwadniającego	250
7	Urządzenia do ochrony budowli od wyładowań atmosferycznych	PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne			

* Dopuszcza się zmniejszenie odległości podanych w tabelicy 3 pod warunkiem zastosowania osłon otaczających i uzgodnienia odstępowstwa z użytkownikami obiektów.
*) Dopuszcza się w przypadku ułożenia kabli w tunelach, kanałach, kanalizacji kablowej, osłonach otaczających (rurach), po uzgodnieniu z właścicielami budynków lub budowli.

Odległości kabli elektroenergetycznych
i sygnalizacyjnych
ułożonych bezpośrednio w ziemi, od innych urządzeń
podziemnych

SKRZYŻOWANIA I ZBLIŻENIA KABLI MIĘDZY SOBĄ I Z INNymi OBIEKTAMI LUB PRZESZKODAMI NATURALNYMI

Wymaga się, aby skrzyżowania kabli z drogami ulicami, szosami, torami szynowymi, rzekami, kanałami i szlakami wodnymi oraz urządzeniami podziemnymi i innymi kablami, wykonać pod kątem zbliżonym do 90° i w miarę możliwości w najwęższym miejscu krzyżowanego urządzenia. W zależności od zastosowanej techniki wykonania skrzyżowania dopuszcza się zmniejszenie tego kąta do 30° .

Kable elektroenergetyczne i sygnalizacyjne ułożone bezpośrednio w ziemi powinny być chronione przed uszkodzeniem w miejscu skrzyżowania i na długości co najmniej po 100 cm w obie strony od miejsca skrzyżowania, za pomocą osłony.

Zaleca się aby w czasie budowy linii kablowych w miejscu skrzyżowania z drogami, ulicami, torami szynowymi, ułożyć rezerwowe osłony dla potrzeb wymiany w trakcie eksploatacji odcinków linii kablowych (co najmniej jedną rurę na jeden tor).

1) Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli między sobą.

Jeżeli odległości nie mogą zostać zachowane z uzasadnionych powodów, dopuszcza się ich zmniejszenie pod warunkiem, że każdy z krzyżujących się kabli elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych ułożony bezpośrednio w ziemi będzie chroniony przed uszkodzeniem w miejscu skrzyżowania i na długości co najmniej 50 cm w obie strony od skrzyżowania osłoną otaczającą, a przy zbliżeniu przegrodą.

2) Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń z rurociągami

Odległości kabli na skrzyżowaniu z rurociągami powinny spełniać wymagania ale mogą zostać zmniejszone pod warunkiem:

- a) wykonania osłony, jeżeli kabel jest ułożony nad rurociągiem,
- b) zastosowanie osłony otwartej lub przykrycia od góry nad kablem, jeżeli kabel jest ułożony pod rurociągiem.

3) Wykonanie skrzyżowań z drogami kołowymi

Skrzyżowania kabli z drogami kołowymi należy wykonać po zapewnieniu odpowiedniej ochrony kabli przed uszkodzeniami mechanicznymi. Odległość pionowa między górną częścią osłony otaczającej lub kablem a górną powierzchnią drogi powinna być nie mniejsza niż 80 cm przy układaniu kabli o napięciu znamionowym $U_N \leq 30$ kV, natomiast nie mniejsza niż 100 cm przy układaniu kabli o napięciu znamionowym $U_N > 30$ kV.

Odległość między górną częścią osłony kabla a dnem rowu odwadniającego powinna wynosić co najmniej 50 cm w przypadku kabli o napięciu znamionowym $U_N \leq 30$ kV oraz co najmniej 80 cm w przypadku kabli o napięciu znamionowym $U_N > 30$ kV.

Osłony powinny wystawać poza:

- a) krawężnik lub krawędź jezdni na długość co najmniej 50 cm z każdej strony w przypadku kabli o napięciu znamionowym do 30 kV oraz co najmniej 100 cm w przypadku kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV;
- b) rów odwadniający lub nasyp drogi co najmniej 100 cm z każdej strony bez względu na wartość napięcia znamionowego linii.

4) Wykonanie skrzyżowań lub zbliżeń kabli z torami szynowymi

Skrzyżowania kabli z torami szynowymi należy wykonać po zapewnieniu odpowiedniej ochrony kabli przed uszkodzeniami mechanicznymi. W miejscu skrzyżowania z torami szynowymi kable należy chronić również przed korozją. Odległość między osłoną kabla i stopą szyny trakcyjnej oraz między osłoną kabla a dnem rowu odwadniającego tor kolejowy lub tramwajowy powinna być zgodna z postanowieniami

Osłony powinny być wyprowadzone na długość co najmniej 100 cm z każdej strony toru, poza krawędź rowu lub nasypu.

5) Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli z rzekami i innymi szlakami wodnymi

Przy skrzyżowaniu kabli z rzekami (szlakami wodnymi) kabel powinien być ułożony na prostym i głębokim odcinku rzeki, na którym dno i brzegi nie podlegają podmywaniu. W miejscu wyjścia kabla spod wody należy go chronić osłoną na odcinku od najniższego do najwyższego powodziowego poziomu wody, z zapasem co najmniej 100 cm z każdej strony, ponadto na brzegach rzeki i szlaków wodnych kabel powinien być umocowany i chroniony przed odsłonięciem, które może powstać na skutek naruszenia linii brzegowej.

W przypadku skrzyżowania ze szlakami wodnymi:

a) spławnymi i żeglownymi, kabel powinien być zagłębiony na całej długości w dno na co najmniej 100 cm. nie wliczając w to warstw zamulenia, oraz zasypany żwirem i kamieniami; jeżeli dno jest skaliste i głębokość wody przekracza 4 m, to dopuszczalne jest ułożenie kabla bezpośrednio na dnie tak, aby dotykał on dna na całej jego długości oraz był zabezpieczony przed przesuwaniem i uszkodzeniem;

b) niespławnymi, przy długości skrzyżowania nie przekraczającej 20 m, kabel o napięciu znamionowym do 30 kV powinien być ułożony na dnie w osłonie lub zagłębiony w dno na głębokość 50 cm; przy długości skrzyżowania powyżej 20 m, kabel powinien być zagłębiony na całej długości w dno na głębokość co najmniej 50 cm. Niezależnie od długości skrzyżowania kable 110 kV powinny być zagłębione w dno wykopu na głębokości co najmniej 100 cm. Dopuszcza się również wykonanie skrzyżowania ze szlakami niespławnymi za pomocą estakady kablowej;

c) należy unikać krzyżowania rzeki w odległości mniejszej niż 50 m poniżej stopni wodnych, przełomów i innych konstrukcji zaburzających nurt i powodujących znaczne rozmywanie koryta rzeki.

Szlak wodny		Głębokości od dna (nie wliczając warstw zamulenia) [cm]	Napięcie znamionowe kabla	Uwagi
Spławny i żeglugowy bez względu na szerokość		min. 100 cm	nie określa się	Kabel musi być zagłębiony w dno na całej długości oraz zasypany żwirem i kamieniami. W przypadku skalistego dna i głębokości szlaku przekraczającej 4 m, można kabel ułożyć bezpośrednio na dnie - musi dotykać dna na całej swej długości oraz być zabezpieczony przed przesuwaniem i uszkodzeniem
Niespławny	O szerokości ≤ 20 m	50 cm	$U_N \leq 30$ kV	Kabel powinien być ułożony na dnie w osłonie otaczającej lub zagłębiony w dno
	O szerokości > 20 m	min. 50 cm	$U_N \leq 30$ kV	Kabel powinien być zagłębiony w dno
	O szerokości nieokreślonej	min. 100 cm	$30 \text{ kV} < U_N \leq 110 \text{ kV}$	

Minimalne odległości przy skrzyżowaniu kabli ze szlakami wodnymi

6) Zbliżenia kabli z urządzeniami do ochrony budowli od wyładowań atmosferycznych

W przypadku konieczności ułożenia kabla w ziemi lub kanale w pobliżu urządzeń do ochrony budowli od wyładowań atmosferycznych należy zastosować środki ochrony przedstawione w normie PN-EN 62305-1:2011 Ochrona odgromowa — Część 1: Zasady ogólne.

ZABEZPIECZENIE LINII KABLOWEJ PRZED USZKODZENIEM MECHANICZNYM

Wymaga się, aby linie kablowe o napięciu 110 kV ułożone w ziemi były zabezpieczone przed uszkodzeniem mechanicznym. Jako zabezpieczenie należy stosować betonowe płyty (np. chodnikowe o wymiarach boków nie mniejszych niż 40 cm), układane nad najwyżej położonym kablem lub jego osłoną w odległości 15-30 cm lub 10-15 cm nad powierzchnią betonitu otaczającego linię kablową.

Dopuszcza się dla linii kablowych o napięciu znamionowym poniżej 110 kV zastosowanie płyt z tworzyw sztucznych (np. kompozytowych) o wytrzymałości na zginanie co najmniej 10 kN, jako dodatkowych osłon przed uszkodzeniem mechanicznym. Osłony te powinny być układane 15-20 cm nad najwyżej położonym kablem.

Rezystywność cieplna płyt kompozytowych o kształcie jednostronnie zagłębionego wielościanu, stosowanych jako osłony dla linii kablowych o napięciu mniejszym od 110 kV, powinna być mniejsza od 1,5 K·m/W, w stanie suchym. Grubość dna płyty powinna wynosić 1 cm, natomiast jednostronna krawędź powinna mieć wysokość 3 cm i wystawać 2 cm ponad dno zagłębienia płyty. Płyty o kształcie prostokąta o wymiarach 25 x 50 cm, mogą być układane stosownie do szerokości linii, krawędzią do góry. Każda płyta powinna być oznaczona trwałym znakiem ostrzegawczym (znak błyskawicy).

UKŁADANIE KABLI W OSŁONACH UMIESZCZONYCH W ZIEMI

Wymaga się, aby osłony ułożone w ziemi były ze sobą szczelnie połączone tak, aby nie przedostawała się do ich wnętrza woda i aby nie były zamulane. W jednej osłonie powinien być ułożony tylko jeden kabel; nie dotyczy to kabli jednożyłowych tworzących układ wielofazowy, kabli sygnalizacyjnych oraz kabli elektroenergetycznych i kabli sygnalizacyjnych przyłączonych do tego samego urządzenia – mogą one być umieszczone w jednej osłonie. Kable jednożyłowe o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV powinny być ułożone w oddzielnych osłonach.

Średnica wewnętrzna osłony powinna być równa co najmniej 1,5-krotnej zewnętrznej średnicy wprowadzonego kabla, jednak nie mniejsza niż 50 mm. W przypadku ułożenia kilku kabli w jednej osłonie, powierzchnia otworu nie powinna być mniejsza niż trzykrotna suma powierzchni przekrojów ułożonych kabli.

Miejsca wprowadzenia kabli do osłon powinny być uszczelnione, a kable zabezpieczone przed uszkodzeniem.

Zaleca się, aby kolor osłon rurowych odpowiadał napięciom znamionowym linii kablowych i był zgodny z kolorem taśm znakujących trasę linii kablowych – określonych jako:

- a) niebieskie – dla kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii do 1 kV ($U_N \leq 1$ kV).
- b) czerwone – kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii wyższym niż 1 kV ($U_N > 1$ kV).

GŁĘBOKOŚĆ UMIESZCZANIA OSŁON W ZIEMI

Głębokość umieszczenia osłon w ziemi, mierzona od powierzchni terenu do górnej powierzchni osłony linii kabla o napięciu znamionowym nie wyższym niż 30 kV, powinna wynosić co najmniej:

40 cm – przy układaniu kabli pod chodnikami;

80 cm – przy układaniu kabli w częściach dróg i ulic przeznaczonych do ruchu kołowego.

