

# Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa.

## N SEP-E-004 aktualizacja 2020

### PRZEDMOWA

„ aktualizacja 5var 9paz”

Norma zawiera podstawowe wymagania i wytyczne dotyczące projektowania, budowy oraz badań odbiorczych elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych linii kablowych prądu stałego i przemiennego na napięcie znamionowe do 110 kV włącznie.

W niniejszej normie w stosunku do uprzedniej i do obowiązujących wymagań w zakresie projektowania i budowy elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych linii kablowych wprowadzono następujące uzupełnienia dotyczące;

- nowych konstrukcji kabli,
- zasad mechanicznego układania linii kablowych metodą płżenia,
- wymagań dla kabli układanych mechanicznie,
- wymagań i zasad oznakowania tras linii kablowych za pomocą perforowanych taśm ostrzegawczych,
- wymagań w zakresie stosowania perforowanych płyt z tworzyw sztucznych do ochrony linii kablowej w ziemi,
- koloru rur przepustowych w zależności od napięcia linii kablowej  
oraz
- omówiono i wprowadzono wymagania dotyczące materiałów powłok i osłon kabli, w zależności od miejsca i warunków układania kabli,
- wprowadzono możliwość stosowania ciągłego monitoringu cieplnego i ostrzegawczego dla optymalizacji przesyłowej i ochrony linii kablowych,
- wprowadzono nowe odległości i warunki przy układaniu kabli w ziemi,
- uwzględniono uwagi dotyczące stosowania znormalizowanej terminologii,
- uaktualniono i rozszerzono wykaz norm i wytycznych korespondujących.

Norma nie ma odpowiednika w normach międzynarodowych.

## 1 Wstęp

### 1.1 Zakres normy

Przedmiotem normy są podstawowe zasady projektowania i budowy elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych linii kablowych prądu stałego i przemiennego na napięcie znamionowe  $\leq 110$  kV oraz wprowadzenie do stosowania nowych rozwiązań i technik w tym zakresie.

Niniejszą Normę należy stosować przy projektowaniu, budowie i przebudowie linii kablowych wykonanych kablami elektroenergetycznymi i sygnalizacyjnymi. Norma wyszczególnia podstawowe wymagania dotyczące warunków projektowania i budowy linii kablowych w szerokim zakresie stosowania, a w szczególności w odniesieniu do urządzeń, kabli, osprzętu, materiałów, tras i miejsc układania linii kablowych, oznaczania kabli i tras linii kablowych, a także wielu warunków odległościowych, wymiarowych i technologii budowy. Warunki te służą ustaleniu wspólnych zasad w zakresie instalacji kablowych. Norma nie zawiera wymagań dotyczących projektowania i budowy linii kablowych w podziemiach kopalń, w morzach, na obiektach pływających, na taborze trakcji szynowej i bezszynowej. Normy nie stosuje się w doświadczalnych liniach kablowych.

Stosowanie Normy oraz projektowanie i budowa linii kablowych powinny być prowadzone zgodnie z wymaganiami przedstawionymi w Ustawach Prawo budowlane, Prawo ochrony środowiska, ochrony przyrody, Prawo energetyczne oraz zgodnie ze stosownymi rozporządzeniami wykonawczymi, w tym m.in. „ w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie” oraz w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy. Norma jest przywołana w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. (tekst jednolity aktu ogłoszony w Obwieszczeniu Ministra Inwestycji i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. Dz.U. 2019 r. poz. 1065).

### 1.2 Bibliografia materiałów korespondujących

1	PN-E-01002	Słownik terminologiczny elektryki – Kable i przewody
2	IEC Publication 50 (461)	International Electrotechnical Vocabulary
3	PN-HD 603 S1	Kable elektroenergetyczne na napięcie znamionowe 0,6/1 kV
4	PN-EN 50393	Metody badań i wymagania dotyczące osprzętu do kabli elektroenergetycznych na napięcie znamionowe 0,6/1,0 (1,2) kV
5	PN-HD 627 S1	Kable wielożyłowe i wieloparowe przeznaczone do układania w ziemi i na powietrzu
6	PN-EN 50575	Kable i przewody elektroenergetyczne, sterownicze i telekomunikacyjne - Kable i przewody do zastosowań ogólnych w obiektach budowlanych o określonej klasie odporności pożarowej
7	PN-EN 60332	Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych. Sprawdzenie odporności na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia wzdłuż pionowo zamontowanych wiązek kabli lub przewodów.
8	PN-IEC_60331	Badania kabli i przewodów elektrycznych poddanych działaniu ognia. Ciągłość obwodu.
9	PN-HD 604 S1	Kable energetyczne na napięcie znamionowe 0,6/1 kV oraz 1,9/3,3 kV, nie przenoszące płomienia, przeznaczone do pracy w elektrowniach
10	Dyrektywa CPR	Rozporządzenie PEiRE nr 305/2011. Klasyfikacja i metody badania wyrobów budowlanych.
11	PN-HD 620 S2	Kable elektroenergetyczne o izolacji wytłaczanej na napięcia znamionowe od 3,6/6 (7,2) kV do 20,8/36 (42) kV włącznie
12	PN-HD 622 S1	Kable energetyczne na napięcia od 3,6/6 (7,2) kV do 20,8/36 (42) kV włącznie, o szczególnej odporności na przenoszenie płomienia, stosowane w elektrowniach
13	IEC 60502-1	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$ kV) – Part 1: Cables for rated voltages of 1 kV ( $U_m = 1,2$ kV) and 3 kV ( $U_m = 3,6$ kV)
14	IEC 60502-2	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$ kV) – Part 2: Cables for rated voltages from 6 kV ( $U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$ kV)
15	IEC 60502-4	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ( $U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$ kV) – Part 4: Test requirements on accessories for cables with rated voltages from 6 kV ( $U_m =$

		7,2 kV) up to 30 kV ( $U_m = 36$ kV)".
16	PN-EN 61442	Metody badań osprzętu przeznaczonego do kabli energetycznych na napięcia znamionowe od 6 kV ( $U_m = 7,2$ kV) do 36 kV ( $U_m = 42$ kV)
17	PN-HD 632 S2	Kable energetyczne o izolacji wytłaczanej i ich osprzęt na napięcie znamionowe powyżej 36 kV ( $U_m = 42$ kV) do 150 kV ( $U_m = 170$ kV)
18	IEC 60840	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ( $U_m = 36$ kV) up to 150 kV ( $U_m = 170$ kV) – Test methods and requirements
19	PN-EN 62305-1	Ochrona odgromowa – Część 1: Zasady ogólne
20	IEC 60331, wieloczęściowa	Tests for electric cables under fire conditions – Circuit integrity
21	PN-EN 1363-2	Badania odporności ogniowej – Część 2: Procedury alternatywne i dodatkowe
22	IEC 60287, wieloczęściowa	Electric cables – Calculation of the current rating
23	IEC 60949	Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects
24	CIGRE TB 194	Construction, Laying and installation techniques...
25	CIGRE TB 770	Trenchless technologies
26	CIGRE TB 756	Thermal monitoring of cable circuits and grid operators' use of dynamic rating systems
27	PN-IEC_12613	Oznakowanie wizualnie ostrzegające z tworzyw sztucznych stosowane podczas układania kabli i rurociągów podziemnych
28	PN-IEC_60331	Badania kabli i przewodów elektrycznych poddanych działaniu ognia. Ciągłość obwodu.
29	PN-90 E-06401	Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Osprzęt do kabli o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 30 kV.
30	IEC 60183	Guidance for the selection of high-voltage AC cable systems

Powyższe dokumenty zostały informacyjnie odniesione w treści niniejszej normy. W przypadku norm datowanych ma zastosowanie wyłącznie wydanie cytowane. W przypadku norm niedatowanych stosuje się ostatnie wydanie dokumentu (łącznie ze zmianami).

### 1.3 Określenia, definicje

Podane w Normie określenia oraz treści powiązane są z definicjami oraz opisami podanymi poniżej. Inne nie wymienione w punkcie 1.3 są dostępne w bibliografii korespondującej, a przede wszystkim w PN-E-01002 „Słownik terminologiczny elektryki – Kable i przewody” oraz IEC Publication 50/461 „International Electrotechnical Vocabulary”

#### 1.3.1 Kabel

Przewód izolowany materiałem stałym, jedno lub wielożyłowy, w szczelnej powłoce, przystosowany do przesyłania energii elektrycznej lub sygnału oraz do instalowania w dowolnym środowisku (w powietrzu, w wodzie, w ziemi, ..itd.) zgodnie ze swoim przeznaczeniem i budową. Kabel sygnalizacyjny przeznaczony jest do pracy w elektroenergetycznych urządzeniach kontrolnych, bezpieczeństwa, łączności i sterowania.

#### 1.3.2 Napięcie znamionowe kabla

Napięcie znamionowe kabla trójżyłowego ( $U_n$ ) określa najwyższe napięcie nominalne linii, w której może on pracować i dla której został zaprojektowany, wykonany, przebadany i oznaczony. Napięciem znamionowym kabli jednożyłowych jest napięcie fazowe linii, na które został zaprojektowany i wyprodukowany. Oznakowany jest przez podanie napięcia fazowego, międzyprzewodowego i maksymalnego linii, w której może pracować:  $U_0/U_n (U_m)$ .

#### 1.3.3 Linia kablowa

Kabel wielożyłowy lub kable jednożyłowe w układzie jednofazowym lub 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. Długość linii kablowej odpowiada długości najdłuższego kabla linii łączącego punkt zasilania z punktem odbioru (rozdziálu) energii lub sygnału.

#### 1.3.4 Napięcie znamionowe linii kablowej

Napięcie znamionowe linii kablowej oznacza napięcie nominalne sieci elektroenergetycznej lub sygnalizacyjnej (międzyprzewodowe w przypadku prądu przemiennego lub międzybiegunowe w przypadku prądu stałego), w której zbudowana i zainstalowana linia kablowa może pracować. Napięcia znamionowe kabli i osprzętu powinny być równe odpowiadającym napięciom linii kablowej.

#### 1.3.5 Trasa linii kablowej

Pas terenu lub przestrzeń, gdzie jest ułożona i przebiega jedna lub więcej linii kablowych.

#### 1.3.6 Osprzęt elektroenergetycznej linii kablowej

Zbiór urządzeń i elementów przeznaczonych do mocowania, łączenia, rozgałęzienia lub zakończenia kabli np. mufy, głowice, złączki, końcówki, uchwyty, opaski, ... Głowice i mufy kablowe są integralnymi elementami linii kablowej o parametrach zdefiniowanych w specyfikacjach technicznych osprzętu i linii.

#### 1.3.7 Odległość, Odstęp

Odległość jest to długość odcinka łączącego wybrane punkty w przestrzeni. Odstęp to najmniejsza odległość między dwoma przedmiotami, obiektami lub np. dwoma kablami (odległość w świetle).

#### 1.3.8 Odległość pozioma

Odstęp między dwoma rzutami przedmiotów lub innych obiektów na płaszczyznę poziomą.

#### 1.3.9 Odległość pionowa

Odstęp między dwoma rzutami przedmiotów lub innych obiektów na płaszczyznę pionową.

#### 1.3.10 Skrzyżowanie

Miejsce na trasie linii kablowej, w którym jakkolwiek część rzutu linii kablowej na płaszczyznę odniesienia (najczęściej poziomą) przecina lub pokrywa jakąkolwiek część rzutu innej linii kablowej lub innego obiektu podziemnego albo naziemnego lub przeszkód naturalnych na tę samą płaszczyznę. Skrzyżowanie jest to miejsce, gdzie trasa przedmiotowej linii kablowej krzyżuje (przecina) się z trasą innej linii kablowej lub innego obiektu liniowego. Kable w obszarze skrzyżowań powinny być zabezpieczone dodatkowo przed uszkodzeniem mechanicznym np. za pomocą osłon.