Dopuszcza się zmniejszenie podanych głębokości o 10-15 cm:

- a) przy układaniu kabli pod chodnikami,
- b) przy układaniu kabli w częściach dróg i ulic przeznaczonych do ruchu kołowego.
- c) przy napotkaniu przeszkody lub istniejącej budowli na trasie kabla, której nie można usunąć lub obejść z zachowaniem wymaganych odległości.

Zmniejszona głębokość ułożenia powinna być wzięta pod uwagę podczas obliczeń obciążalności prądowej linii. Głębokość umieszczenia osłon w ziemi, mierzona od powierzchni terenu do górnej powierzchni osłony linii kablowej o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV, powinna wynosić co najmniej 100 cm.

Do wypełnienia osłon kabla (rury) w celu zwiększenia obciążalności prądowej kabli umieszczonych w rurach oraz usztywnienia ułożenia kabli stosuje się bentonit kablowy, który jest mieszaniną naturalnych i neutralnych dla środowiska surowców o kontrolowanym przemiele.

Rezystywność cieplna zestalonego bentonitu kablowego w stanie wysuszenia nie powinna być większa od $1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$.

Materiał wyjściowy jest dostarczany na plac budowy w stanie wysuszonej mieszaniny, po upłynnieniu wodą, wpompowany do rur wypełnia wszystkie wolne przestrzenie wewnątrz rury z kablem podczas budowy linii oraz została się podczas eksploatacji. W razie potrzeby materiał ten można wypłukać strumieniem wody, umożliwiając wyciągnięcie kabla z rury.

UKŁADANIE KABLI W KANAŁACH I TUNELACH

W kanałach i tunelach kablowych należy stosować kable o zwiększonej odporności na rozprzestrzenianie się płomienia. Kable można układać na konstrukcjach wsporczych, na ścianach (w odległości co najmniej 1 cm od ściany) i na dnie kanału lub tunelu.

Dopuszcza się układanie kabli na konstrukcjach lub uchwytych podwieszonych do stropu tunelu. Nie należy układać kabli w miejscach przeznaczonych do poruszania się obsługi.

Przejścia kabli przez przegrody w tunelach powinny być uszczelnione materiałem niepalnym. Dopuszcza się zasypywanie kanałów kablowych piaskiem, szczególnie w przypadkach zagrożenia wybuchem lub pożarem.

ROZMIESZCZENIE KABLI

Kable o różnych napięciach znamionowych (U_N do 30 kV) lub kable sygnalizacyjne powinny być ułożone na oddzielnych półkach w następującej kolejności od dołu:

- 1) kable sygnalizacyjne,
- 2) kable elektroenergetyczne o napięciu znamionowym do 1 kV,
- 3) kable elektroenergetyczne o najwyższym napięciu znamionowym,
- 4) kable elektroenergetyczne o kolejnym niższym napięciu znamionowym.

Dopuszcza się ułożenie obok siebie na wspólnej półce kabli:

- a) elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1 kV i sygnalizacyjnych, jeżeli kable te należą do tego samego urządzenia;
- b) elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1 kV i sygnalizacyjnych, jeżeli kable te nie należą do tego samego urządzenia, pod warunkiem umieszczenia pomiędzy nimi przegrody metalowej;
- c) elektroenergetycznych o napięciu wyższym niż 1 kV i kabli sygnalizacyjnych należących do tego samego urządzenia, pod warunkiem umieszczenia pomiędzy nimi przegrody metalowej.

Kable o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV powinny być prowadzone odrębnymi trasami.

Dopuszcza się ułożenie kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV wspólną trasą pod warunkiem oddzielenia ich od innych kabli przegrodą ognioodporną o wytrzymałości ogniowej 60°.

Odległość między kablami lub wiązkami kabli elektroenergetycznymi o tym samym napięciu znamionowym (U_N do 30 kV) powinna być nie mniejsza niż:

- a) średnica zewnętrzna ułożonego obok kabla o większej średnicy,
- b) dwukrotna średnica kabla jednożyłowego ułożonego w wiązce kabli tworzących układ wielofazowy.

Odległość między kablami elektroenergetycznymi o różnych napięciach znamionowych (nie wyższych niż 30 kV) oraz pomiędzy warstwami kabli elektroenergetycznych o tych samych lub różnych napięciach znamionowych powinny być nie mniejsze niż 15 cm. Dotyczy to również odległości między warstwami kabli elektroenergetycznych i warstwami kabli sygnalizacyjnych.

MOCOWANIE KABLI

Kable mogą być układane na konstrukcjach wsporczych mocowanych do ścian, stropów lub posadzek.

Kable układane na ścianach i pod stropami powinny być mocowane za pomocą uchwytów lub wieszaków. Uchwyty lub wieszaki nie powinny powodować uszkodzeń ani deformacji kabli. Na konstrukcjach wsporczych poziomych kable o napięciu znamionowym do 1 kV mogą być ułożone swobodnie, a na konstrukcjach wsporczych pionowych lub pochyłych powinny być mocowane w sposób uniemożliwiający ich swobodne przemieszczanie.

Odległość między miejscami zamocowania lub zawieszenia kabla powinna być tak dobrana, aby kabel nie załamywał się i nie był nad nadmiernie naprężony pod własnym ciężarem. Zaleca się, aby zwis kabli nie przekraczał 5% odległości między zamocowaniami. Zaleca się, aby odległość między miejscami zamocowania zawieszenia lub podparcia kabla nie była większa niż 6-krotna zewnętrzna średnica kabla.

Dopuszcza się, aby odległość między zamocowaniami kabli o napięciu znamionowym linii do 30 kV nie przekraczała:

80 cm – przy układaniu poziomym lub pochyłym pod kątem nie większym niż 30° ;

120 cm – przy układaniu pionowym lub pochyłym pod kątem większym niż 30° .

Zaleca się mocować kable po obu stronach mufy i pod głowicą kablową w odległości odpowiednio nie większej niż 30 – 50 cm.

SKRZYŻOWANIA KABLI W TUNELACH I KANAŁACH

Należy unikać wzajemnego krzyżowania się kabli w kanałach i tunelach. Przy skrzyżowaniach w tunelach i kanałach kabli różnych użytkowników, zaleca się układanie ich na różnych poziomach. W przypadku konieczności skrzyżowania grup kabli ułożonych na przeciwległych ścianach tunelu na jednym poziomie, odległość między warstwami kabli powinna wynosić co najmniej 15 cm. W miejscu skrzyżowania tuneli lub kanałów położonych na jednym poziomie, kable obu tuneli (kanałów) powinny być oddzielone od siebie osłonami na całej długości skrzyżowania.

WYKORZYSTYWANIE KANAŁÓW KABLOWYCH I TUNELI DO PROWADZENIA W NICH RUROCIĄGÓW

Dopuszcza się wykorzystanie kanałów kablowych i tuneli do prowadzenia w nich rurociągow wodnych, wentylacyjnych, kanalizacyjnych i gazów niepalnych oraz rurociągow z gazami palnymi, jeśli odpowiednie przepisy dotyczące układania rurociągow zezwalają na układanie ich wspólnie z kablami określonych napięć i typów.

Tunele lub kanały kablowe, w których są prowadzone rurociągi gazowe, muszą być wyposażone w urządzenia wykrywające i sygnalizujące ulatnianie się gazu z rurociągu (nie dotyczy to rurociągow ze sprężonym powietrzem). Dopuszcza się również układanie kabli w kanałach i tunelach rurociągow cieplnych, przy czym przekrój żył i typ tych kabli powinien być dobrany z uwzględnieniem oddziaływania cieplnego.

UKŁADANIE KABLI NA MOSTACH, WIADUKTACH, MOLACH, NABRZEŻACH I ESTAKADACH KABLOWYCH

Na mostach, wiaduktach, molach i nabrzeżach należy układać kable opancerzone drutami stalowymi. Dopuszcza się układanie kabli nieopancerzonych w osłonach lub w kanałach. Na mostach drewnianych należy układać kable o osłonach z materiału nierozprzestrzeniającego płomieni. Na mostach, wiaduktach, molach i nabrzeżach należy układać kable tak, aby:

- a) nie powodowały zmniejszenia wytrzymałości mechanicznej mostu, mola, nabrzeża lub wiaduktu;
- b) były chronione przed uszkodzeniami mechanicznymi podczas użytkowania oraz w czasie prac konserwacyjnych i remontowych mostu, mola, nabrzeża lub wiaduktu. Izolacyjne powłoki kabli 110 kV układanych na estakadach powinny być pokryte wytłoczoną lub nałożoną warstwą przewodzącą, uodpornioną na działanie promieniowania ultrafioletowego.

Sposoby układania kabli

Na mostach, molach i nabrzeżach kable należy układać:

- na konstrukcjach,
- pod chodnikami,
- w kanałach.

Zaleca się układanie kabli w osłonach. W miejscach narażenia kabli na naprężenia mechaniczne, należy je układać z zapasem umożliwiającym kompensowanie zmian wywołanych warunkami otoczenia. Na estakadach kable należy układać na konstrukcjach wsporczych. Przy budowie linii kablowej na mostach, wiaduktach, molach i estakadach kablowych nie zaleca się wykonywania muf kablowych. W przypadkach koniecznych mufy powinny być umiejscowione i mocowane na specjalnych konstrukcjach (podestach).

UKŁADANIE KABLI POSIADAJĄCYCH CECHY OGNIODPORNOŚCI

Przy projektowaniu i budowie linii kablowych z wykorzystaniem kabli posiadających cechę ogniodporności, należy spełniać wymagania wynikające z ustaleń z inwestorem oraz rzeczoznawcą ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych.

Kable posiadające cechę ogniodporności należy układać na konstrukcjach wsporczych, które wraz z kablem stanowią ogniodporny zespół kablowy posiadający atest wydany przez certyfikowaną jednostkę badawczą. Kable posiadające cechę ogniodporności prowadzone poziomo lub pochyło pod kątem mniejszym niż 15° od poziomu należy układać w korytkach, na drabinkach lub w uchwytych, natomiast kable ogniodporne prowadzone pochyło pod kątem większym niż 15° od poziomu lub prowadzone pionowo, należy mocować w uchwytych przymocowanych do konstrukcji wsporczych lub bezpośrednio do ścian.

Konstrukcje wsporcze korytek i drabinek powinny mieć dodatkowo drugi punkt podparcia lub zawieszenia. Kotwy, kołki i śruby mocujące konstrukcje wsporcze i uchwyty powinny mieć odporność ogniową zapewniającą ich poprawne funkcjonowanie do czasu zgodnie z przeznaczeniem.

Trasy kabli należy tak wyznaczać, aby w razie pożaru kable nie były narażone na spadające z góry przedmioty.

UKŁADANIE KABLI W BUDYNKACH

W budynkach należy układać kable o zwiększonej odporności na rozprzestrzenianie się płomienia. Przy przejściu przez ściany, stropy i inne przegrody należy stosować osłony z materiałów trudnopalnych. Kable w budynkach należy układać:

- a) bezpośrednio przy ścianach i pod sufitami na odpowiednio przygotowanych konstrukcjach nośnych,
- b) w kanałach kablowych, w ścianach, stropach, lub pod posadzkami, w osłonach lub bez osłon, w sposób umożliwiający demontaż kabli. Trwale wmurowanie kabli w ściany, posadzki lub stropy jest zabronione.

Przy wprowadzeniu do budynku kabel powinien być zabezpieczony przed uszkodzeniami mechanicznymi osłoną o średnicy wewnętrznej większej o co najmniej 50% od średnicy zewnętrznej kabla. Osłony powinny przechodzić przez całą grubość fundamentu lub ściany budynku ze spadem w kierunku zewnętrznym. Miejsce wprowadzenia kabla do budynku należy zabezpieczyć przed przedostawaniem się wody do wnętrza budynku.

Przejścia kabli przez ściany wewnętrzne i stropy budynków należy uszczelnić materiałem trudnopalnym o odporności ogniowej nie mniejszej niż odporność ogniowa ścian i stropów dzielących pomieszczenia, w którym zostało zastosowane.

W przypadku przejścia kabli przez ściany lub stropy oddzielające pomieszczenia wilgotne, niezabezpieczone pod względem wybuchowym lub w których istnieją pary i gazy żrące, otwory przepustowe należy wypełnić materiałem odpornym na te czynniki. W pomieszczeniach zagrożonych wybuchem lub pożarem należy wykonać przepusty oddzielne dla każdego kabla.

W przypadku, gdy trasa kabla przechodzi przez ściany lub stropy ognioodporne, to konstrukcje wsporcze należy zakończyć z każdej strony w odległości co najmniej 10 cm od ściany lub stropu.

Odległość między krzyżującymi się kablami i przewodami izolowanymi powinna wynosić co najmniej:

5 cm – dla kabli o napięciu znamionowym do 1 kV;

15 cm – dla kabli o napięciu znamionowym $1 \text{ kV} > U_N \leq 30 \text{ kV}$.

Kable o napięciu znamionowym $U_N > 30 \text{ kV}$ powinny być oddzielone od innych kabli przegrodą.

ODLEGŁOŚCI KABLI ELEKTROENERGETYCZNYCH I SYGNALIZACYJNYCH OD RUROCIĄGÓW W BUDYNKACH

Najmniejsze dopuszczalne odległości kabli elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych od rurociągów w budynkach przedstawiono w tabelicy 6. Jeżeli zachowanie tych odległości z uzasadnionych przyczyn jest niemożliwe, to kable należy chronić przed uszkodzeniami mechanicznymi osłonami otaczającymi na całej długości skrzyżowania lub zbliżenia dodając, co najmniej po 50 cm z każdej strony, a w przypadku rurociągów z płynami palnymi co najmniej po 100 cm.

W sztybach kablowych kable należy układać na konstrukcjach wsporczych lub bezpośrednio na ścianie. Kable do konstrukcji, jak również do ściany, należy mocować za pomocą uchwytów. Kable powinny być mocowane pojedynczo. Dopuszcza się mocowanie wiązek kabli w pojedynczym uchwycie kablowym. Dopuszczenie to nie dotyczy kabli ognioodpornych. Mocowania kabli powinny zapewnić trwałość mechaniczną i nie powodować deformacji kabla.

Lp.	Rodzaje rurociągów	Najmniejsza dopuszczalna odległość od rurociągów [cm]	
		nie wymagających okresowej konserwacji	wymagających okresowej konserwacji*
1	Rurociągi powietrza sprężonego, wentylacyjne wodociągowe, gazów palnych o ciśnieniu do 0,04 MPa	20	100
2	Rurociągi ciepłne izolowane wodne i parowe	50	100
3	Rurociągi ciepłne nieizolowane wodne i parowe	120	120
4	Rurociągi z cieczami palnymi	100	150
5	Inne urządzenia technologiczne	100	150

* Odcinki rurociągów z zaworami, zasuwanami itp. armaturą, należy uważać za wymagające okresowej konserwacji

Odległości kabli od rurociągów w budynkach

ZASADY EKSPLOATACJI LINII KABLOWYCH

Przyjęcie linii kablowej do eksploatacji wymaga spełnienia następujących warunków:

- 1) sprawdzenia kompletności i zgodności z wymaganiami dostarczonej dokumentacji technicznej,
- 2) sprawdzenia budowy linii wraz z urządzeniami dodatkowymi i jej zgodności z dostarczoną dokumentacją,
- 3) wykonania badań odbiorczych,
- 4) sporządzenia protokołu przyjęcia linii do eksploatacji.

W odniesieniu do linii kablowych o podstawowym znaczeniu wykonuje się pomiar rezystancji pętli żył oraz pomiar pojemności żył. Dokumentacja techniczna linii kablowej powinna obejmować:

- a) projekt techniczny wraz z uzgodnieniami,
- b) rysunki wykonawcze.

Dokumentacja eksploatacyjna linii kablowej powinna zawierać:

- a) dokumenty przyjęcia linii do eksploatacji,
- b) kartę ewidencyjną linii,
- c) szczegółową instrukcję ruchu i eksploatacji,
- d) wykaz urządzeń i części zamiennych,
- e) szczegółowe plany linii wykonane w podziałce 1:250 w zakresie ustalonym instrukcją eksploatacji,
- f) zbiorcze plany sieci kablowej o podziałce 1:10 000 dla sieci o napięciu wyższym od 1 kV lub 1:50 000 dla sieci do 1 kV.

Badania odbiorcze linii kablowej obejmują:

- a) sprawdzenie czy kable, osprzęt i materiały pomocnicze zastosowane do budowy linii odpowiadają warunkom odbioru technicznego” (WOT) i wymaganiom właściwych norm,
- b) sprawdzenie czy budowa linii odpowiada wymaganiom norm przedmiotowych,
- c) sprawdzenie ciągłości żył i powłok metalowych, pomiar rezystancji izolacji linii,
- d) badanie wytrzymałości elektrycznej,
- e) pomiar prądu upływu dla kabli o napięciu wyższym niż 1 kV.

PROGRAM PRACY

Eksploatacja linii kablowych o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV powinna być prowadzona w oparciu o program pracy. Na polecenie kierownika jednostki organizacyjnej program pracy może być również opracowany dla linii o napięciu do 1 kV. W programie pracy należy określić:

- a) układy połączeń sieci dla ruchu w warunkach normalnych i przy zakłóceniach,
- b) wymagane poziomy napięć,
- c) wartości mocy zwarciowej,
- d) rozływ mocy czynnej i biernej,
- e) dopuszczalne obciążenia,
- f) nastawienia zabezpieczeń i automatyki łączeniowej,
- g) ograniczenia poboru mocy, stałe lub okresowe,
- h) wytyczne racjonalnej gospodarki energią elektryczną.

Program pracy powinien być aktualizowany:

- raz na rok dla linii o napięciu znamionowym 110 kV i wyższym,
- co 5 lat dla linii o napięciu do 110 kV.

Prowadzenie ruchu powinno być udokumentowane i rejestrowane w dzienniku operacyjnym.

Formę i zakres rejestracji powinna określić instrukcja ruchu i eksploatacji. W sieci elektroenergetycznej należy prowadzić pomiary ruchowe w zakresie niezbędnym dla ustalania programu pracy nie rzadziej niż:

- raz na zmianę – w stacjach ze stałą obsługą,
- raz w roku – w czasie największego obciążenia w stacjach bez stałej obsługi,
- co 5 lat – w innych punktach sieci.

Oprócz tego należy przeprowadzać okresowe oględziny i przeglądy linii.

KONTROLE STANU TECHNICZNEGO KABLI

Badanie odbiorcze linii kablowej

Badanie odbiorcze linii kablowej obejmuje:

- 1) Sprawdzenie zgodności wykonania linii kablowej z:
 - projektem budowlanym i wykonawczym,
 - wymaganiami norm przedmiotowych;
- 2) Sprawdzenie zgodności kabli i osprzętu z wymaganiami dokumentów, według których zostały wykonane (atesty, protokoły odbioru itp.).

Wykonanie badań odbiorczych linii kablowej polega na wykonaniu:

- a) pomiaru zgodności faz oraz ciągłości żył roboczych i żył powrotnych napięciem stałym o wartości nie wyższej niż 24 V,
- b) pomiaru rezystancji izolacji żył kabla miernikiem rezystancji izolacji napięciem probierczym stałym 2,5 kV,
- c) próby napięciowej izolacji żył kabla,
- d) próby szczelności osłony/powłoki izolacyjnej kabla napięciem stałym lub wyprostowanym o polaryzacji dodatniej,
- e) pomiaru rezystancji żył roboczych i powrotnych kabla metodą techniczną w układzie z poprawnie mierzonym napięciem lub mostkiem Thomsona,
- f) pomiarów pojemności kabla mostkiem do pomiaru pojemności.

SPRAWDZENIE REZYSTANCJI IZOLACJI ŻYŁ KABLI

Rezystancja izolacji każdej żyły kabla względem pozostałych zwartych i uziemionych, przeliczona na temperaturę odniesienia 20 °C, w linii o długości do 1 km, nie powinna być mniejsza niż:

1) w linii kablowej o napięciu znamionowym do 1 kV:

- 75 MΩ – w przypadku kabla o izolacji gumowej,
- 20 MΩ – w przypadku kabla o izolacji papierowej,
- 20 MΩ – w przypadku kabla o izolacji polwinitowej,
- 100 MΩ – w przypadku kabla o izolacji polietylenowej.

2) linii kablowej o napięciu znamionowym powyżej 1 kV:

- 50 MΩ – w przypadku kabla o izolacji papierowej,
- 40 MΩ – w przypadku kabla o izolacji polwinitowej,
- 100 MΩ – w przypadku kabla o izolacji polietlenowej,
- 1000 MΩ – w przypadku kabla o napięciu znamionowym 110 kV.

Jeżeli wymaga się rezystancji izolacji $75 \text{ M}\Omega$ dla odcinka o długości 1 km, to wymaga się tej samej wartości również dla każdego odcinka krótszego. Linię kablową dłuższą niż 1 km należy rozpatrywać jako linię długą, czyli obwód elektryczny składający się z dwóch odcinków połączonych równolegle o stałych rozłożonych, w której parametrem poprzecznym jest rezystancja izolacji. Ze zwiększeniem długości linii kablowej najmniejsza dopuszczalna wartość rezystancji izolacji jednorodnego kabla maleje odwrotnie proporcjonalnie do długości.

Rezystancja żył roboczych i powrotnych powinna być zgodna z danymi producenta. Przy pomiarze rezystancji izolacji w temperaturze innej niż $20 \text{ }^\circ\text{C}$ wynik pomiaru R_x należy przeliczyć do temperatury odniesienia $20 \text{ }^\circ\text{C}$, przez zastosowanie odpowiedniego współczynnika korekcji temperaturowej K_{20} , zgodnie ze wzorem:

$$R_{obl} = K_{20} \cdot R_x$$

gdzie:

R_{obl} – rezystancja przeliczona do temperatury odniesienia, w Ω ,

R_x – rezystancja zmierzona w temperaturze t , w Ω ,

K_{20} – współczynnik korekcji temperaturowej.

PRÓBA NAPIĘCIOWA IZOLACJI ŻYŁ KABLI

Próbe napięciową izolacji kabla przeprowadza się poddając go działaniu napięcia probierczego w określonym czasie. Napięcie próby jest przyjętą krotnością wartości skutecznej napięcia fazowego U_o .

Próbe napięciową izolacji żył kabla można wykonać:

- 1) Napięciem przemiennym sinusoidalnym (AC) o stałej amplitudzie i stałej częstotliwości, zawartej między 20 Hz a 300 Hz. Nominalną częstotliwością w tych próbach jest częstotliwość 50 Hz, a napięciem próby – wartość skuteczna napięcia;
- 2) Napięciem przemiennym cosinusoidalno-prostokątnym (VLF-CP) o stałej amplitudzie i o stałej częstotliwości zawartej między 0,01 a 1 Hz. Nominalną częstotliwością napięcia w tych próbach powinna być częstotliwość 0,1 Hz. Zmiana biegunowości napięcia powinna zachodzić według krzywej napięcia przemiennego o nominalnej częstotliwości sieciowej 50 Hz (w zakresie 45-65 Hz). Napięciem próby jest wartość maksymalna napięcia;
- 3) Napięciem stałym lub wyprostowanym (DC) o stałej amplitudzie i polaryzacji. Zaleca się stosowanie napięcia stałego o biegunowości dodatniej. Napięciem próby jest wartość maksymalna napięcia.