#### 1.3.11 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 nominalna lub dopuszczalna dla danych warunków ułożenia bez stosowania przegród lub osłon zabezpieczających i w którym nie występuje skrzyżowanie. Zbliżenie występuje wtedy gdy odstęp między przedmiotową linią kablową, a innym obiektem lub linią jest mniejszy od wartości nominalnej lub dopuszczalnej w projekcie.

#### 1.3.12 Osłona linii kablowej

Konstrukcja przeznaczona do ochrony kabli / linii kablowych przed uszkodzeniem spowodowanym działaniem czynników zewnętrznych, w tym środowiskowych. Rozróżnia się następujące rodzaje osłon:

- przykrycie - osłona ułożona nad kablem;
- przegroda - osłona ułożona wzdłuż kabla, oddzielająca go od sąsiedniego kabla lub innych urządzeń;
- osłona otaczająca - osłona wokół kabla, dzielona lub nie dzielona np. rura przepustowa, rura ochronna, kanalizacja kablowa
- osłona otwarta - osłona kabla z jednej, dwóch lub trzech stron.

Osłony mogą być wykonane z różnych materiałów stałych (metal, beton, tworzywa sztuczne). Kształt osłon i zastosowane materiały powinny zapewnić odpowiednią ochronę mechaniczną i środowiskową. Obecność osłon może wpływać na obciążalność prądową długotrwałą linii kablowych i powinna być brana pod uwagę w obliczeniach projektowych.

#### 1.3.13 Pomieszczenie kablowe

Przestrzeń w obiekcie budowlanym przeznaczona do ułożenia kabli w celu ich rozprowadzenia do urządzeń elektrycznych.

#### 1.3.14 Kanał kablowy

Kanał w obiekcie budowlanym może być wykonany w stropie, podłodze, przykrywany płytami zdejmowalnymi, przeznaczony do układania w nim kabli, nie przystosowany do przemieszczania się obsługi w jego wnętrzu. Kanał kablowy to obudowane wgłębienie w ziemi przykryte, osadzonymi na obramowaniu zbrojonymi płytami, przystosowanymi do utrzymania dużych ciężarów np. pojazdów mechanicznych.

#### 1.3.15 Kanalizacja kablowa

Ułożony w ziemi zestaw zintegrowanych przepustów (rur), najczęściej w postaci bloku np. betonowego, umożliwiający ułożenie w nich kabli oraz wielokrotną wymianę czy naprawę, bez potrzeby naruszania zewnętrznej powierzchni użytkowej np. drogi. Stosowane są kanalizacje kablowe o różnych sposobach scalania w określone bloki np. z wykorzystaniem tworzyw sztucznych. Liczba rur (przepustów) w kanalizacji kablowej powinna przekraczać liczbę aktualnie instalowanych kabli o co najmniej 1 przepust. W miejscach rozgałęzień, zmiany poziomu lub kierunku trasy kanalizacji kablowej umieszcza się studnie kablowe. Obecność kanalizacji kablowej wymaga przeliczenia obciążalności prądowej linii kablowej.

#### 1.3.16 Tunel kablowy

Tunel przeznaczony do układania w nim kabli i przystosowany do przemieszczania się obsługi w jego wnętrzu.

#### 1.3.17 Szyb kablowy

Obudowane przejście łączące więcej niż dwie kondygnacje obiektu budowlanego, przeznaczone do ułożenia w nim kabli.

#### 1.3.18 Estakada kablowa

Konstrukcja naziemna przeznaczona do układania kabli oraz instalacji i urządzeń technologicznych.

#### 1.3.19 Drabinka kablowa

Konstrukcja wsporcza w formie drabinki przeznaczona do układania kabli.

#### 1.3.20 Korytko kablowe (osłona otwarta lub otaczająca)

Konstrukcja nośna, typu półka, w postaci elementu o co najmniej trzech ścianach pełnych lub ażurowych przeznaczona do układania kabli. Korytko kablowe może być wykonane z metalu lub tworzywa sztucznego. Zaleca się, aby co najmniej dno i pokrywa korytka były ażurowe lub perforowane.

#### 1.3.21 Studnia kablowa

Pomieszczenie podziemne dla elementów linii kablowych ułatwiające ich montaż i nadzór nad eksploatacją.

#### 1.3.22 Ściana oddzielenia przeciwpożarowego

Przegroda typu ściana, z drzwiami przeciwpożarowymi służąca do podziału tunelu lub pomieszczenia kablowego na strefy pożarowe, wykonana z materiałów gwarantujących szczelność oraz izolacyjność ogniową przez określony czas.

#### 1.3.23 Przegroda przeciwpożarowa

Przegroda typu ściana z otworem przełazowym bez drzwi, wykonana w strefie pożarowej tunelu, służąca do ograniczenia rozprzestrzeniania się pożaru w obrębie jednej strefy, wykonana z materiałów niepalnych.

#### 1.3.24 Ognioodporny zespół kablowy

Kabel posiadający cechę ognioodporności wraz z jego konstrukcją nośną i osprzętem posiadający atest wydany przez certyfikowaną jednostkę badawczą gwarantującą podtrzymanie funkcji, którą ma pełnić zespół kablowy przez wymagany czas w czasie pożaru.

#### 1.3.25 Osłona trudno palna

Osłona nie podtrzymująca płomienia w temperaturze pożaru, tzn. gaśnie z chwilą odsunięcia płomienia.

#### 1.3.26 Wykopowe i bezwykopowe metody układania kabli w ziemi

Tradycyjną i powszechnie stosowaną metodą budowy linii kablowych w ziemi jest ułożenie kabli w uprzednio wykopanym rowie kablowym o określonych wymiarach, a następnie zasypanie rowu wraz z infrastrukturą kablową ziemią rodzimą lub innym wypełnieniem o ustalonych właściwościach fizycznych. Układanie linii w rowie kablowym wymaga aby powierzchnia dna i odkryta przestrzeń były wystarczająca dla wykonania prac

instalacyjnych przez pracowników budowy. Prace związane z układaniem kabli w rowach kablowych mogą być w dużej części zmechanizowane. Dla rozszerzenia możliwości budowy linii kablowych w ziemi stosowane są również tzw. **bezwykopowe** metody układania i budowy linii kablowych. Metody te zasadniczo wykorzystują oprzyrządowanie i urządzenia pozwalające na mechaniczne przygotowanie i ułożenie linii kablowej na całej lub części trasy linii bez potrzeby wykonywania rowu kablowego czyli wykopu. Do metod tych możemy zaliczyć wykonanie przecisków, przewiertów sterowanych, przewiertów poziomych i mikrotunelowania, nie stawiając praktycznie ograniczeń co do długości i głębokości ich wykonania oraz ułożenia linii (pkt.1.2 Bibliografia...).

Do układania bezwykopowego należy również metoda **plużenia**, czyli czasowego wykonania szczeliny (bruzdy) w ziemi, w celu ciągłego układania linii kablowej na dnie szczeliny z postępującym zasypywaniem. Metoda plużenia pozwala, w porównaniu do tradycyjnej metody układania linii w rowie kablowym, ograniczyć liczbę pracowników zaangażowanych w budowę i znacznie skrócić czas budowy linii kablowej. Ma szczególne zastosowanie i umożliwia budowę linii na terenach rolniczych i leśnych na głębokościach do ok. 2 m i o długościach przekraczających 1 km. Plużenie i układanie kabli, taśm ostrzegawczych i osłon wykonuje się za pomocą tzw. plugo-układaczy

### 1.3.27 Wypełnienie kontrolowane rowu kablowego

Termin dotyczy wypełnienia rowu kablowego podczas i po zainstalowaniu linii kablowej. Rów kablowy można wypełnić ziemią rodzimą lub innym materiałem zasypowym pod warunkiem, że rezystywność cieplna tych materiałów będzie odpowiednio mała i jej skład nie będzie powodował uszkodzenia kabli podczas eksploatacji. Najczęściej są to mieszanki składników ziemi, mułu, piasku i żwiru o różnych wymiarach i zawartości. Ważną rolę odgrywa obecność wapienia i gęstość ubicia. Stosuje się mieszanki piasku z cementem dla kontrolowanego wypełnienia rowu obejmującego warstwę wokół ułożonej linii kablowej np. betonitu. Rezystywność cieplna wypełnienia kontrolowanego bardzo zależy od zawartości wody.

Ogólnie parametry wypełnienia kontrolowanego powinny być zbliżone do parametrów ziemi rodzimej i są stosowane w szczególności niekorzystnych w przypadkach np. obecności gruzu lub potrzeby poprawy odprowadzania ciepła w otoczeniu zakopanej linii kablowej.

### 1.3.28 Betonit

Betonit należy do materiałów stosowanych jako wypełnienie kontrolowane rowów kablowych. Betonit to zestalona mieszanina piasku i cementu, otaczająca bezpośrednio kable elektroenergetyczne linii kablowej i stanowiąca częściowe wypełnienie rowu kablowego o ustabilizowanych właściwościach cieplnych i mechanicznych. Materiałem wyjściowym betonitu jest mieszanina piasku o różnym granulacie i cementu w proporcji 14:1 (objętościowo) lub 18-20:1 (wagowo). Mieszanina ta dostarczana jest na plac budowy w stanie mokrym. Odpowiednio ubita (około 1,6-1,7 t/m<sup>3</sup>), po czasie tworzy zestaloną warstwę betonitu. Rezystywność cieplna betonitu w stanie wysuszenia powinna być mniejsza od 1 K·m/W. Zestalony betonit można rozkruszyć aby odsłonić kable linii kablowej w celu ich przemieszczenia lub naprawy. Rezystywność cieplna betonitu podczas eksploatacji często zawiera się między 0,6-0,8 K·m/W i jest korzystna dla zwiększenia obciążalności prądowej długotrwałej.

### 1.3.29 Bentonit kablowy

Bentonit kablowy jest mieszaniną naturalnych i neutralnych dla środowiska surowców o kontrolowanym przemiele. Materiał ten służy do wypełnienia rur, osłon otaczających kable w celu zwiększenia obciążalności prądowej kabli umieszczonych w rurach oraz ustabilizowania ułożenia kabli. Materiał wyjściowy jest dostarczany na plac budowy w stanie wysuszonej mieszaniny, po upłynięciu wodą, wpompowany do rur otaczających wypełnia wszystkie wolne przestrzenie wewnątrz rury z kablem podczas budowy linii. Bentonit kablowy zestala się podczas eksploatacji linii. W razie konieczności, np. podczas usuwania awarii, materiał ten można wypłukać strumieniem wody, umożliwiając wyciągnięcie kabla z rury. Rezystywność cieplna zestalonego bentonitu kablowego w stanie wysuszenia nie powinna być większa od 1,5 K·m/W. Płuczka bentonitowa budowlana nie jest bentonitem kablowym.

### 1.3.30 Badania odbiorcze linii kablowej

Zestaw prób i pomiarów, dla których określone są jednoznaczne kryteria ich oceny, pozwalające na stwierdzenie, czy wybudowana lub przebudowana / remontowana linia kablowa spełnia ustalone wymagania i może być oddana do eksploatacji.

### 1.3.31 Badania diagnostyczne i eksploatacyjne

Zestaw prób i pomiarów wykonywanych doraźnie lub okresowo (zgodnie z przyjętą przez właściciela linii instrukcją odbioru i eksploatacji). Badania diagnostyczne wykonuje się w celu określenia stanu technicznego linii oraz wykrycia wad linii powstałych w trakcie jej eksploatacji lub naprawy. Prowadzenie badań diagnostycznych musi brać pod uwagę stopień ich zagrożenia dla żywotności badanej linii kablowej. Po badaniach diagnostycznych, w razie wątpliwości co do warunków wykonania i wyników tych badań, powinny być wykonane badania odbiorcze linii kablowej, w zakresie prób napięciowych izolacji kabli.