Lp.	Napięcie znamionowe linii [kV]	Rodzaj napięcia probierczego	Wartość napięcia [kV]	Czas próby [min]
1	$1 \text{ kV} < U_N \leq 1 \text{ kV}$	1. DC	2,5	2
		Wykonanie pomiaru rezystancji izolacji miernikiem 2,5 kV jest równoznaczne z wykonaniem próby napięciowej wg punktu 1.		
2	$1 \text{ kV} < U_N \leq 30 \text{ kV}$	AC	$2U_0$	15
		VLF-CP 0,1 Hz	$3U_0$	15
		DC	$3U_0$	15
3	$30 \text{ kV} < U_N \leq 110 \text{ kV}$	AC	$2U_0$	30
		VLF-CP 0,1 Hz	$3U_0$	30
		DC	$3U_0$	30

Wartości napięć probierczych

WYKONANIE PRÓBY NAPIĘCIOWEJ

- 1) Izolacja każdego kabla (każdej żyły) powinna wytrzymać działanie napięcia probierczego przez cały czas próby bez przeskoków i przebicia;
- 2) Próbę napięciową izolacji kabla (izolacji żył) należy wykonać na wszystkich kablach linii kablowej;
- 3) Podczas próby napięciowej żyły robocze pozostałych kabli oraz żyły powrotne i pancerze oraz inne metalowe elementy budowy kabla powinny być zwarte i uziemione;
- 4) Podczas próby napięciowej należy unikać przeskoków do uziemionych przedmiotów znajdujących się w otoczeniu głowic kablowych (w szczególności podczas wykonywania prób napięciem stałym);
- 5) W linii kablowej o napięciu znamionowym $1\text{kV} < U_N \leq 30\text{ kV}$ podczas wykonywania próby napięciem stałym lub wyprostowanym należy mierzyć prąd upływu każdej żyły. Wartość prądu upływu poszczególnych żył nie powinna przekroczyć $300\ \mu\text{A}/\text{km}$ i nie powinna wzrastać w czasie ostatnich 5 minut próby. W liniach kablowych o długości nieprzekraczającej 300 m wartość prądu upływu nie powinna być większa niż $100\ \mu\text{A}$.
Dla kabli o napięciu znamionowym 110 kV nie normalizuje się prądu upływu ale zaleca się jego pomiar. Prądy upływu w poszczególnych fazach powinny być porównywalne;

- 6) Kable po próbie napięciowej powinny być rozładowane i uziemione. Rozładowanie kabla po próbie napięciem stałym (DC) powinno być wykonane wolno przez uziemienie żyły roboczej z włączonym szeregowo rezystorem (50-150 kW). Rozładowywanie kabla powinno odbywać się przez co najmniej 0,5 godz/km, ale nie krócej niż 0,5 godziny;
- 7) Po wykonaniu próby napięciowej i rozładowaniu badanego kabla wszystkie żyły kabli oraz żyły powrotne i pancerze oraz inne metalowe elementy budowy kabla powinny być zwarte i uziemione do czasu tuż przed włączeniem do sieci, ale nie krócej niż 3 godziny. Zaleca się włączanie linii kablowej do sieci po upływie 24 godz. od czasu uziemienia linii po badaniach.

Sprawdzenie odporności osłony/powłoki izolacyjnej kabli na działanie napięcia.

Sprawdzenie odporności osłony (powłoki) izolacyjnej kabli na działanie napięcia na kablach opancerzonych lub kablach z żyłą powrotną i osłoną/powłoką wytłoczoną z tworzywa sztucznego polega na wykonaniu próby napięciowej osłony/powłoki napięciem stałym lub wyprostowanym o polaryzacji dodatniej i o wartości:

- 5 kV dla kabli o napięciu znamionowym $1\text{kV} < U_N \leq 30\text{ kV}$,
- 10 kV dla kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV.

Osłona/powłoka powinna wytrzymać napięcie stałe lub wyprostowane o wymaganej wartości w czasie 5 minut bez przebicia lub przeskoku.

BADANIA DIAGNOSTYCZNE KABLI

Badania diagnostyczne kabli i linii kablowych nowo budowanych, przebudowywanych, remontowanych lub znajdujących się w eksploatacji wykonuje się z wykorzystaniem napięć probierczych dobranych w zależności od wartości napięcia znamionowego linii i określonego czasu próby. Wartość napięcia probierczego w badaniach diagnostycznych nie powinna przekraczać wartości $1,3 U_0$.

Dopuszcza się również wykonanie badań diagnostycznych napięciem o innych kształtach i częstotliwościach.

Badania diagnostycznych kabli elektroenergetycznych SN i WN obejmują również:

- 1) Pomiar współczynnika strat dielektrycznych $\text{tg}\delta$ linii kablowej, który należy wykonać po ułożeniu wszystkich odcinków kabla i zakończeniu montażu osprzętu (muf i głowic). Wynik $\text{tg}\delta$ przedstawia ogólną ocenę całej relacji linii kablowej mówiąca o stopniu zawilgocenia i stanie zaawansowania procesu starzeniowego izolacji;

- 2) Pomiar wyładowań niezupełnych na długości linii kablowej, który należy wykonać po ułożeniu wszystkich odcinków kabla i zakończeniu montażu osprzętu (muf i głowic). Pomiar poziomym i miejsc występowania wyładowań niezupełnych umożliwia wskazanie miejsc o osłabionych parametrach izolacji w relacji linii kablowej.

Zaleca się wykonywanie tych badań napięciem nie wyższym jak $0,7 U_0$. Badania diagnostyczne mogą być przeprowadzone tylko za zgodą właściciela linii, który wcześniej otrzymał pisemną informację o metodyce proponowanych badań oraz o spodziewanych efektach badań i ich interpretacji, a także o metodyce wnioskowania, w tym o zagrożeniach o żywotności linii spowodowanych przeprowadzeniem badań diagnostycznych.

Badania diagnostyczne wykonane napięciem wyższym niż $1,3 U_0$ wymagają wykonania badań odbiorczych linii kablowej w zakresie próby napięciowej izolacji kabli.



Załącznik do Zarządzenia nr 20/2018

Standard techniczny nr 30/2018 dla warunków budowy
elektroenergetycznych linii kablowych WN wraz z kablami
i osprzętem na terenie TAURON Dystrybucja S.A.
(wersja pierwsza)

Kraków, kwiecień 2018 r.

7.3 Budowa kabla 110 kV (XLPE).

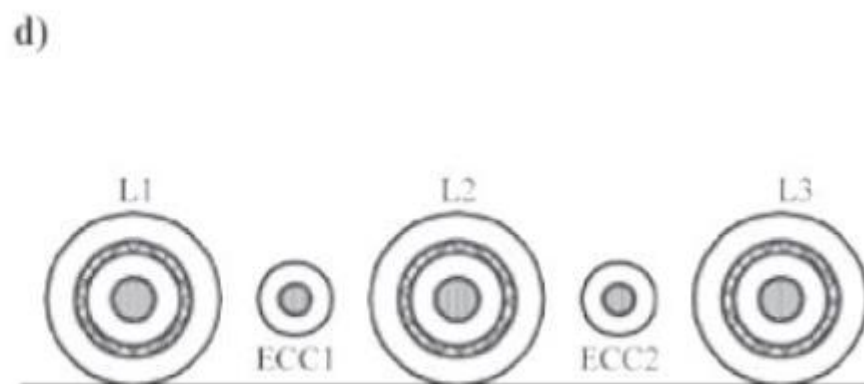
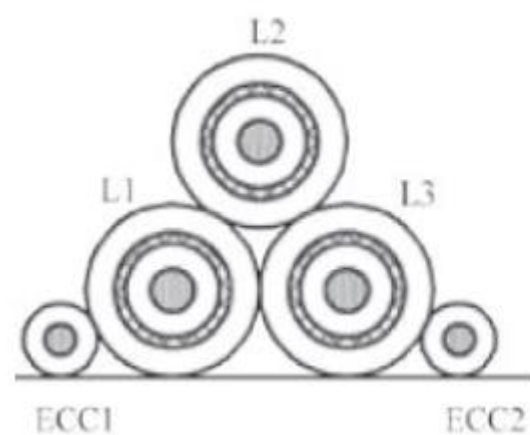
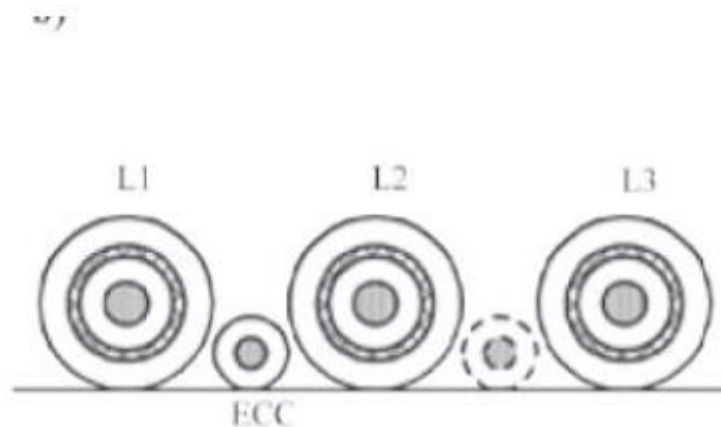
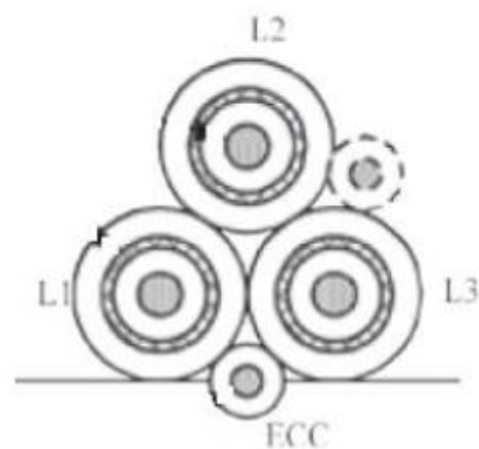
Przykład budowy kabla 110 kV.



Opis rysunku:

- 1) Żyłka robocza.
- 2) Ekran półprzewodzący na żyłce roboczej.
- 3) Izolacja z polietylenu usieciowanego (XLPE).
- 4) Ekran półprzewodzący na izolacji.
- 5) Półprzewodzący, blokujący wodę, obwój na ekranie na izolacji.
- 6) Ekran metaliczny – druty i taśmy miedziane (wariantowo z tubą stalową z włóknami światłowodowymi przeznaczonymi do pomiaru temperatury kabla WN – sensorycznymi, zgodnymi z systemem DTS).
- 7) Półprzewodzący, blokujący wodę, obwój na ekranie metalicznym.
- 8) Taśma aluminiowa. Uszczelnienie promieniowe.
- 9) Powłoka zewnętrzna o zmniejszonej palności – kolor czarny.

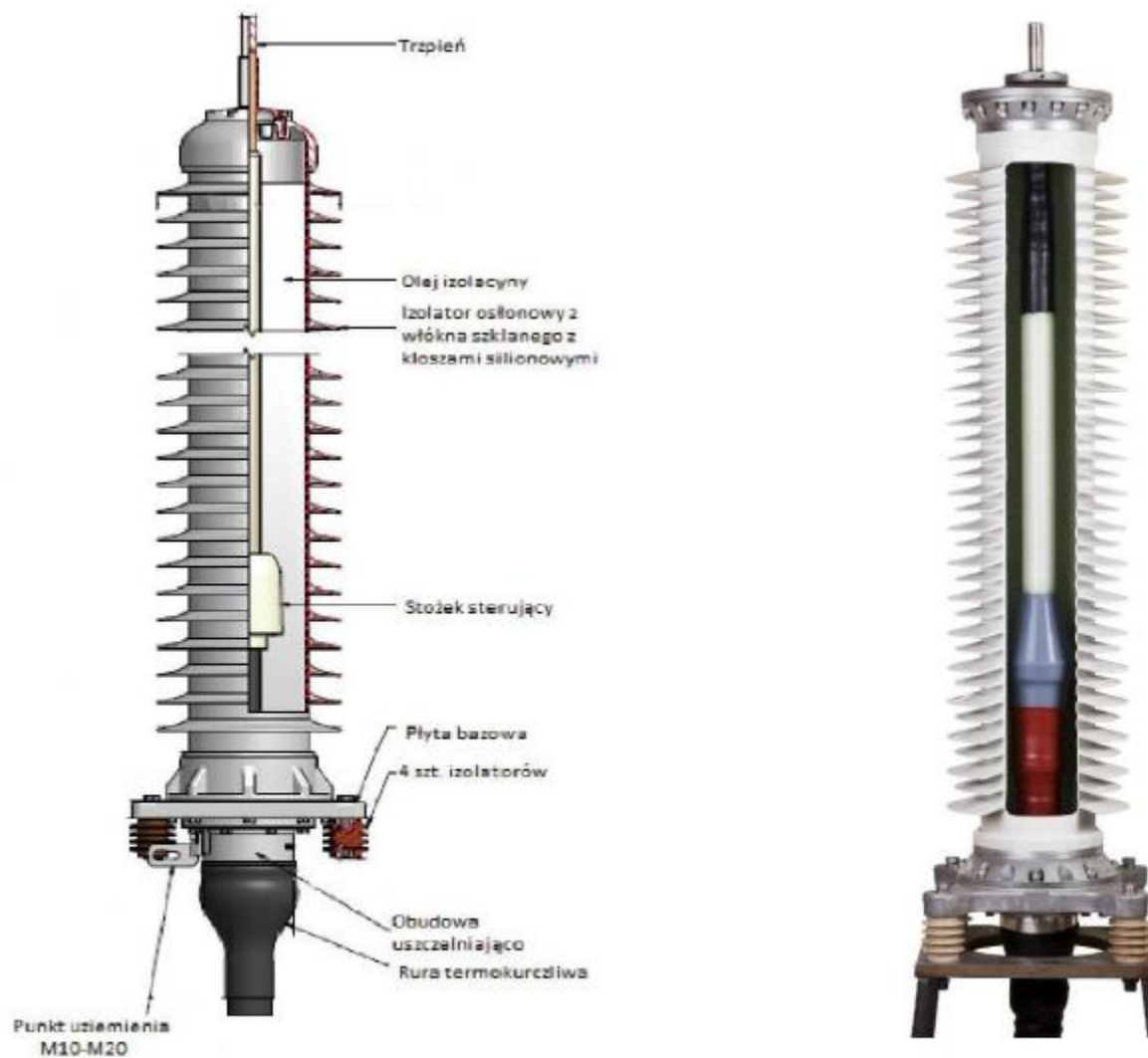
b) Konfiguracje ułożenia kabli ECC.



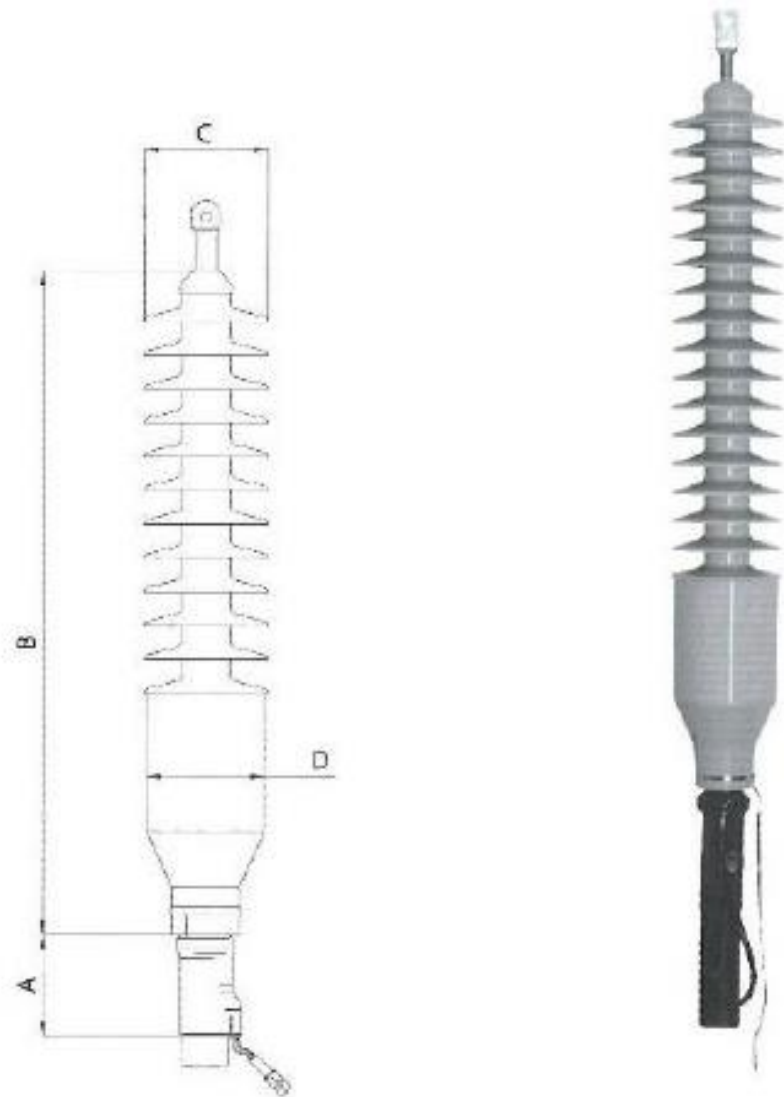


Opis rysunku:

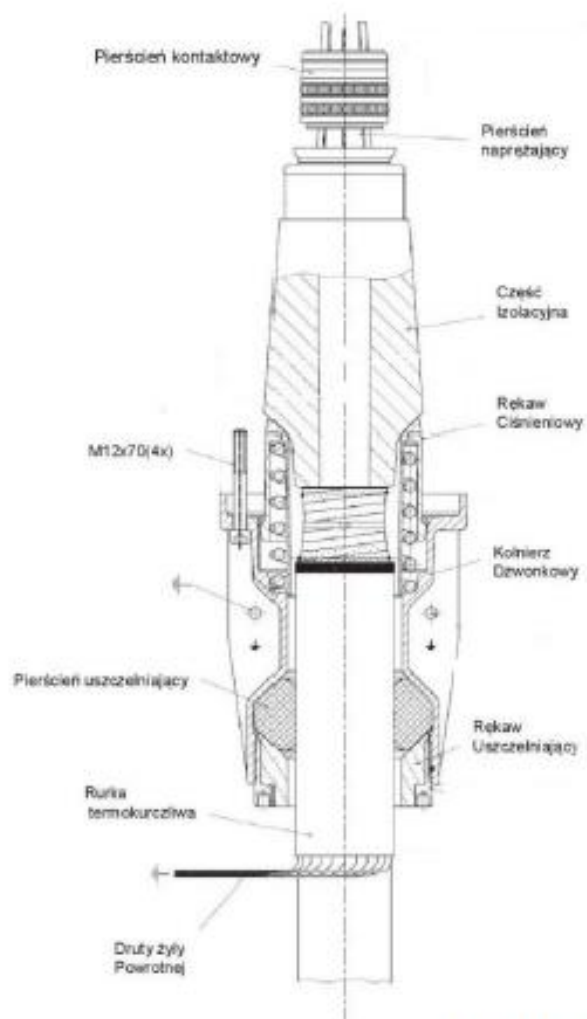
- 1) żyła robocza miedziana lub aluminiowa wielodrutowa giętka dobrana do warunków zwarciovych,
- 2) izolacja z polwinitu izolacyjnego ciepłoodpornego,
- 3) osłona zewnętrzna z polwinitu oponowego.



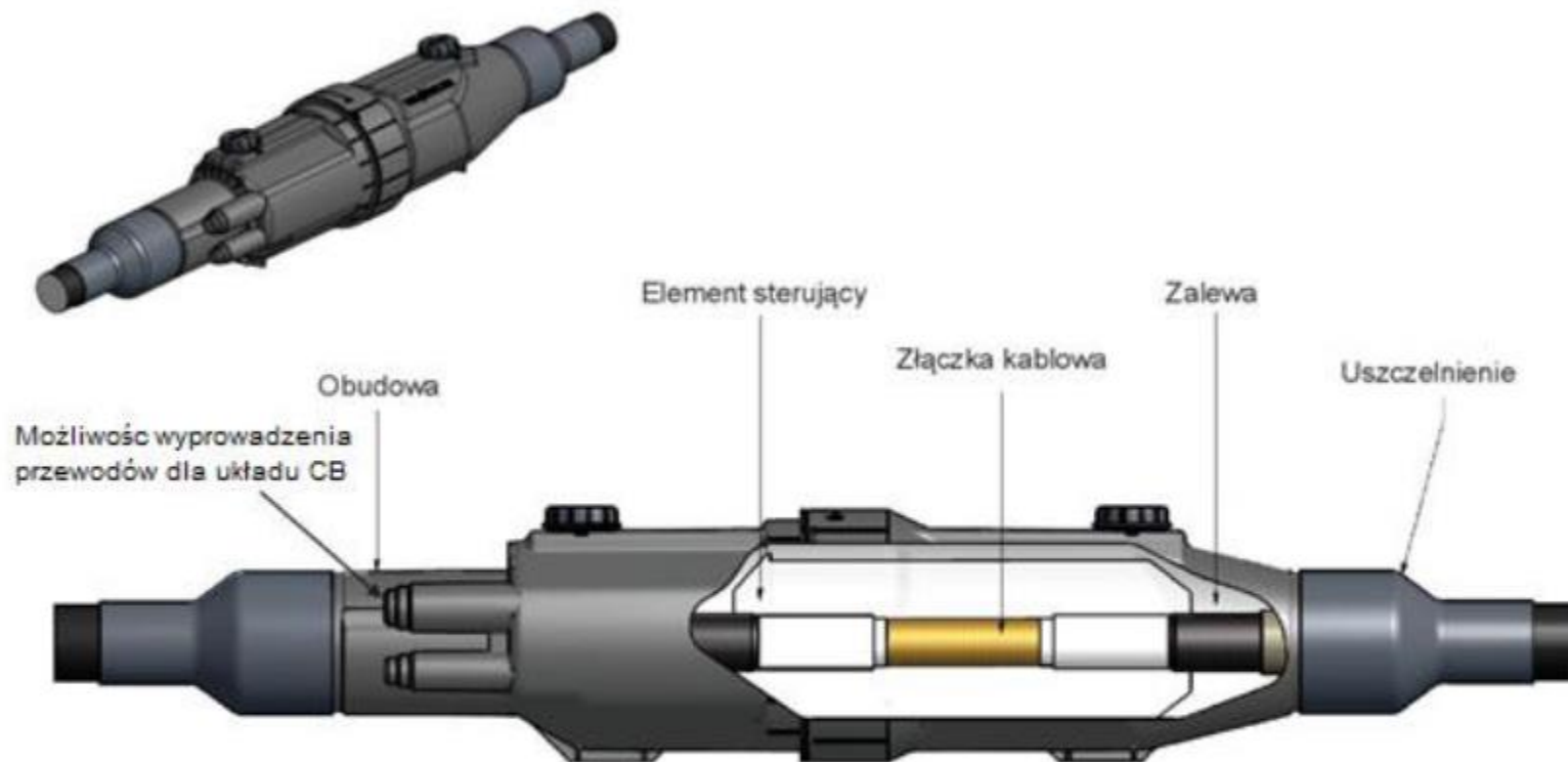
Główce kablowe wypełnione cieczą syntetyczną.