### 1.3.32 Pozostałe określenia

Pozostałe określenia podano w literaturowych materiałach korespondujących (pkt. 1.2 Bibliografia ...) i literaturze przedmiotowej

## 2 Wymagania ogólne, projekt, infrastruktura linii kablowych

### 2.1 Projekt i budowa linii kablowej

Wykonanie projektu i budowa linii kablowej (najczęściej w ziemi) wymaga rozpatrzenia i analizy wielu zagadnień formalno-prawnych oraz technicznych. Wymaga również od uprawnionego projektanta szerokiej wiedzy technicznej w tym technologii robót, znajomości procedur administracyjnych i znajomości zagadnień związanych z budową i eksploatacją linii. Ogólnie, postępowanie obejmuje wstępne analizy, przygotowanie wariantów, wybór i opracowanie koncepcji połączenia, dokonanie szczegółowych ustaleń przebiegu, sprawdzenie i wreszcie akceptację przyjętych w dokumentacji projektowej rozwiązań. Pod uwagę, na każdym etapie, powinny być brane m.in. wymagania przesyłowe (elektryczne), warunki środowiskowe i parametry stosowanego kabla, osprzętu oraz całego obiektu jako linii kablowej. Na etapie wariantów i koncepcji rozważane są alternatywne trasy linii, identyfikacja przeszkód oraz ewentualny podział trasy na sekcje związane z warunkami otoczenia i budowy. Przedstawiane są możliwe i zalecane techniki oraz sposoby układania kabli, w tym technologii budowy. Podejmowane są ostateczne decyzje wyboru kabli i metody sprawdzenia parametrów linii w trakcie prowadzenia robót i po zakończeniu jej budowy. W postępowaniu tym duże znaczenie mają też analizy finansowe kosztów projektu, opłat i kosztów przygotowania oraz nakładów na budowę linii kablowej. Nakłady te zależą m.in. od długości odcinków w linii kablowej związanych z typem i długością kabla dostarczanego na plac budowy na bębnoch.

Niniejsza Norma przedstawia podstawowe wymagania i wytyczne dotyczące warunków projektowania i budowy linii kablowych w szerokim zakresie stosowania dla napięć do ≤ 110 kV, a w szczególności w odniesieniu do urządzeń, kabli, osprzętu, materiałów, tras i miejsc układania linii kablowych w ziemi, oznaczania kabli i tras linii kablowych, a także warunków odległościowych, wymiarowych i technologii budowy. Przedstawione w normie warunki i wymagania mają na celu wskazanie sprawdzonych doświadczeniami rozwiązań, jednocześnie nie ograniczają możliwości stosowania nowoczesnych technologii robót i oparte są na obecnej wiedzy technicznej dla projektowania i budowy oraz eksploatacji linii kablowych. Do dyspozycji pozostają Ustawy, Rozporządzenia oraz Normy i materiały pomocnicze (pkt.1.2), które powinny być wykorzystywane podczas projektowania, w razie potrzeby bliższych wyjaśnień lub ustaleń. Projektant odpowiada za cały projekt i sposób jak wykorzysta wytyczne i wymagania przedstawione w niniejszej Normie. Biorąc pod uwagę powyższe i zakładając obecny stan technologii produkcji kabli i osprzętu oraz przestrzeganie zasad budowy linii, podanych w niniejszej Normie, można prognozować przekroczenie 50-letniego czasu efektywnej eksploatacji linii kablowych.



## 2.2 Kable , osprzęt , infrastruktura i sposoby budowy oraz ochrony linii kablowych.

### 2.2.1 Kable, osprzęt i materiały pomocnicze

Wstępny wybór typu i parametrów kabli, osprzętu oraz materiałów pomocniczych wynika z nominalnych wymagań elektrycznych i środowiskowych oraz technicznych, jakie musi spełniać projektowana linia kablowa dla zapewnienia przesyłu określonej mocy lub/i sygnałów, między urządzeniami w sieci. Konstrukcja i budowa stosowanych kabli powinny odpowiadać ich przeznaczeniu i wymaganiom Norm (własnych, producenta, SEP, norm polskich lub międzynarodowych), w tym wymienionych w pkt. 1.2. W przypadku braku norm wymagania techniczne dotyczące kabli i osprzętu powinny być uzgodnione między producentem, projektantem i użytkownikiem linii. W każdym przypadku odniesienia do Norm czy uzgodnień, dane dotyczące budowy kabli i właściwości użytych materiałów oraz wyników sprawdzeń poszczególnych wyrobów, w tym osprzętu kablowego, powinny być podane w specyfikacjach technicznych załączanych do projektu budowanej linii kablowej, łącznie z wynikami badań napięciowych długotrwałych odporności na działanie wody i temperatury w przypadku kabli SN i 110 kV. W przypadku kabli nn układanych w budynkach koniecznym jest załączenie deklaracji właściwości i zgodności z wymaganiami stawianymi wyrobom budowlanym. W projekcie powinno być zaznaczone, że dobór wyrobów oraz sposobu ich instalowania podczas budowy linii uwzględni również wymagania niniejszej Normy.

Budowa kabli i wykaz parametrów kabli podanych w specyfikacji technicznej powinien uwzględniać m.in. konfiguracje ułożenia kabli, połączenia żył powrotnych i miejsce uziemienia. Dotyczy to szczególnie kabli jednożyłowych. Kable jednożyłowe w linii kablowej mogą być układane w konfiguracji trójkąta równobocznego lub w układzie płaskim, w różnych układach połączeniowych żył powrotnych. Odległość między kablami decyduje o obciążalności prądowej linii. W specyfikacjach technicznych kabli jednożyłowych podaje się najczęściej parametry przesyłowe dla kabli ułożonych w układzie trójkąta na styk lub w układzie płaskim dla kabli ułożonych w odstępie równym średnicy zewnętrznej kabli. Układanie kabli w innych warunkach aniżeli podanych w standardowej specyfikacji technicznej kabli wymaga wykonania przeliczenia np. obciążalności prądowej na warunki projektowe. Na plac budowy kable o napięciu wyższym od 1 kV powinny być dostarczane na bębnach kablowych, a ich zakończenia zabezpieczone termokurczliwą końcówką. Ostateczny wybór kabli i osprzętu oraz innych materiałów instalacyjnych następuje po ustaleniu trasy linii kablowej oraz warunków i sposobów jej układania.

### 2.2.2 Infrastruktura układania linii kablowych i podstawowe wymagania

#### 2.2.2.1 Rowy kablowe (wykopy)

Powszechnie stosowaną metodą budowy linii kablowych w ziemi jest ułożenie kabli w uprzednio wykopanym rowie kablowym o określonych wymiarach, a następnie zasypanie rowu wraz z infrastrukturą kablową ziemią rodzimą lub innym wypełnieniem o ustalonych właściwościach fizycznych. Budowa rowów kablowych wymaga wykorzystania pasa technicznego ok. 3-5 m. Ziemia z wykopu powinna być składowana w odległości 30-40 cm od krawędzi wykopu, po jednej stronie rowu. Bezpośrednio wykonywany wykop nie powinien przekraczać głębokości 1,5 m. Układanie linii w rowie kablowym wymaga aby powierzchnia dna i odkryta przestrzeń były wystarczająca dla wykonania prac przygotowawczych i instalacyjnych przez pracowników budowy wewnątrz rowu. Decydują ogólne warunki bezpieczeństwa związane z wykonywaniem prac ziemnych i budowlanych, a szczególnie w przypadku konieczności wykonania rowu o większej głębokości, gdzie może być wymagana obudowa rowu.

Wymagana lub projektowana głębokość ułożenia kabli jest liczona od powierzchni terenu do zewnętrznej górnej powierzchni najbliższego kabla linii lub jego osłony. Głębokość wykopu powinna być o 20-30 cm większa od nominalnej lub projektowanej głębokości ułożenia kabli linii kablowej (zależy od średnicy kabla). Szerokość dna wykopu dla ułożenia kabli powinna być taka, aby odległość najbliższego kabla do ściany rowu na dnie wykopu była większa od 20 cm. Szerokość górna wykopu zależy od rodzaju gruntu, ale powinna być większa od szerokości dna rowu o 30-40 cm. Szerokość wykopu powinna uwzględniać również sposób ułożenie kabli linii oraz wygodę pracowników układających kable. W przekroju zasypanego rowu kablowego możemy wyróżnić 3 warstwy wypełniające: warstwę podkładową (WP), warstwę otaczającą (WO) i warstwę zasypową (WZ).

Kable w ustalonej konfiguracji układa się na warstwie podkładowej (WP) piasku lub na warstwie przesianej ziemi rodzimej. Grubość tej warstwy powinna wynosić co najmniej 10 cm. Dno rowu przed nasyceniem piasku lub ziemi powinno być wyrównane i pozbawione wystających ostrych kamieni lub innych przedmiotów. Ułożone na warstwie podkładowej kable należy otaczać warstwami (WO) ubitego piasku lub przesianej ziemi do grubości co najmniej 10 cm powyżej ich górnej powierzchni lub osłony kabli, a następnie rów zasypać gruntem rodzimym lub piaskiem (WZ), z jednoczesnym, warstwowym ubijaniem.

Zamiast warstw piasku lub przesianej ziemi można zastosować inne mieszaniny wypełniające (wypełnienia kontrolowane) pod warunkiem, że rezystywność cieplna ziemi i mieszanin w stanie wysuszenia nie będzie większa od 1,5 K·m/W. Zaleca się jednak stosowanie mieszanin otaczających (WO) kable w postaci warstw o rezystywności cieplnej w stanie wysuszenia, mniejszymi od 1,2 K·m/W. Dane dotyczące parametrów wypełnienia rowu powinny być wykorzystane podczas obliczeń obciążalności prądowej i doboru przekroju żył kabli linii ułożonych w ziemi.

Wybór sposobu ułożenia kabli i wykonania wypełnienia rowu kablowego zależy od typu kabli i warunków środowiskowych w danym odcinku trasy linii kablowej. Prace ziemne związane z kopaniem i zakopywaniem rowów oraz z układaniem kabli w rowach mogą być w dużej części zmechanizowane. Podstawowe wymagania związane z układaniem kabli w ziemi przedstawiono w pkt. 3 Normy.

#### 2.2.2.2 Szczelina płużeniowa (bruzda)

Dla rozszerzenia możliwości układania linii kablowych w ziemi i przyspieszenia budowy linii kablowych coraz powszechniej stosuje się metodę **płużenia**. Metoda ta pozwala na mechaniczne przygotowanie i ułożenie linii kablowej w ziemi na całej lub części trasy linii, bez potrzeby wykonywania rowu kablowego. Płużenie polega na czasowym wykonaniu szczeliny w ziemi (bruzdy), w celu ciągłego układania linii kablowej na dnie szczeliny z postępującym zasypywaniem. Czynności te wykonuje się mechanicznie za pomocą tzw. pługo-układaczy. Metoda ta jest wykorzystywana najczęściej do budowy linii kablowych na terenach otwartych, z pasem technicznym o szerokości 2-4 m wzdłuż trasy budowanej linii. Ma szczególne zastosowanie i umożliwia budowę linii na terenach rolniczych i leśnych na głębokościach do ok. 2 m i o długościach przekraczających 1 km. Możliwości budowy linii kablowej metodą płużenia oraz jakości budowy linii związane są z budową i jakością kabli oraz zastosowanych typów urządzeń i maszyn.