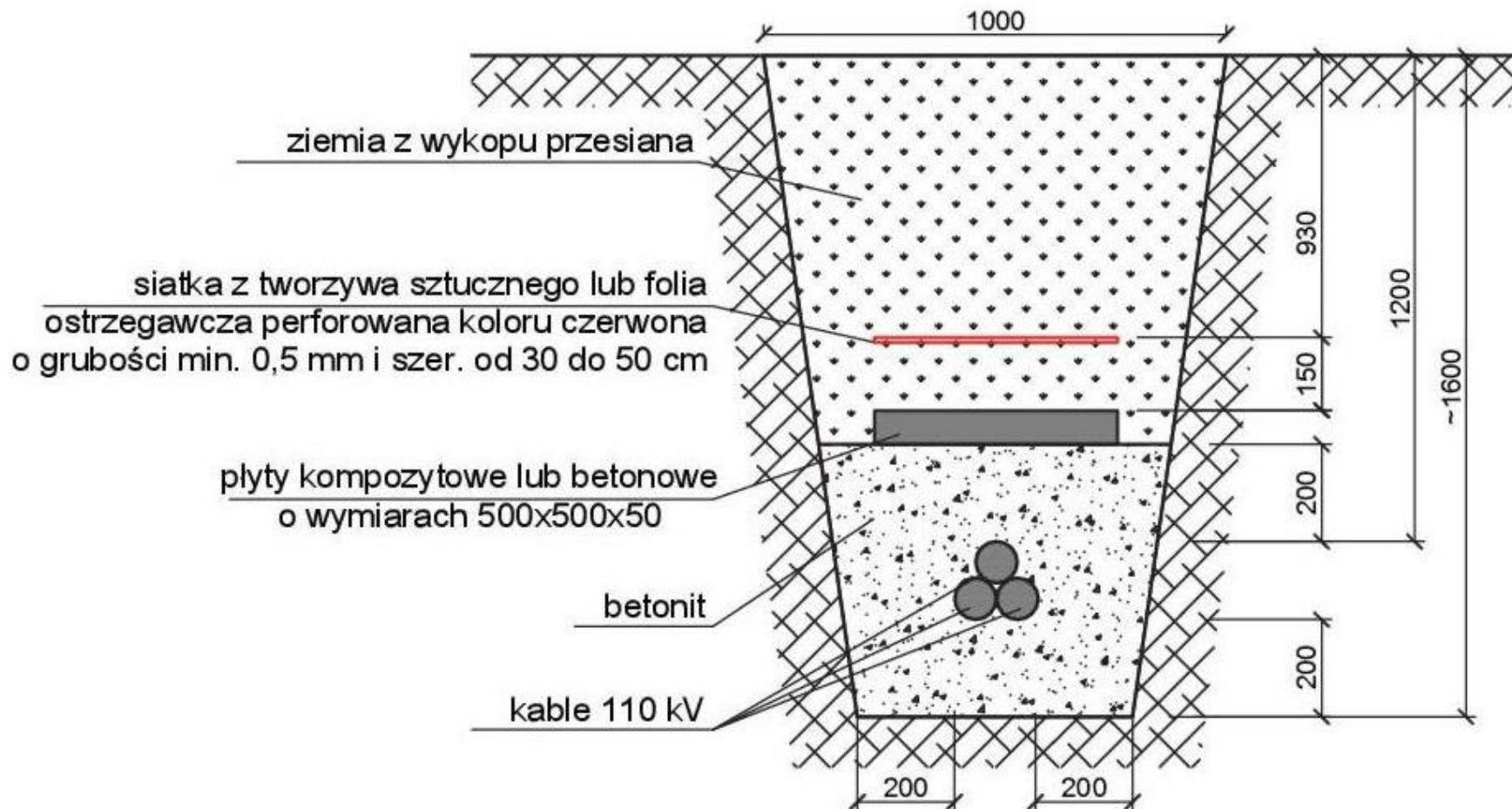
Głowice kablowe suche.



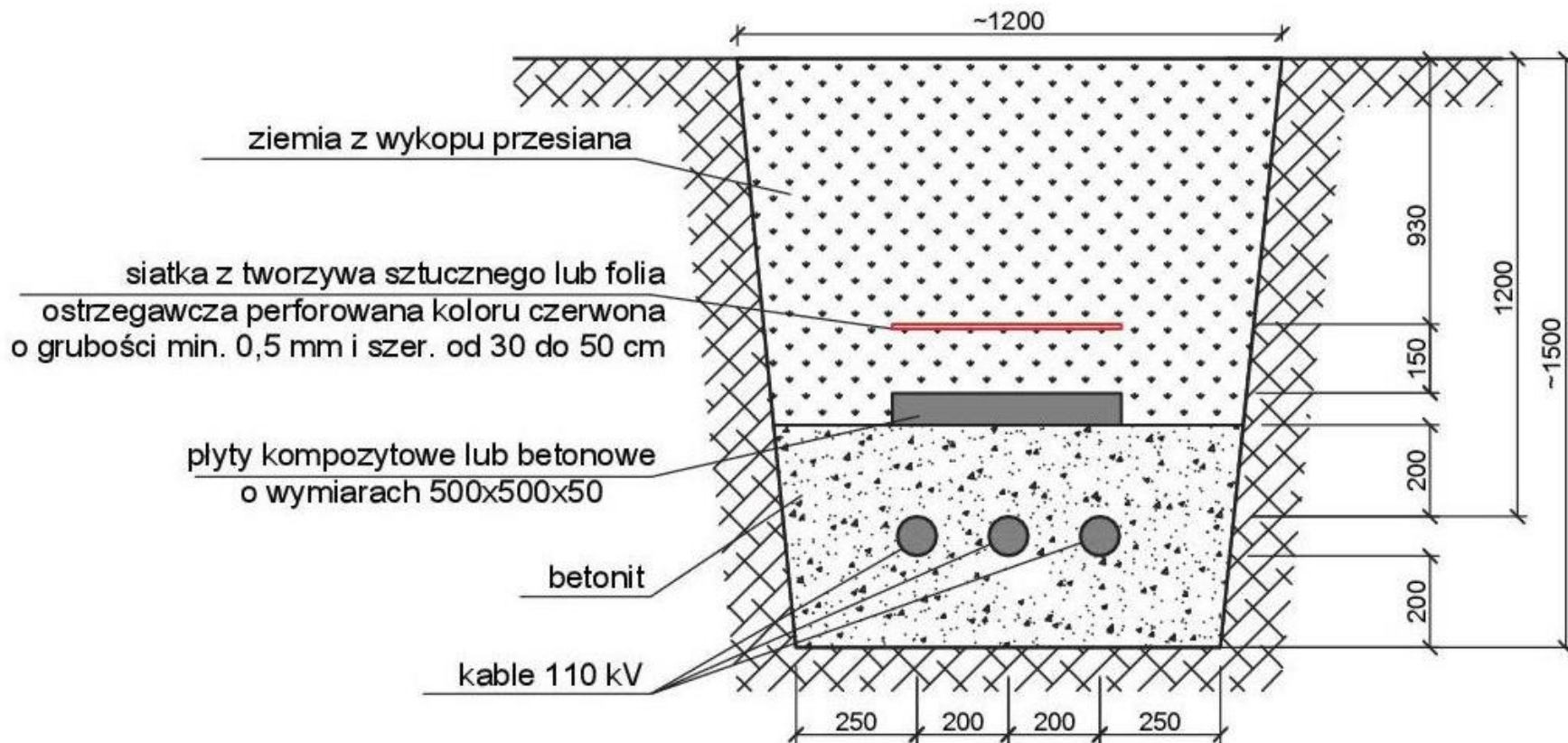
Główce kablowe wtykowe.



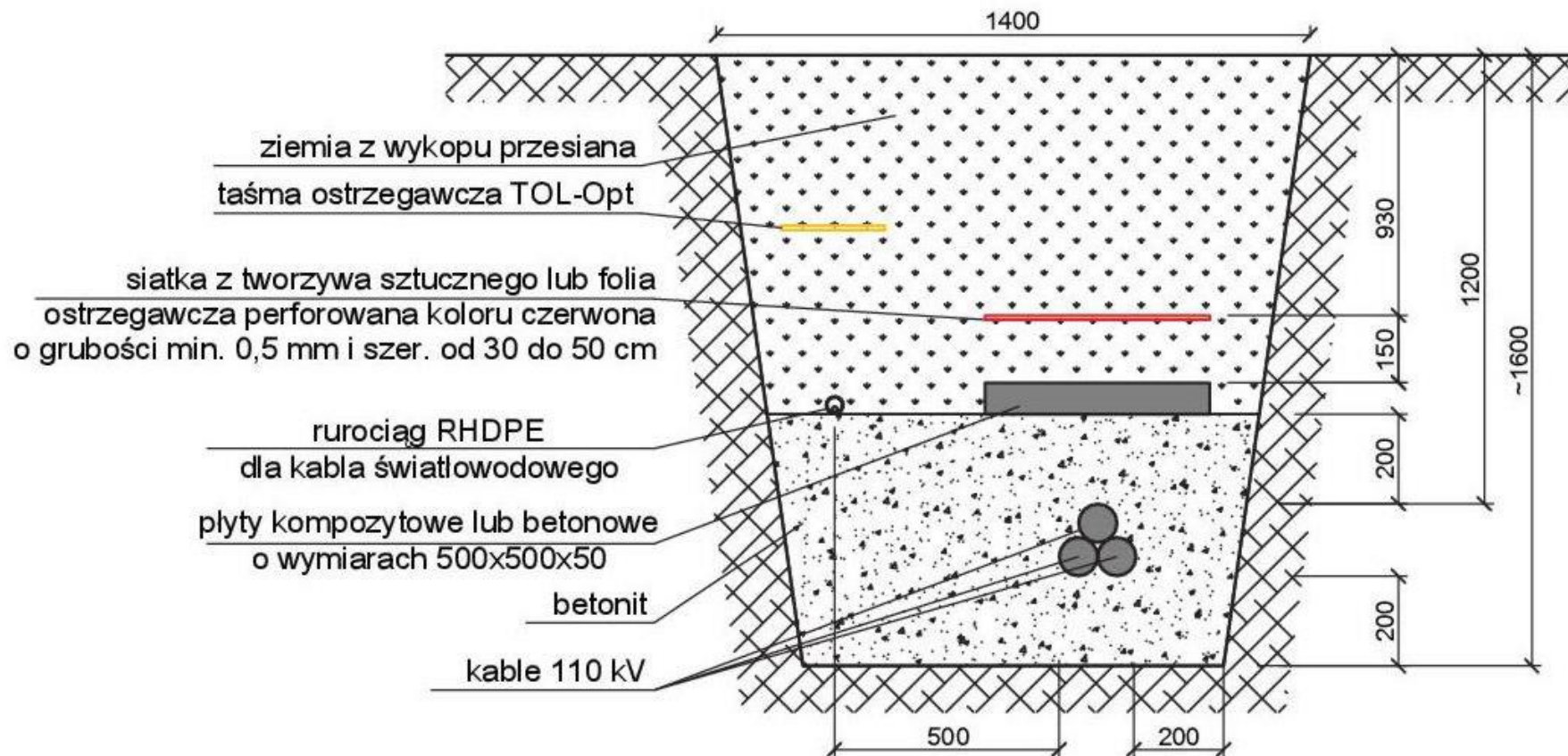
Przykładowa mufa kablowa.



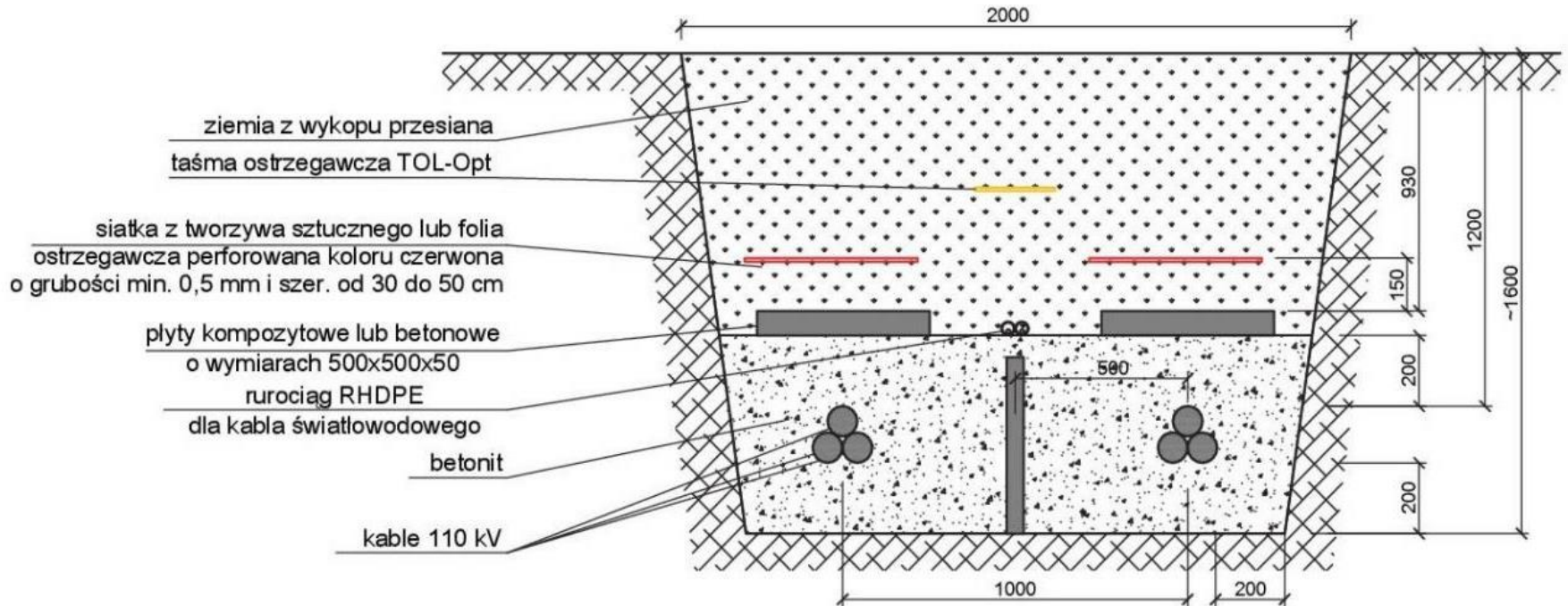
Nominalne ułożenia kabli w wykopie - linie jednotorowe.



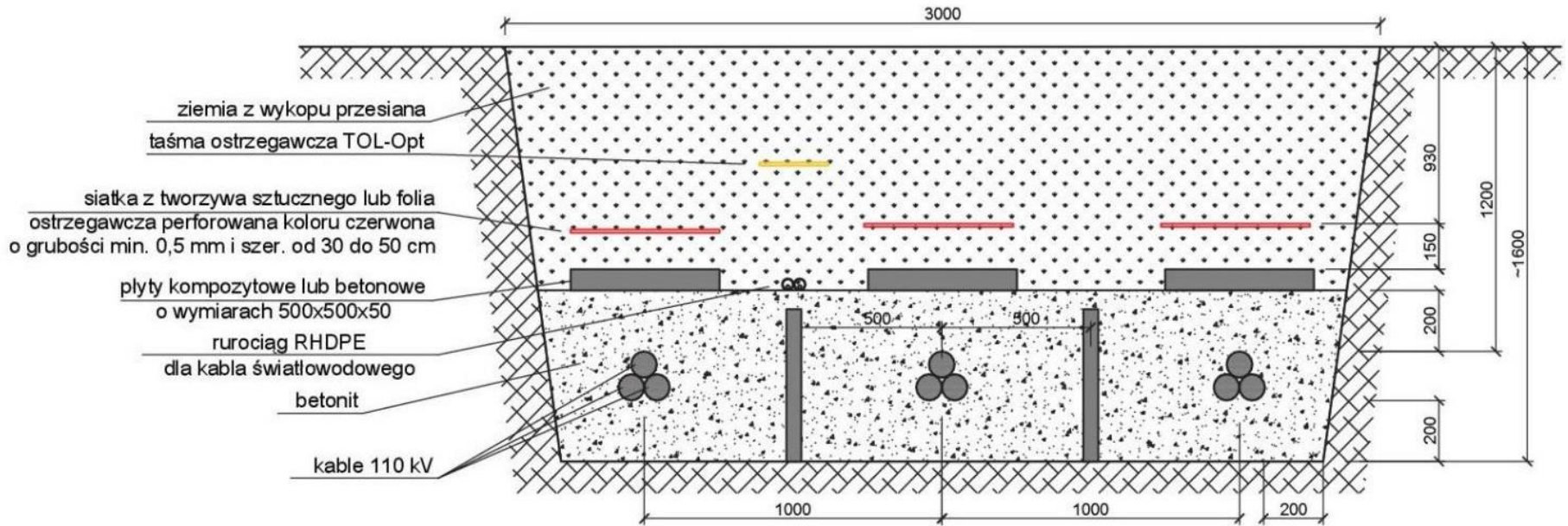
Nominalne ułożenia kabli w wykopie - linie jednotorowe.



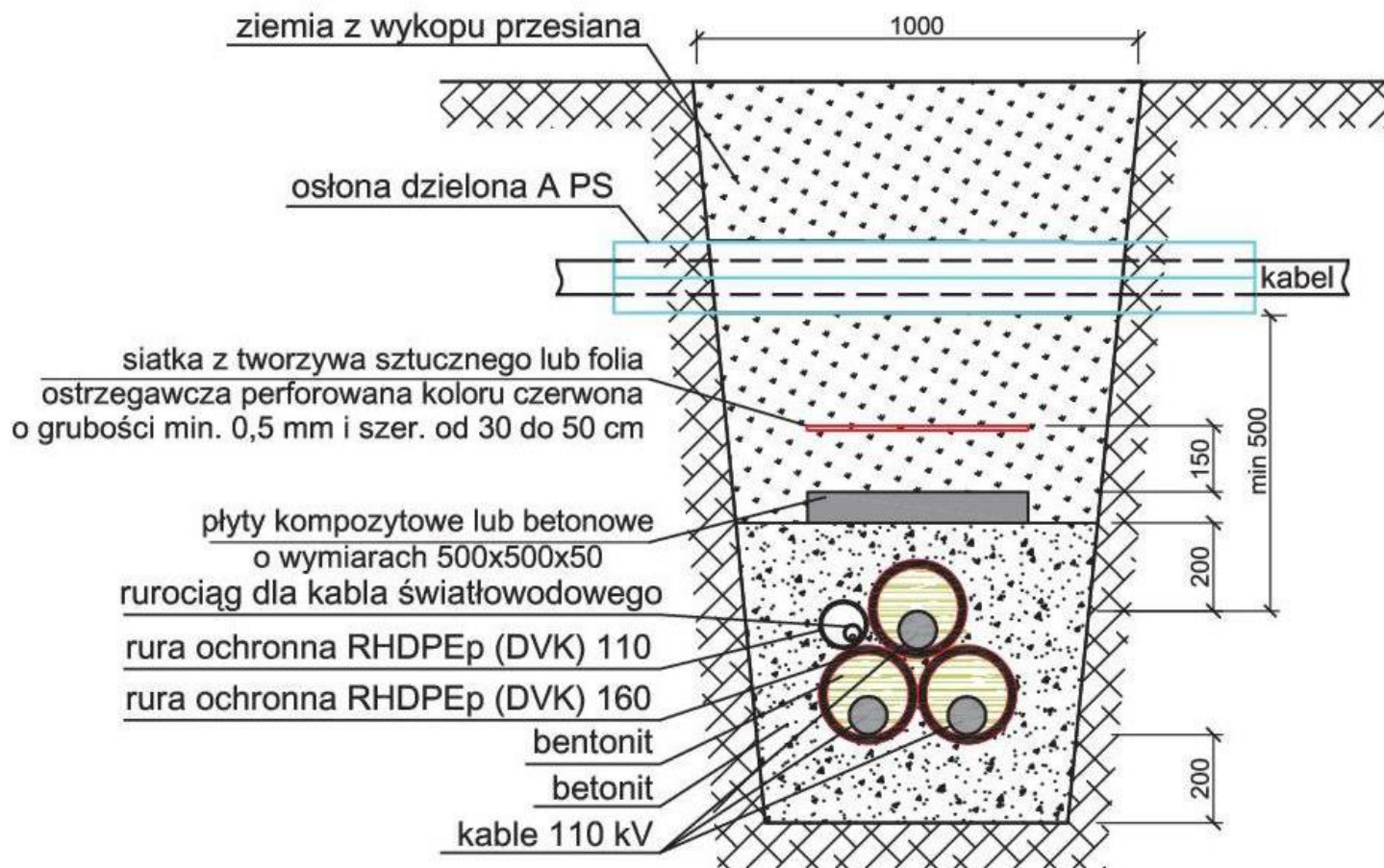
Nominalne ułożenia kabli w wykopie - linie jednotorowe.



Nominalne ułożenia kabli w wykopie - linie wielotorowe



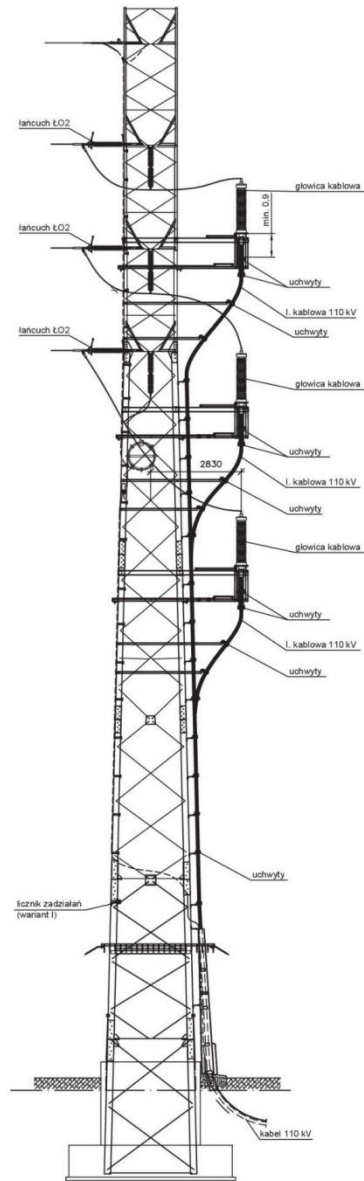
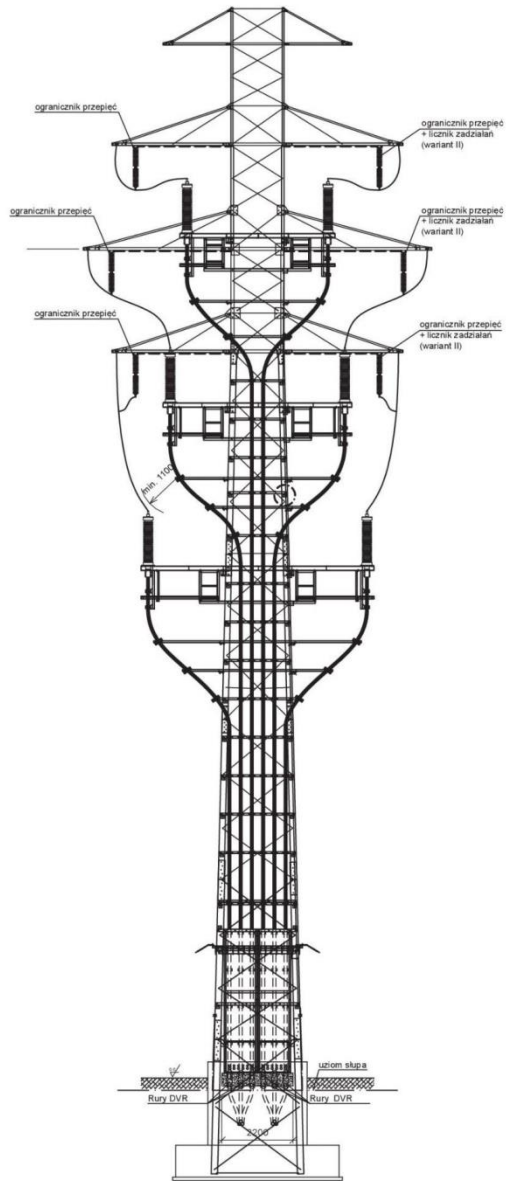
Nominalne ułożenia kabli w wykopie - linie wielotorowe