Podstawowymi wymaganiami dla pługo-układaczy kabli powinna być konieczność wykonania bruzdy na głębokość o co najmniej 20 cm większą od nominalnej lub projektowanej głębokości ułożenia kabli linii kablowej. Powierzchnia dna szczeliny powinna być ugnieciona (płaska), bez wystających kamieni. Kształt lemieszów lub/i odległość zakończenia układacza (prowadnicy) od lemieszów powinny umożliwić częściowe przysypanie dna szczeliny, przed ułożeniem w niej kabla. Pługo-układacze powinny umożliwić jednoczesne z kablem układanie taśm(y) ostrzegawczej linii i ewentualnie linii światłowodowej, z przysypywaniem i w wymaganych odległościach nad linią kablową. Zakończenia poszczególnych przewodnic powinny być przesunięte odległościowo, aby umożliwić przysypywanie kolejnych elementów linii. Metoda ta szczególnie jest przydatna podczas układaniu kabli tworzących układ trójkątny tzn. kabli trójżyłowych lub kabli jednożyłowych owiniętych siatką lub taśmą, dla uzyskania stabilnego układu trójkątnego. Obwój/e z siatki lub perforowanej taśmy utrzymuje kable w układzie trójkątnym, jednocześnie stanowiąc dodatkową osłonę przed mechanicznym uszkodzeniem kabli podczas układania w ziemi. Najczęściej kable są dostarczane i odwijane z bębnow kablowych. Owijanie kabli jednożyłowych umożliwia układanie dłuższych odcinków linii kablowej, bez potrzeby wykonania dużej liczby muf. Pługo-układacze są również przystosowane do układania osłon otaczających (rur) przeznaczonych do późniejszego wciągnięcia do nich kabli.

Zastosowanie metody płużenia wymaga uprzedniego wykonania jednostkowej oceny warunków geofizycznych i środowiskowych co do projektowanej trasy i możliwości budowy linii kablowej. Pługo-układacze mogą być wykorzystywane do układania kabli w różnych gruntach, przy czym w

przypadku gruntów twardych z ostrymi kamieniami pod uwagę należy brać konieczność zastosowania układacza z możliwością wykonywania podspki z piasku. Pozostałe wymagania przedstawiono w pkt. 3. Budowa linii kablowych w ziemi.

#### **2.2.2.3 Kanały kablowe w ziemi**

Kanały kablowe są budowane tam, gdzie nie ma możliwości poprowadzenia linii kablowej bezpośrednio w ziemi ze względu na ograniczenia powierzchniowe lub głębokościowe. Pod uwagę są brane również możliwości szybkiej naprawy lub wymiany kabli podczas eksploatacji. Dotyczy to szczególnie wewnętrznych terenów dużych zakładów przemysłowych, stacji energetycznych. Kanał kablowy w ziemi to obudowane wgłębienie przykryte, osadzane na obramowaniu zbrojonymi płytami. Możemy rozróżnić kanały jako np. pojedyncze, podwójne oraz głębokie, w zależności od liczby linii kablowych. Kanały kablowe powinny być wykonane z materiałów niepalnych. Kanały kablowe powinny mieć odwodnienie i być budowane z niewielkim spadkiem podłużnym lub poprzecznym. Płyty pokrywające powinny być zdejmowalne na całej długości kanału. Pokrywy kanału kablowego powinny być wykonane ze wzmocnionego betonu lub z płyt z tworzywa sztucznego aby zapewnić wystarczająco dobrą ochronę mechaniczną dla kabli. Powinny one być w pełni podparte i umieszczone przy ściankach koryta w taki sposób, aby pokrywy nie wywierały nacisku na materiał wypełnienia lub na kabel z powodu ruchu kołowego przebiegającego nad płytami o obciążeniu na koło > 80 kN.

Dopuszcza się wykonanie kanałów bez możliwości dostępu z góry, na długości jednak nie większej niż 200 cm. Kanały pojedyncze i podwójne nie powinny przekraczać głębokości 0,6 m, a szerokość pojedynczych 1 m.

Kanały kablowe, jeżeli nie są na całej długości zasypywane piaskiem, powinny być podzielone na strefy pożarowe przez zastosowanie ścian oddzielenia przeciwożarowego. Ściany oddzielenia przeciwożarowego nie powinny utrudniać odwodnienia kanałów. Długość strefy pożarowej nie powinna być dłuższa niż 100 m. W uzasadnionych przypadkach zamiast ściany oddzielenia przeciwożarowego dopuszcza się stosowanie osłony otaczającej w postaci warstwy ogniochronnej (powłoki ogniochronnej) naniesionej na izolacyjną powłokę lub osłonę kabla na długości nie mniejszej niż 150 cm. Dotyczy to w szczególności kabli w powłokach lub osłonach izolacyjnych wykonanych z materiałów termoplastycznych (np. PE, MDPE, HDPE). W kanałach kablowych wykonanych na zewnątrz budynków i znajdujących się powyżej poziomu wody gruntowej dopuszcza się dno kanału gruntowe, pokryte na całej powierzchni ubitą warstwą piasku i żwiru o grubości co najmniej 10 cm. Większa ilość kabli w kanale, ułożonych w rurach lub wielootworowych blokach np. betonowych, tworzy tak zwaną kanalizację kablową- układaną wzdłuż dróg lub ulic w terenie zabudowanym. Kanalizacje budowane z wykorzystaniem tworzyw sztucznych mogą stanowić ograniczenia ze względu na obciążalność prądową układanych kabli.

#### **2.2.2.4 Studnie kablowe**

Studnie kablowe powinny być wykonane z materiałów niepalnych i powinny być przykryte zdejmowalnymi płytami lub mieć zamykany włącz.

Wielkość studni kablowych powinna umożliwiać przeciąganie, zmianę kierunku ułożenia oraz wykonanie połączeń kabli. W odległości 30 cm od zakończenia muf, w osi kabli, powinny być usytuowane trwale uchwyty kablowe.

#### **2.2.2.5 Szyby kablowe**

Szyby kablowe należy wykonywać z materiałów niepalnych oraz dzielić na strefy pożarowe o długości nie większej niż 25 m. Oddzielenia pożarowe poszczególnych stref pożarowych należy wykonywać przegrodami przeciwożarowymi przez zastosowanie materiału gwarantującego szczelność oraz izolacyjność ogniową nie mniejszą niż 90 min. Dla kabli wprowadzanych do strefy dopuszcza się stosowanie osłon ogniochronnych o długościach nie krótszych jak 4 m.

Do każdej strefy pożarowej należy zapewnić dostęp umożliwiający wykonywanie prac eksploatacyjnych.

#### **2.2.2.6 Tunele i pomieszczenia kablowe**

Tunele i pomieszczenia kablowe powinny być wykonane z materiałów niepalnych i powinny być tak zbudowane, aby przenikanie do ich wnętrza wody i zanieczyszczeń było utrudnione.

Tunele i pomieszczenia kablowe o powierzchni 50 m<sup>2</sup> i większej powinny mieć:

- wysokość w świetle co najmniej 200 cm,
- drzwi wejściowe i przejścia komunikacyjne o szerokości co najmniej 80 cm,
- budowę zapewniającą możliwość ewakuacji ludzi,
- przewietrzanie naturalne lub sztuczne z możliwością jego przerywania,
- odwodnienie.

Tunele o długości przekraczającej 100 m powinny być podzielone przegrodami przeciwożarowymi, o odporności ogniowej nie mniejszej jak 60 minut, na strefy pożarowe o długości nieprzekraczającej 100 m. Zaleca się dzielenie poszczególnych stref pożarowych przegrodami przeciwożarowymi o odporności ogniowej 30 minutowej, na odcinki po około 50 m. Tunele o długości ponad 20 m i pomieszczenia kablowe o powierzchni większej niż 50 m<sup>2</sup> powinny mieć oświetlenie elektryczne.

#### **2.2.2.7 Inne metody budowy linii kablowych w ziemi**

Ze względu na różnorodność warunków technicznych i środowiskowych, w obszarach projektowanych tras linii kablowych, istnieje konieczność budowy linii bez możliwości naruszania powierzchni ziemi. Linie kablowe mogą być budowane z wykorzystaniem specjalistycznego sprzętu bez wykopów. Metody te noszą nazwę „bezwykopowych” i obejmują m.in. przeciskanie, przewiercanie, mikro-tunelowanie. Technologiom tym towarzyszy wykonanie pojedynczych otworów w ziemi, ale wszystko jest wykonywane mechanicznie. Wykonywanie prac pod ziemią jest pilotowane za pomocą różnych sposobów nawigacji i sterowania. Metody bezwykopowe (pkt 1.3.26) najczęściej są stosowane przy budowie linii kablowych wysokich napięć oraz w szczególnych warunkach przebiegu trasy linii kablowych. Metody bezwykopowe są prowadzone przez wyspecjalizowane firmy, które we własnym zakresie proponują rozwiązania projektowe i wykonawcze w uzgodnieniu z projektantem linii kablowej.

#### **2.2.2.8 Estakady kablowe**

Konstrukcja estakady powinna mieć odpowiednią wytrzymałość mechaniczną. Metalowa konstrukcja estakady powinna być skutecznie uziemiona.

Estakady kablowe powinny być wyposażone w odpowiednie półki, drabinki kablowe lub korytka kablowe. Należy unikać układania kabli w miejscach, gdzie konstrukcja stalowa mogą tworzyć obwód zwarty obejmujący jedną lub dwie fazy linii kablowej. Kable układane na estakadach nie wymagają tworzenia stref pożarowych. Jeżeli dla układanych kabli istnieje zagrożenie pożarowe od zewnątrz, to kable te (linie) powinny być prowadzone w ogniochronnych kanałach kablowych lub powinny być pokryte powłoką ogniochronną na długości zagrożenia.

#### **2.2.2.9 Osłony linii kablowych**

Konstrukcja i materiał osłon powinny być tak dobrane, aby chroniły kabel przed zagrożeniami wywołanymi czynnikami zewnętrznymi oraz środowiskowymi. Potwierdzenie wymaganych właściwości i innych parametrów powinno być zapisane w dołączonych do projektu specyfikacjach technicznych osłon.

Wykorzystanie osłon otaczających (rur, koryt) powinna zapewnić bezpośrednią ochronę kabli przed uszkodzeniem. Wnętrza osłon otaczających nie powinny powodować uszkodzeń zewnętrznej warstwy chronionego kabla. Osłony otaczające powinny być tak ułożone, by nie zbierała się w nich woda i nie następowało ich zamulanie. Zaleca się wypełnienie bentonitem kablowym wszystkich osłon otaczających (rur) kable o  $U_n = 64/110$  kV i

długości większej od 7 m. Kable ułożone w przepustach rurowych wykonanych metodą przewiertu sterowanego na głębokość większą niż 2,5 m powinny być wypełnione bentonitem kablowym w całości.

Wciąganie kabli do osłon, kanalizacji, kanałów czy rur nie powinno stwarzać zagrożenia uszkodzenia kabli i ich powłoki. Drożność rur powinna być uprzednio sprawdzona. Wyjścia z osłony otaczającej w ścianach, stropach (tuneli, kanałów lub budynków) po ułożeniu kabli powinny być uszczelnione materiałem niepalnym.

### 2.3 Wybór trasy linii kablowej

Trasę linii kablowej należy ustalić z uwzględnieniem następujących zasad:

- długość trasy linii kablowej powinna być jak najkrótsza
- wybór trasy nie powinien powodować konieczności przebudowy innych urządzeń podziemnych czy podziemnych.
- liczba skrzyżowań i zbliżeń kabli z innymi urządzeniami w trasie oraz liczba przejść przez ściany, stropy i inne przeszkody powinna być jak najmniejsza;
- struktura gruntu według wybranej trasy powinna umożliwiać unikanie konieczności stosowania specjalnych typów kabli i osprzętu kablowego, czy specjalnego sposobu ułożenia kabli ( błota, zapadliny,...) lub ograniczała znacznie obciążalność prądową kabli ( np. suchy piasek).
- kable powinny być jak najmniej narażone na uszkodzenia mechaniczne i szkodliwe wpływy czynników zewnętrznych (np. chemicznych), aby zapewnić niezawodność eksploatacji linii i dostęp do kabli w czasie eksploatacji
- trasa linii kablowych układanych w ziemi powinna być wyznaczona wzdłuż dróg, ulic lub chodników czy przejść przez trawniki lub pasów do tego przeznaczonych. Trasa linii układanych wzdłuż rzek i brzegów jezior powinna być wyznaczona poza miejscami narażonymi na podmywanie przez wodę. Należy unikać prowadzenie kabli przy dużym nachyleniu terenu.
- trasa linii kablowej powinna uwzględniać i ułatwiać dostawę kabli i materiałów w czasie jej budowy oraz dokonywanie obchodów i remontów podczas eksploatacji.
- trasa linii kablowej obejmuje również układanie kabli w obiektach budowlanych, w tym na stacjach elektroenergetycznych i powinna być brana pod uwagę podczas projektowania i budowy.
- prowadzenie kabli przez pomieszczenia i strefy zagrożone wybuchem lub pożarem należy ograniczyć do kabli zasilających urządzenia w tych pomieszczeniach lub strefach, jak również należy spełnić powiązane warunki określone w odrębnych przepisach;
- trasy linii kablowych w obiektach budowlanych powinny być prowadzone tak aby ograniczyć liczbę przejść przez ściany, stropy, itp., a także obejść, szczególnie różnego rodzaju rurociągów ( np. grzewczych ) lub innych konstrukcji wprowadzających zagrożenie uszkodzenia mechanicznego lub pogorszenia warunków chłodzenia kabli.
- linie rezerwowe powinny być prowadzone innymi trasami niż linie rezerwowane.
- podczas wyboru trasy linii kablowej należy brać jednocześnie pod uwagę wymagania i możliwe do zastosowania sposoby układania kabli

### 2.4 Podstawowe elementy linii kablowych i ich parametry

#### 2.4.1 Napięcie znamionowe kabli

Napięcie znamionowe kabla nie może być mniejsze niż odpowiadające mu napięcie nominalne sieci, do której linia wykonana tym kablem ma być włączona.

Do budowy linii kablowych dopuszcza się zastosowanie kabli wraz osprzętu o napięciu znamionowym wyższym aniżeli odpowiadające napięcie znamionowe budowanej lub przebudowywanej/ remontowanej linii kablowej. Kable te podlegają wówczas wymaganiom stawianym kablom o napięciu znamionowym równym napięciu znamionowemu linii kablowej, w której zostały zainstalowane. W przypadku, gdy linia kablowa została wybudowana z wykorzystaniem kabli i osprzętu o wyższym napięciu znamionowym to wówczas napięcie znamionowe linii kablowej może zostać podwyższone do napięcia na które została wybudowana, o ile wszystkie kable, osprzęt kablowy oraz elementy instalacji linii spełniają wymagania przewidziane dla napięcia sieci, do którego dana linia ma zostać podwyższona. W każdym przypadku badania całej linii przeprowadza się dla nowego napięcia znamionowego linii kablowej.

#### 2.4.2 Przekrój żył kabli

Przekroje żył kabla powinny być tak dobrane, aby dla danych warunków eksploatacji linii kablowej, wartość prądu obciążenia kabla nie była większa od dopuszczalnej wartości obciążalności prądowej długotrwałej, krótkotrwałej lub dobowo-zmiennej, a wartość prądu zwarciovego w linii nie powodowała przekroczenia dopuszczalnych wartości temperatur żył roboczych i powrotnych kabla podanych przez producenta dla warunków zwarciovych. Dla kabli o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV przekrój żył kabli powinien być dobrany również w zależności od dopuszczalnego spadku napięcia oraz wymagań ochrony przeciwporażeniowej.

W przypadku występowania odmiennych warunków odprowadzenia ciepła z kabla w różnych odcinkach trasy linii kablowej, przekrój żył roboczych kabli w linii należy dobrać dla najbardziej niesprzyjających warunków chłodzenia, w określonych warunkach eksploatacji, najczęściej dla współczynnika obciążenia  $m=1$ , o ile inaczej nie zastrzeżono np. poprzez zastosowanie w tym niewrażliwym obszarze trasy kabli o większym przekroju żył lub przebudowy trasy. Doboru przekroju żył dokonuje się w oparciu o obliczenia wg znanych metod np. podanych w pkt.1.2

#### 2.4.3 Izolacja żył

Przy budowie, przebudowie i remontach linii kablowych należy stosować kable o izolacji stałej wykonanej w procesie wytłaczania tworzyw sztucznych lub gumy. Rodzaj materiału izolacji kabli jak i wymagane właściwości powinny być określone w zależności od przeznaczenia i warunków eksploatacyjnych linii kablowej i podane w specyfikacjach technicznych kabli. Specyfikacja dla kabli o izolacji PE, XLPE powinna zawierać informację o pozytywnym wyniku badań starzeniowych odporności długotrwałej na działanie wody oraz wyniki prób starzeniowych w podwyższonej temperaturze wg wymagań norm (pkt 1.2).

#### 2.4.4 Powłoki, pancerze i osłony kabli

Powłoki, pancerze i osłony kabli powinny chronić izolację kabla przed szkodliwym oddziaływaniem warunków i środowiska występującego na trasie linii kablowej.

Przy doborze kabli należy przestrzegać następujących zasad:

- w miejscach narażonych na przemieszczenie gruntu oraz w strefach działania prądów błądzących należy układać kable w osłonach otaczających (rurach lub korytach kablowych) z tworzyw sztucznych
- jeżeli przewiduje się występowanie w kablach naprężeń rozciągających, to należy stosować kable opancerzone drutami; Należy unikać układania kabli bezpośrednio, w jednym odcinku w ziemi, gdy nachylenie terenu na długości 4 m jest większe jak 30°. W pozostałych przypadkach kable powinny być mocowane w uchwytach.
- powłoki izolacyjne kabli jednożyłowych i wielożyłowych wykorzystywanych do budowy linii kablowych metodą płuzenia powinny być wykonane z polietylenu o średniej lub dużej gęstości (MDPE, HDPE).
- żyły kabli, np. sygnalizacyjnych, powinny być chronione (ekrany współosiowe) przed oddziaływaniem pól elektromagnetycznych, jeżeli takie pola mogłyby zakłócić działanie obwodów, do których kabel jest przyłączony.

## 2.4.5 Połączenia żył roboczych, żył powrotnych, powłok metalowych i pancerzy kabli

### 2.4.5.1 Własności elektryczne połączeń

Własności elektryczne połączeń żył powinny odpowiadać warunkom przewodzenia wymaganych dla odpowiadających elementów budowy zastosowanych kabli np. w PN-90/E-06401

Obciążalność zwarciova połączeń metalowych powłok kabli, żył powrotnych, pancerzy wraz z uziemieniem powinna być nie mniejsza niż obciążalność zwarciova powłok, żył powrotnych i pancerzy łączonych kabli .

### 2.4.5.2 Wykonanie połączeń

Metalowe powłoki, żyły powrotne oraz pancerze łączonych odcinków kabli powinny być połączone metalicznie ze sobą oraz z metalowymi obudowami muf, głowic oraz uziemieniem. Układ połączeń powłok metalowych i żył powrotnych kabli jednożyłowych powinien uwzględniać rodzaj materiałów , przekrój oraz możliwość przepływu prądów obciążenia , zwarciowych w nich indukowanych np. w układach dwustronnego uziemienia żył powrotnych.

## 2.4.6 Zakończenia i łączenia kabli

### 2.4.6.1 Głowice i mufy

Kable linii kablowych powinny być zakończone głowicami i łączone mufami , tam gdzie jest to wymagane . Głowice i mufy powinny być dostosowane do typu kabla, jego napięcia znamionowego, przekroju i liczby żył oraz warunków otoczenia w miejscu zainstalowania. Głowice i mufy powinny być dostosowane do warunków zwarciowych występujących w miejscu zainstalowania oraz do dopuszczalnej obciążalności prądowej kabli. Zastosowane głowice i mufy muszą posiadać świadectwo producenta o spełnieniu wymagań w odniesieniu do kabli, na których mają być zainstalowane.

Głowice i mufy na napięcie 110 kV powinny spełniać wymagania współpracy z odpowiadającymi im kablami. Powinny przejść , z wynikiem pozytywnym badania systemów kablowych, prowadzonych zgodnie z wymaganiami norm dotyczących budowy i badań kabli (pkt. 2.1)

### 2.4.6.2 Zakończenia kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, ( $U_n \leq 1$ kV)

Kable o napięciu znamionowym do 1 kV należy zabezpieczyć przed wnikaniem wody do ich wnętrza oraz bezpośrednim oddziaływaniem promieniowania UV. W przypadku zastosowania w warunkach napowietrznych kabli z izolacją żył wykonaną z polietylenu lub polietylenu usieciowanego nieudpornionego na działanie promieni UV, należy osłonić izolację przed bezpośrednim działaniem tego promieniowania. lub odtworzyć budowę kabla. Nie wymaga się wykonania głowic Zaleca się wykorzystanie osłon (koszułek) zimno lub termokurczliwych. Żyły robocze kabli powinny być zakończone końcówkami dostosowanymi do przekroju i materiału żyły.

### 2.4.6.3 Zakończenia kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV , ( $U_n > 1$ kV)

Zakończenia kabli należy wykonywać głowicami kablowymi przeznaczonymi do instalowanych na kablach o określonym napięciu znamionowym i przekroju żyły roboczej. W warunkach wewnętrznych dopuszcza się niestosowanie głowic kablowych na zakończeniach kabli o napięciu do 6 kV o izolacji z tworzyw sztucznych , pod warunkiem zabezpieczenia żył roboczych i wnętrza kabla przed wnikaniem wody. Zaleca się zastosowanie osłon (koszułek) zimno lub termokurczliwych . Żyły robocze kabli powinny być zakończone końcówkami kablowymi dostosowanymi do przekroju i materiału żyły roboczej. Dokumentacja projektowa powinna zawierać specyfikacje i warunki instalowania głowic na zakończeniach linii kablowej.

### 2.4.6.4 Łączenie kabli

Kable należy łączyć za pomocą muf kablowych przeznaczonych do instalowanych kabli o określonym napięciu znamionowym i przekroju żyły roboczej. Żyły robocze kabli w mufach powinny być łączone za pomocą złączek kablowych dostosowanych do przekroju i materiału żył kabli.

W uzasadnionych przypadkach dopuszcza zastosowanie bezpośredniego sposobu łączenia żył np. metodą spawania. Zaleca się stosowanie złączek śrubowych , ze śrubami o zrywalnych łbach. . Niezależnie od sposobu wykonania połączenia żył w mufach , miejsce to powinno być izolowane oddzielnie.

Dopuszcza się wykonywanie wspólnej izolacji w mufach kablowych przy łączeniu kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, jeżeli wewnątrz mufy jest wypełnione materiałem o właściwościach izolacyjnych i uszczelniających.

Żyły powrotne , pancerze łączonych odcinków kabli muszą być połączone między sobą , w sposób odpowiadający wymaganym parametrom kabli w linii lub wykonane zgodnie z instrukcją montażu dla określonego typu mufy.

W mufach kablowych do kabli o powłoce metalowej o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV, przy łączeniu powłok należy stosować wkładki metalowe, gwarantujące ciągłość i szczelność połączeń. Metalowe wkładki muf powinny być przyłączone szczelnie z metalowymi powłokami kabli. Dokumentacja projektowa powinna zawierać specyfikacje dla każdego rodzaju zastosowanych muf oraz warunki ich instalowania w linii kablowej.

### 2.4.6.5 Miejsce instalowania muf

W przypadku układania wiązek kabli składających się z kabli jednożyłowych, zaleca się zainstalowanie muf na kablach poszczególnych faz w taki sposób, aby mufy względem siebie były przesunięte wzdłuż długości trasy linii kablowej i nie stykały się ze sobą i z kablami. Mostki łączące , szczególnie w stacjach , nie powinny zawierać muf, przebity odcinek należy wymienić na nowy. Warunki instalowania muf w studniach kablowych mogą umożliwić zainstalowanie bez wzajemnego przesunięcia względem siebie.