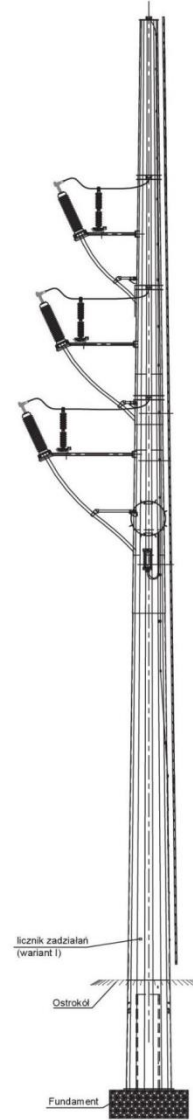
Uwaga: Analogicznie wykonać dla układu płaskiego



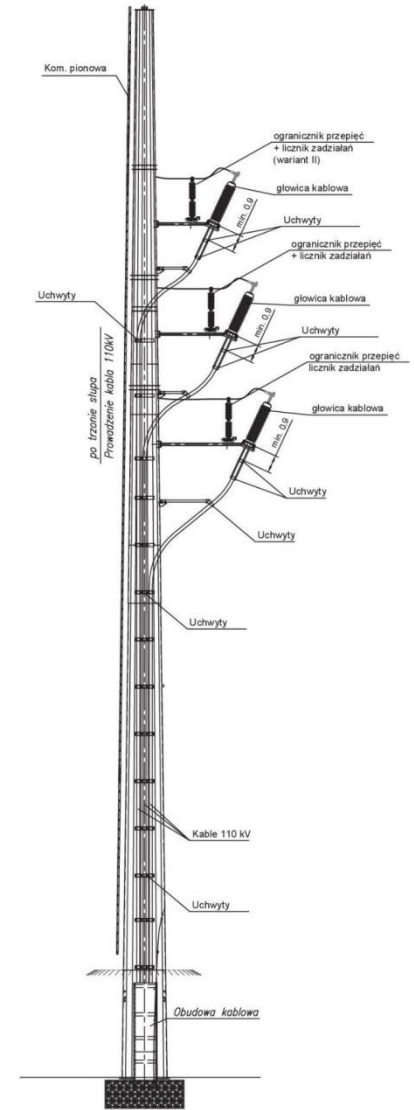
- wypełnienie bentonitem (płuczka bentonitowa stosowana w technologii przewiertów)



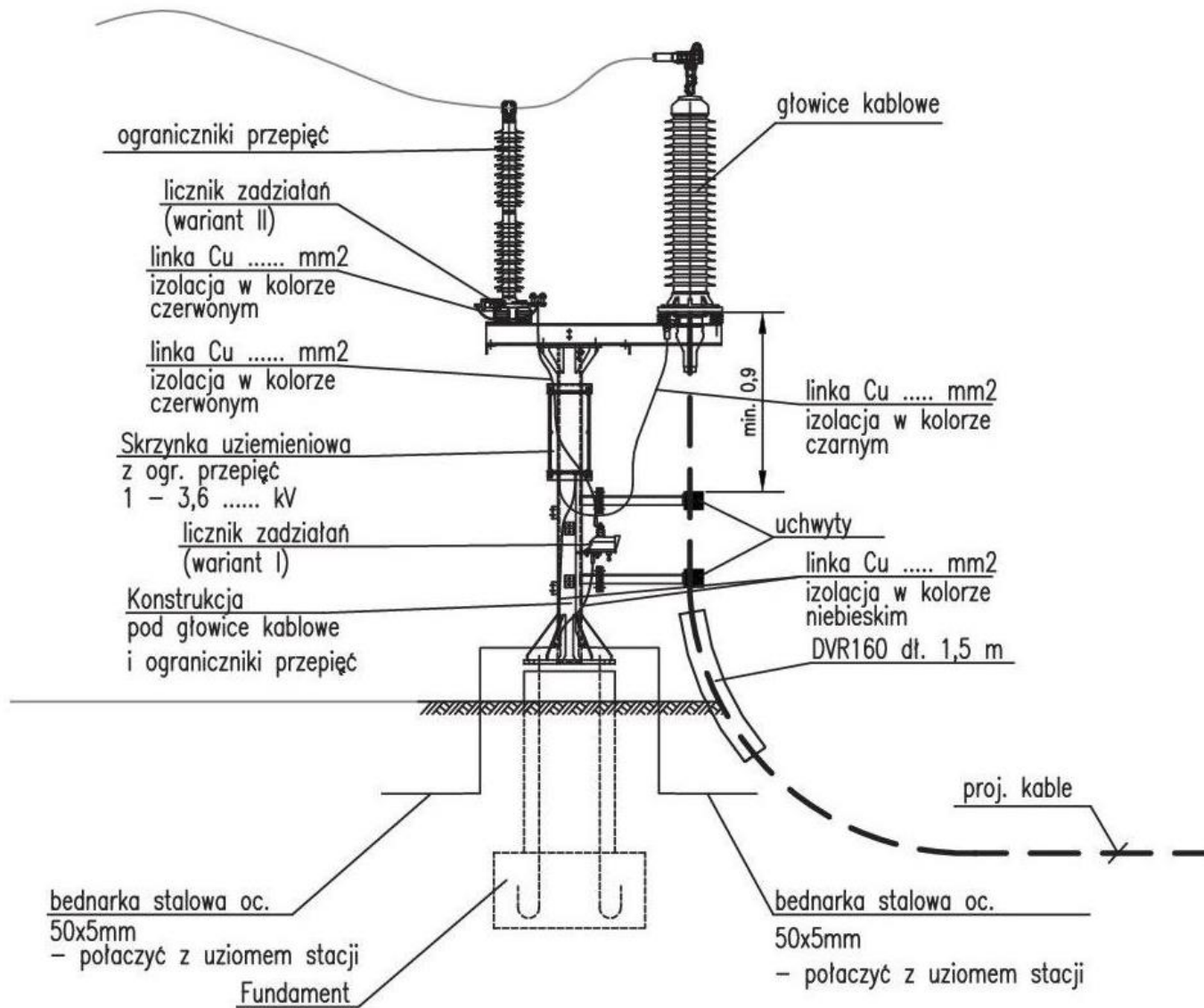
Widok od strony wejścia linii napowietrznej

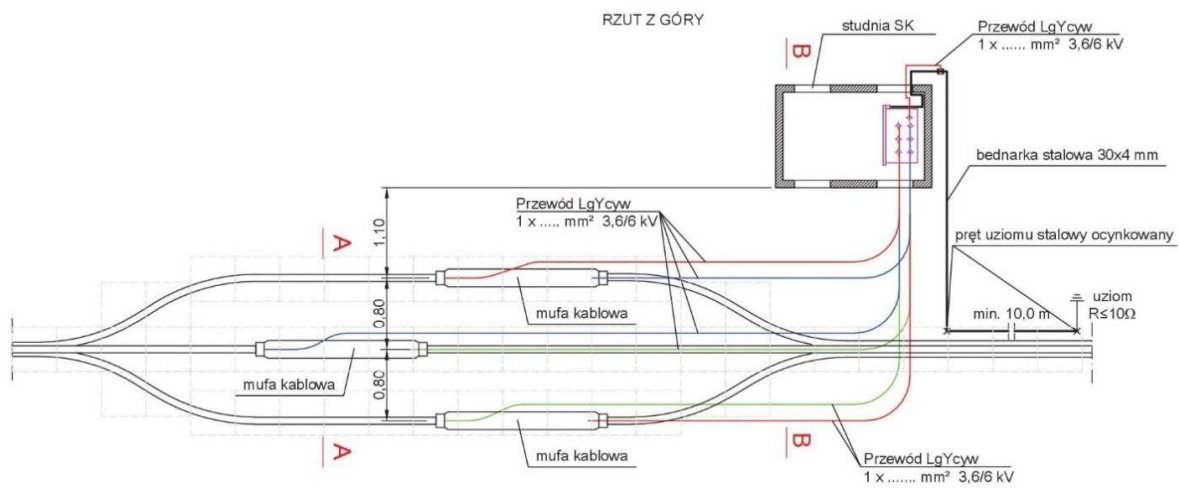


Widok od strony zejścia kablowego

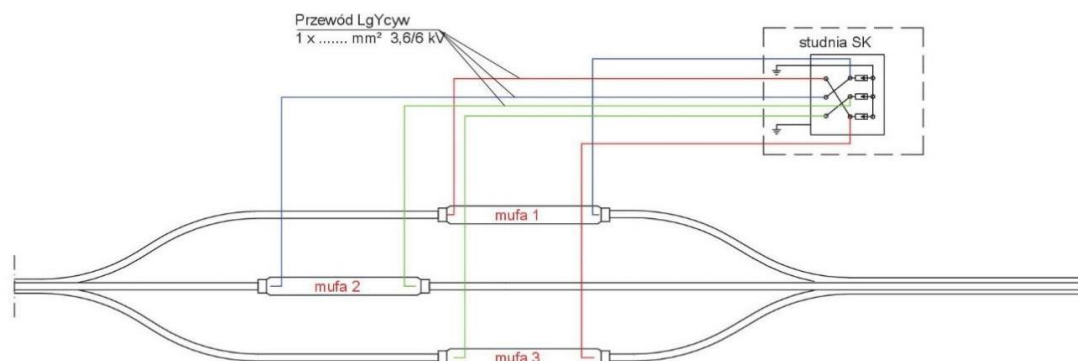


Wprowadzenie linii kablowej

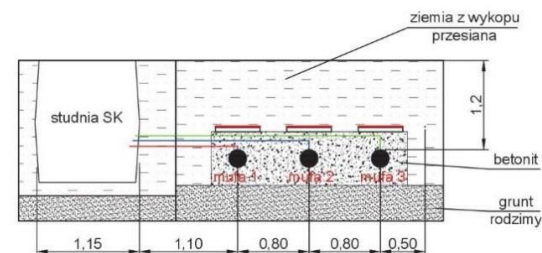




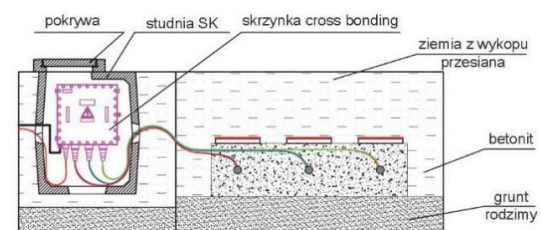
SPOSÓB WYKONANIA CROSS-BONDINGU



A - A



B - B



Skrzynka crossbondingowa – przykłady zabudowy i podłączenia

Dziękuję za uwagę



mgr inż. Robert Czak

tel: 0048 603687444

mail: robert.czak@op.pl