Nie dopuszcza się instalowania muf w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem. Nie zaleca się stosowania muf w pomieszczeniach, tunelach, kanałach i szybach kablowych. Nie dopuszcza się stosowania muf w korpusach ( obudowach) żeliwnych.

### 2.4.6.6 Oznaczenie kabli i linii kablowych

Kable linii kablowych powinny być identyfikowane za pomocą oznaczników. Oznaczniki powinny być wykonane w postaci obejmującego kabel paska z tworzywa sztucznego o grubości co najmniej 1 mm.

Na oznacznikach należy umieścić trwałe napisy zawierające, co najmniej:

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

Zaleca się również umieszczanie danych dotyczących długości linii kablowej, zgodnych z kierunkiem zasilania podanym w projekcie.

Linie kablowe powinny być identyfikowane za pomocą oznaczników nałożonych i obejmujących poszczególne kable linii. Dopuszcza się oznaczenie linii kablowej o napięciu znamionowym do 30 kV jednym oznacznikiem obejmującym trzy fazy jednego toru linii. Linie kablowe jednożyłowe o napięciu powyżej 30 kV powinny być oznaczane na każdym kablu z podaniem oznaczenia fazy (L1, L2, L3).



Oznaczniki kabli sterowniczych i sygnalizacyjnych układanych w obiektach i na terenach wydzielonych stacji i rozdzielni elektroenergetycznych, należy rozmieszczać na trasie kabla oraz na początku i końcu kabla, w pobliżu przyłączenia kabli do listwy zaciskowej.

Kable ułożone w powietrzu powinny być zaopatrzone w trwałe oznaczniki przy głowicach i odbornikach oraz w takich miejscach i odstępach, aby identyfikacja kabla była jednoznaczna. Oznaczniki kabli ułożonych w kanałach i tunelach należy umieszczać w odstępach nie większych niż 20 m.

Kable i linie ułożone w ziemi powinny być zaopatrzone na całej długości w trwałe oznaczniki linii rozmieszczone w odstępach nie większych niż 10 m oraz przy mufach i w miejscach charakterystycznych, np. przy skrzyżowaniu, wejściach do kanałów i osłon otaczających.

Dopuszcza się układanie linii kablowych w ziemi bez oznaczników linii, jeżeli linia ta jest linią trójfazową we wspólnej powłoce lub obwoju taśmowym i jest układana metodą płuzenia w brudzie. Oznaczniki na przyłączeniach tej linii do sieci i odbioru muszą mieć informację, że w określonej długości trasy linii, linia nie posiada oznaczników co 10 m, jedynie w miejscach muf i głowic.

## 2.5 Ochrona kabli i warunki układania

### 2.5.1 Osłony i ochrona kabli przed uszkodzeniami mechanicznymi

W miejscach, w których w zwykłych warunkach użytkowania przewiduje się występowanie naprężeń mechanicznych mogących spowodować uszkodzenie kabla, kabel należy układać w osłonach. W szczególności należy osłaniać kable:

- ułożone na mostach, wiaduktach i przyczółkach;
- ułożone na wysokości nie przekraczającej 250 cm w miejscach dostępnych dla osób nie należących do obsługi urządzeń elektrycznych;
- ułożone w ziemi pod drogami, torami, rzekami itp.

Dopuszcza się układanie kabli o napięciu znamionowym nie większym niż 30 kV bez osłon otaczających, pod warunkiem posiadania powłok z polietylenu. Zaleca się stosowanie powłok typu MDPE lub HDPE

- pod drogami z nawierzchnią rozbieralną,
- pod drogami zbiorczymi, lokalnymi, dojazdowymi z nawierzchnią nierozbieralną i szerokości nie większej niż 3 m, pod warunkiem ułożenia równoległe do trasy linii kablowej wolnej osłony otaczającej.

Kable wyprowadzane z ziemi powinny być umieszczone w osłonach otaczających.

W miejscach wyjścia z osłon i do osłon kable należy tak ułożyć i zabezpieczyć, aby nie były narażone na uszkodzenie np. ścinanie i zginanie czy nadmierne zginanie.

Zastosowana technologia układania kabli w każdym przypadku powinna uniemożliwiać:

- tarcie zewnętrznej warstwy kabla o ściany lub dno wykopu, kanału albo tunelu,
- przekroczenie dopuszczalnej siły ciągnięcia kabla lub promienia zginania.

### 2.5.2 Ochrona kabli przed korozją

W środowisku o wysokim stopniu korozyjności należy stosować kable o powłokach zewnętrznych odpornych na korozję lub w osłonach otaczających (rurach lub korytach kablowych) wykonanych z tworzyw sztucznych. Wszystkie połączenia elektryczne wykonane na zewnątrz linii kablowej powinny być zabezpieczone antykorozyjnie.

### 2.5.3 Ochrona kabli przed prądami błądzącymi

W strefach działania prądów błądzących należy stosować kable o powłokach lub osłonach odpornych na ich działanie lub kable układać w osłonach otaczających (rurach lub korytach kablowych) wykonanych z tworzyw sztucznych. W obszarze występowania prądów błądzących należy unikać umieszczania muf oraz montażu skrzynek uziemiających.

### 2.5.4 Ochrona kabli przed promieniami ultrafioletowymi

Odcinki linii kablowej narażone na działanie promieni UV powinny być wykonane kablami o budowie odpornej na ich działanie lub osłonięte ekranami, czy innymi konstrukcjami osłonowymi. Wymaganie odporności dotyczy szczególnie powłok i osłon kabli. Izolacja kabli w każdym przypadku powinna być zabezpieczona przed bezpośrednim oddziaływaniem UV

### 2.5.5 Ochrona przeciwporażeniowa

Uziemienie metalowych obudów muf / podstaw głowic powinno być wykonane w sposób widoczny. W przypadku stosowania głowic z materiału izolacyjnego lub bezgłowicowego zakończenia kabla, metalowe powłoki, żyły powrotne i pancerze kabli należy połączyć z uziemieniem na każdym końcu kabla. Dopuszcza się wykonanie tych połączeń z uziemieniem na jednym końcu kabla, jeżeli w warunkach zakłóceń ma to zapobiec wynoszeniu potencjału elektrycznego poza teren stacji lub ograniczyć prąd w żyłach powrotnych, pod warunkiem zastosowania specjalnych środków do ochrony obsługi przed porażeniem.

Jeżeli zostaną zastosowane specjalne środki ochronne, zapobiegające porażeniu przy dotknięciu zewnętrznych metalowych części linii kablowej, to jest dopuszczalne przerwanie elektrycznej ciągłości tych części wówczas, gdy:

- stosuje się mufy z przegrodą izolacyjną w celu zapobieżenia przepływowi prądów przez metalowe części kabla,
- ma ono zapobiec połączeniu odizolowanych systemów przez metalowe części kabla.

### 2.5.6 Ochrona przed przepięciami od wyładowań atmosferycznych

W przypadku konieczności ułożenia kabla w ziemi lub kanale w zbliżeniu do elementów systemu ochrony budowli od wyładowań atmosferycznych należy zastosować środki ochronne zapobiegające indukowaniu się napięć w żyłach kabli przy założeniu przepływu prądu piorunowego w przewodach uziemiających, odpowiadającego klasie ochrony obiektu budowlanego.

### 2.5.7 Temperatura kabli przy układaniu

Temperatura kabli oraz otoczenia przy układaniu nie powinna być niższa niż 0°C. W wyjątkowych przypadkach, o ile w specyfikacji kabla producent przewidział, kabel można układać w temperaturach otoczenia nie niższych niż -10°C. Dokładne warunki temperaturowe układania powinny być podane w specyfikacji zastosowanego kabla. Należy zwrócić uwagę na warunki i sposób przygotowania kabla do zainstalowania na nim głowic i muf kablowych. Dane i wytyczne producenta w tym względzie powinny być załączone do projektu linii kablowej.

### 2.5.8 Zginanie kabli

Przy układaniu kable można zginać tylko w przypadkach koniecznych, przy czym promień gięcia powinien być nie mniejszy od podanego przez producenta kabli.

Jeżeli brak danych, to promień gięcia kabla powinien być odniesiony do zewnętrznej średnicy kabla ( $D_k$ ), jednak nie mniejszy niż:

- 25-krotna zewnętrzna średnica kabli o izolacji polietylenowej o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV lub kabli zbrojonych,
- 20-krotna zewnętrzna średnica kabla w przypadku kabli jednożyłowych,
- 15-krotna zewnętrzna średnica kabla w przypadku kabli wielożyłowych,
- 10-krotna zewnętrzna średnica kabla w przypadku kabli sygnalizacyjnych.

### 2.5.9 Ciągnięcie kabli

W przypadku mechanicznego układania kabla siła ciągnąca może być przyłożona tylko do żył roboczych kabla. Stosowanie innego sposobu przyłożenia siły ciągnącej nie jest zalecane. Maszyna ciągnąca (ciągarka) powinna być wyposażona w sprzęgło ograniczające dopuszczalną siłę ciągnięcia oraz w dynamometr i urządzenie rejestrujące wartość siły ciągnięcia. Dopuszczalna siła ciągnięcia i sposób zamocowania do ciągarki powinny być podane w specyfikacji technicznej zastosowanego kabla. Przy braku danych należy przyjąć, że siła ciągnięcia nie powinna być większa od wartości  $F = k \cdot s$ , gdzie:  $s$  – suma przekrojów ciągnionych żył roboczych kabla,  $k$  – współczynnik dla  $Cu = 50 \text{ N/mm}^2$ ,  $Al = 30 \text{ N/mm}^2$ . W każdym przypadku należy bezwzględnie wykluczyć możliwość potencjalnego, a tym bardziej uwidocznionego uszkodzenia powłoki lub układu izolacyjnego kabla. Uszkodzony odcinek należy wymienić na nowy.

Wybór mechanicznego układania (ciągnięcia) kabli w rowach kablowych powinien brać pod uwagę możliwość wyboru kabli przystosowanych do układania w trudnych warunkach. Zaleca się w takim przypadku stosować kable o powłoce lub osłonie wykonanej z polietylenu o średniej MDPE lub dużej gęstości HDPE. Powłoki te charakteryzują się dużą odpornością na uszkodzenia mechaniczne i małym współczynnikiem tarcia.

Nie zaleca się stosowania pończochy kablowej do ciągnięcia kabla w przypadkach gdy powłoka lub osłona kabla jest wykonana z PCW. Siła ciągnięcia kabli tą metodą zależy od średnicy zewnętrznej kabla  $D_k$  [mm] i nie powinna przekraczać  $F=3 \cdot (D_k)^2 \text{ N}$ .

## 3 Budowa linii kablowych w ziemi

### 3.1 Znaczenie powłok izolacyjnych kabli.

Warunki budowy linii kablowych w ziemi są bardzo złożone i bardzo duże znaczenie ma wybór materiału izolacyjnej powłoki czy osłony kabla.

Powłoki o mniejszej odporności mechanicznej na ścieranie, wydłużenie, nacisk czy przecięcie lub uderzenie wymagają znacznie większych ostrożności podczas transportu kabli i ich instalacji w ciężkich warunkach budowy. Uszkodzenie powłoki może prowadzić np. do zawilgocenia izolacji kabli lub zwarcia żyły powrotnej z ziemią, co w każdym przypadku grozi awarią linii kablowej.

Obecnie produkowane i stosowane powszechnie kable układane w ziemi posiadają powłoki wykonane z tworzyw sztucznych; PCW, LDPE (PE), MDPE i HDPE. Największą odporność mechaniczną i najmniejszą przepuszczalność wilgoci ma polietylen o dużej gęstości HDPE. Pod tym samym względem najbardziej niekorzystne parametry posiada PCW. Każdy z wymienionych materiałów możemy wybrać pod warunkiem spełnienia podstawowych wymagań dotyczących układania kabli w rowie kablowym lub w szczelinie płuzeniowej. Wybór kabli z powłoką z PCW ogranicza ich zastosowanie w rowach kablowych tzn. do instalacji w osłonach i kanalizacjach kablowych lub w piasku o małej zawartości wilgoci. Kable w powłokach polietylenowych mogą być, w określonych warunkach, bezpośrednio układane w ziemi. W przypadku płuzenia dopuszcza się do stosowania tylko kable o powłoce z PE, MDPE, HDPE z możliwością wyboru, w zależności od warunków terenowych i technicznych. W szczególnych lub bardziej niekorzystnych warunkach układania powinny to być powłoki z HDPE.

### 3.2 Głębokość ułożenia kabli w ziemi

Głębokość ułożenia kabli w ziemi, mierzona od górnej powierzchni najwyżej położonego kabla w rowie do powierzchni ziemi (terenu), powinna wynosić co najmniej:

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

70 cm - kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, ułożonych w terenie poza użytkami rolnymi,

80 cm - kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV lecz nie wyższym niż 30 kV, ułożonych w terenie poza użytkami rolnymi,

100 cm - kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV,

Jeżeli głębokości te nie mogą być zachowane, np. przy wprowadzeniu kabla do budynku, przy skrzyżowaniu lub obejściu urządzeń podziemnych, to dopuszczalne jest ułożenie kabla na mniejszej głębokości, jednak na tym odcinku kabel należy chronić osłoną otaczającą.

Ułożenie kabla na mniejszej głębokości może mieć wpływ na obciążalność linii i musi być uwzględnione w obliczeniach obciążalności prądowej linii.

Kable na terenach rolniczych powinny być układane na głębokościach nie mniejszych jak ;

1,0 m – dla kabli o napięciu znamionowym nie wyższym niż 30 kV,

1,2 m – dla kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV.

Na terenach rolniczych zaleca się układanie kabli w osłonach otaczających (rurach). Linie kablowe mogą być prowadzone pod dnem rowów odwadniających. Do budowy linii kablowych na terenach rolniczych, leśnych i na większe odległości zaleca się wykorzystanie metody płuzenia (pkt.2.2.2.2).

Głębokość ułożenia kabla w miejscu skrzyżowania z drogami kołowymi, torami szynowymi, rzekami i innymi szlakami wodnymi powinna spełniać wymagania wg pkt. 4.6.4, 4.6.5, 4.6.6.

### 3.3 Układanie kabli w osłonach otaczających umieszczonych w ziemi

#### 3.3.1 Postanowienia ogólne

Osłony otaczające ułożone w ziemi powinny być ze sobą szczelnie połączone tak, aby nie przedostawała się do ich wnętrza woda i aby nie były zamulane. Układane powinny być ze spadkiem np. w kierunku studni kablowych.

W jednej osłonie otaczającej powinien być ułożony tylko jeden kabel; nie dotyczy to kabli jednożyłowych tworzących układ wielofazowy, kabli sygnalizacyjnych oraz kabla elektroenergetycznego i kabli sygnalizacyjnych przyłączonych do tego samego urządzenia - mogą one być umieszczone w jednej osłonie otaczającej.

Kable jednożyłowe o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV powinny być ułożone w oddzielnych osłonach otaczających.

Średnica wewnętrzna osłony otaczającej 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 otaczającej powierzchnia otworu nie powinna być mniejsza niż trzykrotna suma powierzchni przekrojów ułożonych kabli.

Miejsca wyprowadzenia kabli z osłon otaczających powinny być uszczelnione, a kable zabezpieczone przed uszkodzeniem.

Kolor osłon rurowych powinien odpowiadać ustalonemu zakresowi napięć znamionowych linii kablowych. Kolor ten powinien również być zgodny z kolorem taśmy ostrzegawczej oznaczenia trasy linii kablowej tzn. :

- niebieski - dla kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii do 1 kV ,
- czerwony - dla kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii wyższym niż 1 kV,

Osłony linii kablowych instalowanych w miejscach narażonych na działanie promieni UV (wyprowadzenia linii na konstrukcje) powinny być wykonane z materiałów odpornych na warunki zewnętrzne m.in. na UV. W takich przypadkach dopuszczalne jest stosowanie osłon otaczających o innej kolorystyce np. wykonanych z rur HDPE koloru czarnego.

#### 3.3.2 Głębokość umieszczenia osłon otaczających w ziemi

Głębokość umieszczenia osłon otaczających w ziemi, mierzona od powierzchni terenu do górnej powierzchni najbliższej osłony linii kabla o napięciu znamionowym nie wyższym niż 30 kV, nie powinna być mniejsza od głębokości wymaganych dla kabli układanych bezpośrednio w ziemi tj. wg 3.1.2

Dopuszcza się zmniejszenie podanych głębokości najwyżej o 15 cm:

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

Zmniejszona głębokość ułożenia ~~powinna~~ może mieć wpływ na zmianę obciążalności prądowej długotrwałej linii.

Głębokość umieszczenia osłon otaczających w ziemi, mierzona od powierzchni terenu do górnej powierzchni osłony dla linii kablowej o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV, powinna wynosić co najmniej 100 cm.

### 3.4 Oznaczenie trasy linii kablowych w ziemi, taśmy ostrzegawcze

Trasa linii kablowych ułożonych bezpośrednio w ziemi, powinna być oznaczona za pomocą perforowanej taśmy ostrzegawczej , o trwałym kolorze:

- niebieskim – dla kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii do 1 kV, tzn.  $U_n \leq 1 \text{ kV}$ ;
- czerwonym – dla kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym linii wyższym niż 1 kV, tzn.  $U_n > 1 \text{ kV}$

Taśma ostrzegawcza powinna być ułożona wzdłuż trasy linii kablowej i na określonej odległości nad powierzchnią kabli lub osłon otaczających, Taśma ostrzegawcza może pełnić również rolę identyfikacyjną. Minimalna szerokość taśmy powinna wynosić 15 cm.

Taśma ostrzegawcza powinna być układana w osi linii kablowej i powinna obejmować obrys szerokości ułożonej linii kablowej z nadkładem. Można zastosować kilka taśm układanych równolegle.

Taśma ostrzegawcza powinna znajdować się w wykopie nad ułożoną linią kablową lub pojedynczym kablem (rurą, osłoną, korytem kablowym), w odległości nie mniejszej niż 25 cm i nie większej niż 40 cm. Taśmę można też układać 15-20 cm nad powierzchnią betonitu (w przypadku zastosowania wypełnienia kontrolowanego) lub nad płytami stanowiącymi ochronę mechaniczną kabla. Oś szerokości taśmy powinna odpowiadać osi wiązki kabli lub osi pojedynczego lub środkowego kabla linii. Nie jest wymagane oznaczenie taśmami perforowanymi trasy odcinków linii kablowej ułożonej w rurach osłonowych ułożonych metodą przewiertu, przeciskania lub mikrotunelowania.

Trasa kabli ułożonych w ziemi na terenach niezabudowanych powinna być dodatkowo oznaczona ponad powierzchnią ziemi, trwałymi i widocznymi oznacznikami trasy (słupkami) wykonanymi z tworzywa sztucznego odpornego na UV i odpowiednio zakotwiczonego, lub z betonu czy kamienia.. Oznaczniki trasy (słupki) powinny posiadać trwałe napisy informujące o rodzaju ułożonego pod nimi kabla. Na prostej trasie kabla oznaczniki powinny być rozmieszczone w odstępach nie większych niż 100 m, pod warunkiem nie umieszczania ich na użytkowanej powierzchni rolnej. Oznaczniki trasy zewnętrzne należy umieszczać również w miejscach zmiany kierunku ułożenia kabla, a także w miejscu skrzyżowań i zbieżeń.

W każdym przypadku , oznaczniki nad-powierzchniowe (zewnętrzne) powinno umieszczać się na granicach użytków rolnych. Na oznaczniakach zewnętrznych linii kablowych należy wskazać kierunek trasy linii od miejsca usytuowania oznacznika nad-powierzchniowego. Zaleca się aby, jeżeli to możliwe, oznaczniki były widoczne jeden od drugiego za pomocą lornetki lub innego przyrządu tego typu. Oznacznik zewnętrzny trasy (słupek) powinien wystawać ponad powierzchnię ziemi co najmniej 30-100 cm w zależności rodzaju materiału. Konstrukcja słupków z tworzyw sztucznych powinna umożliwić ich trwałe , stabilne zakotwiczenie. Prostokątne tablice informacyjne na oznaczniakach nie powinny być mniejsze jak 10x15 cm.

Przy skrzyżowaniach z rzekami spławnymi i/lub żeglownymi położenie linii kablowych należy oznaczyć na obu brzegach trwałymi tablicami ostrzegawczymi, dobrze widocznymi ze środka rzeki. Tablice powinny być umieszczone na konstrukcjach z tworzywa sztucznego (masztach) umożliwiających ich stabilne , trwałe, głębokie zakotwiczenie.

#### 3.4.1 Wymagania dla taśm ostrzegawczych perforowanych

Taśmy powinny być wykonane z polietylenu lub materiału o równoważnych właściwościach. Nominalna grubość taśmy powinna być zawarta pomiędzy 0,8 mm a 1,2 mm. Powtarzalny moduł taśmy powinien obejmować część opisową i część perforowaną. Część opisowa powinna stanowić 10% - 20% długości modułu. Powierzchnia wyperforowanych w taśmie otworów dla każdego modułu powinna wynosić co najmniej 25% - 35% powierzchni całkowitej modułu (łącznie z częścią opisową).

Długość modułów powinna wynosić 0,5 m lub 1 m. Należy stosować taśmy o czterech znormalizowanych szerokościach 15, 20, 30 i 40 cm. Dopuszcza się stosowanie taśm o większych szerokościach ( $\geq 50 \text{ cm}$ ) pod warunkiem , że powierzchnia wyperforowanych otworów w modułowej taśmie , będzie większa od 40 %.

Perforacja powinna być wykonana z wykorzystaniem otworów o dwóch różnych, ustalonych średnicach. Średnica większego otworu powinna mieć ustalony wymiar z zakresu 15 mm - 25 mm, natomiast mniejszy otwór powinien mieć ustaloną średnicę z zakresu 5 - 10 mm. Odległość między otworami w dowolnym miejscu powinna być nie mniejsza niż 7 mm. W osi taśmy powinny znajdować się co najmniej 3 rzędy otworów o mniejszej średnicy.

Boki taśmy powinny być pełne. Szerokość boku od krawędzi taśmy nie powinna być mniejsza od 2 cm.

Wydłużenie taśm podczas próby zrywania w temperaturze 18 – 25 °C nie może być mniejsze niż 400 %.

Taśmy powinny być oznaczone trwałym , wyciętym lub nadrukowanym znakiem ostrzegawczym (znak błyskawicy), a także ostrzeżeniem z napisem „**UWAGA KABEL nn**” (dla taśmy niebieskiej) i „**UWAGA KABEL WN**” (dla taśmy czerwonej). Drukowany znak ostrzegawczy i napisy powinny być wykonane co najmniej po jednej stronie taśmy. Wysokość liter opisu ostrzegawczego oraz wymiar znaku powinny wynosić co najmniej 4 cm. Napisy ostrzegawcze i oznaczenia powinny występować na każdym bieżącym powtarzalnym module taśmy.

W części opisowej taśmy lub/i na nieperforowanych bokach taśmy powinny być podane:

- kierunek liczenia i oznaczania długości taśmy co 0,5 m lub co 1,0 m (licznik długości i kierunek jej zwiększania);
- napis **N SEP 004** (dla informacji, że taśma wykonana wg wymagań niniejszej Normy);
- nazwa producenta taśmy lub jego znak firmowy.

Wysokość znaków opisu danych lub innych powinna wynosić co najmniej 1,5 cm.

Dopuszcza się drukowanie napisów na częściach perforowanych i wycinanie znaku ostrzegawczego w osi taśmy, przemiennie z otworami.

#### 3.4.2 Dodatkowe metody oznakowania trasy linii kablowych.

W celu wykorzystania taśm ostrzegawczych do lokalizacji przebiegu trasy linii kablowej dopuszcza się, aby taśmy były wyposażone w dodatkowe środki identyfikujące z zastosowaniem np. materiałów odbłaskowych lub/i aktywnych lub pasywnych znaczników, o ile obecność pola magnetycznego wokół kabli nie będzie szkodziła ich pracy. Znaczniki aktywne lub pasywne (markery) dopuszcza się przypinać do taśmy w pobliżu mufy wykonanej po awarii linii kablowej. Markery dopuszcza się przypinać lub umieszczać w innych miejscach wg zasad określonych dla oznaczania kabli i linii kablowych (pkt. 2.4.6.6 i 3.4 i 3.4.1). Częstotliwość pracy markerów powinna być przeznaczona dla energetyki i równa 134 kHz . Do inwentaryzacji i lokalizacji linii kablowych należy w większej mierze stosować GPS oraz systemy DTS lub DAS, bazujące na możliwości sprzężenia i wykorzystania światłowodów wbudowanych w kable. Zamierzenia geodezyjne linii powinny posiadać przebieg określony współrzędnymi geodezyjnymi z możliwością odtworzenia przebiegu linii na urządzeniach z funkcją lokalizacji GPS.

### 3.5 Budowa linii w rowach kablowych

#### 3.5.1 Struktura rowu kablowego

Sposób budowy linii kablowej w ziemi metodą wykopu zarysowano w pkt. 2.2.2.1. Podano tam ogólne zasady wykonania rowu kablowego, w odniesieniu do parametrów geometrycznych rowu związanych z układaniem kabli. Głębokość wykopanego rowu  $L_r$  powinna być większa od nominalnej lub projektowanej głębokości ułożenia kabla o głębokość 10 cm, ale nie mniejszą jak  $3D_k$  cm.

W rowie kablowym poza linią kablową powinny być umieszczone wszystkie elementy infrastruktury kablowej układane nad linią i wzdłużnie do kabli linii. W przekroju poprzecznym rowu kablowego możemy wyróżnić kilka warstw wypełnienia rowu oraz podstawowe elementy infrastruktury kablowej układane nad linią i wzdłużnie do kabli linii. Kolejno od dna rowu możemy wyróżnić:

1. warstwę WP, podkładową -podsypkę (piasek lub przesiana ziemia, mieszanina piasku o kontrolowanym składzie lub betonit),
  2. warstwę WO obejmującą (piasek lub przesiana ziemia, mieszanina piasku o kontrolowanym składzie lub betonit),
  - 2a. warstwę WOp pokrywającą (piasek lub przesiana ziemia, mieszanina piasku o kontrolowanym składzie lub betonit),
  3. warstwę WZ zasypową (ziemia rodzima, grunt nawieziony),
- oraz ułożone w warstwie zasypowej WZ kolejno:
- płyty ochronne,
  - taśmę ostrzegawczą,
  - kanalizację teletechniczną związaną z infrastrukturą elektroenergetyczną, np. rury z tubami światłowodowymi czy kablami informatycznymi

Obecność wymienionych wyżej elementów infrastruktury kablowej w rowie może się zmieniać w zależności od wymagań projektowych. Nie zawsze są obecne płyty ochronne oraz rury kanalizacji teletechnicznej. W przypadku zastosowania bednarki uziemiającej lub przewodu ECC układanej w tym samym wykopie, to bednarkę tę należy uprzednio zakopać w dnie rowu kablowego na głębokości, co najmniej 10 cm poniżej poziomu, na którym układane będą kable. Natomiast zaprojektowane usytuowanie przewodu (kabla) ECC może być całkiem inne np. powyżej warstwy WP lub w warstwie otaczającej WO.

Obecność taśmy ostrzegawczej jest zawsze wymagana. Taśma ostrzegawcza powinna być usytuowana ok 15-20 cm nad powierzchnią warstwy otaczającej lub nad płytami ochronnymi.

#### 3.5.2 Wypełnienie rowu kablowego

Wszystkie wymienione warstwy powinny spełniać określone wymagania i charakteryzować się oszacowaną lub ustaloną rezystywnością cieplną w średnich zewnętrznych warunkach eksploatacji kabli. Zakres rezystywności cieplnej wypełnienia rowu nie powinien przekraczać 1,5-2,0 K·m/W. Największe wymagania stawia się warstwie otaczającej WO. Rezystywność tej warstwy, w stanie wysuszenia nie powinna być większa od 0,8-1,2 K·m/W. Parametry cieplne i geometryczne warstwy otaczającej mają istotny wpływ na obciążalność prądową linii.

Kolejność układania kabli w rowie odnosi się do stanu powierzchni dna rowu kablowego. Kable w ustalonej konfiguracji (pkt. 2.5.4.1) układa się na dnie wykopu, jeżeli grunt jest piaszczysty, w pozostałych przypadkach kable należy układać na podkładowej warstwie piasku lub na warstwie przesianej ziemi. Grubość tej warstwy powinna wynosić co najmniej 10 cm. Dno rowu przed nasypaniem piasku lub ziemi powinno być wyrównane i pozbawione wystających ostrych kamieni lub innych przedmiotów. Ułożone na warstwie podkładowej (WP) kable należy otaczać warstwami ubitego piasku lub przesianej ziemi do grubości co najmniej 10-15 cm powyżej ich górnej powierzchni, a następnie rów wypełnić piaskiem lub gruntem rodzimym, z jednoczesnym, warstwowym ubijaniem.

Zamiast piasku lub przesianej ziemi można zastosować inne mieszaniny wypełniające pod warunkiem, że rezystywność cieplna ziemi i mieszanin w stanie wysuszenia nie będzie większa od 2 K·m/W. Zaleca się jednak stosowanie mieszanin otaczających kable linii o rezystywności cieplnej w stanie wysuszenia mniejszej od 1,5 K·m/W. Kable można układać na i w warstwie wypełnienia kontrolowanego o określonej rezystywności cieplnej np. w betonicie (0,6-0,8 K·m/W). Zastosowane mieszaniny powinny posiadać świadectwo producenta potwierdzające ich właściwości cieplne w stanie wysuszenia i elektryczne (m.in. ze względu na oddziaływanie magnetyczne). Mieszaniny powinny być warstwowo ubite po zasypaniu do gęstości nie mniejszej niż ok. 1,6 t/m<sup>3</sup>. Dane dotyczące parametrów wypełnienia rowu powinny być wykorzystane podczas obliczeń obciążalności prądowej i doboru przekroju żył kabli linii ułożonych w ziemi. Wybór sposobu ułożenia kabli i wykonania wypełnienia rowu kablowego zależy od typu kabli i warunków środowiskowych w danym odcinku w trasy linii kablowej.

#### 3.5.3 Zasady układania linii w rowach kablowych

##### 3.5.3.1 Podstawowe wymagania układania linii kablowych w ziemi.

Linie kablowe powinny być oznaczone oznacznikami kabli wg wymagań podanych w pkt.2.4.6.6.

Trasy linii kablowych powinny być oznaczone taśmami ostrzegawczymi wg wymagań podanych w pkt. 3.4.

Bednarka uziemiająca usytuowana w tym samym wykopie, w którym ułożono kabel, powinna być zakopana na głębokości o co najmniej 10 cm poniżej poziomu ułożenia kabli w rowie.

Warstwy ziemi, piasku, ziemi rodzimej i mieszanin gruntowych oraz betonitu powinny być układane z jednoczesnym, warstwowym ubijaniem.

W każdym przypadku warstwa otaczająca kable może być wykonana z mieszanin gruntowych lub piasku i cementu (betonitu), dla uzyskania wymaganych w projekcie wartości rezystywności cieplnej.

Nie dopuszcza się wypełniania rowów kablowych gruzem i miałem wszelkiego typu.

##### 3.5.3.2 Układanie linii kablowych w ziemi w zależności od rodzaju gruntu i materiału powłoki kabli

###### 3.5.3.2.1 Grunt na dnie wykopu jest piaszczysty:

- głębokość rowu powinna być większa od nominalnej lub projektowanej głębokości ułożenia kabli o głębokość równą co najmniej  $3 \cdot D_k$  cm dla kabli jednożyłowych i  $2 \cdot D_k$  cm dla kabli trójżyłowych ( $D_k$  = średnica kabla), ale nie mniej jak o 10 cm.
- układanie bednarki wymaga pogłębienia rowu o dalsze 10 cm, a następnie zasypanie jej do poziomu, na którym ma być ułożony kabel.
- kable mogą być ułożone na piaszczystym dnie wykopu bez względu na rodzaj powłoki, o ile projekt linii nie przewiduje inaczej.
- zaleca się stosowanie powłok polietylenowych
- ułożone kable należy zasypać warstwą otaczającą piasku o grubości co najmniej 10 cm, następnie warstwą piasku lub rodzimego gruntu,
- alternatywnie zamiast zasypywania piaskiem można zastosować odpowiednie mieszaniny gruntu, ziemi rodzimej lub piasku i cementu, o wymaganej w projekcie rezystywności cieplnej jak podano w pkt.3.1.4

###### 3.5.3.2.2 Grunt na dnie wykopu nie jest piaszczysty ale ma jednorodną strukturę

- głębokość rowu powinna być większa od nominalnej lub projektowanej głębokości ułożenia kabli o głębokość równą  $3 \cdot D_k$  cm dla kabli jednożyłowych i  $2 \cdot D_k$  cm dla kabli trójżyłowych ( $D_k$  = średnica kabla), ale nie mniej jak o 10 cm.
- bednarka powinna być ułożona na dnie wykopu, a następnie zasypana ziemią do poziomu wyższego, o nie mniej jak 10 cm.
- kable muszą być ułożone na co najmniej 10 cm warstwie podkładowej z piasku (podsypce) lub przesianej ziemi
- kable o powłokach PE, MDPE lub HDPE nie wymagają podsypki kablowej pod warunkiem uprzedniego wyrównania dna rowu kablowego.
- ułożone kable należy zasypać warstwą piasku lub przesianej ziemi o grubości co najmniej 10 cm, następnie warstwą piasku lub rodzimego gruntu,



- zamiast warstwy otaczającej z piasku lub przesianej ziemi z wykopu można zastosować odpowiednie mieszanki gruntu, ziemi rodzimej lub piasku i cementu, o wymaganej w projekcie rezystywności cieplnej

### 3.5.3.2.3 Grunt na dnie wykopu ma niejednorodną strukturę;

- głębokość rowu powinna być większa od nominalnej lub projektowanej głębokości ułożenia kabli o głębokość równą  $3 \cdot D_k$  cm dla kabli jednożyłowych i  $2 \cdot D_k$  cm dla kabli trójżyłowych ( $D_k$  = średnica kabla), ale nie mniej jak o 20 cm.
- bednarka powinna być ułożona na dnie wykopu, a następnie zasypa ziemią do poziomu wyższego, o nie mniej jak 10 cm.
- kable muszą być ułożone na co najmniej 10 cm warstwie podkładowej z piasku (podsypce),
- kable o powłokach MDPE lub HDPE nie wymagają podsypki kablowej pod warunkiem uprzedniego wyrównania dna rowu kablowego i pokrycia dna rowu warstwą przesianej ziemi o grubości nie mniejszej jak 5 cm.
- ułożone kable należy zasypać warstwą piasku o grubości co najmniej 10 cm, następnie warstwą piasku lub rodzimego gruntu,
- zamiast warstwy otaczającej z piasku lub przesianej ziemi z wykopu można zastosować odpowiednie mieszanki gruntu, ziemi rodzimej lub piasku i cementu, o wymaganej w projekcie rezystywności cieplnej

### 3.5.3.2.4 Układanie w ziemi linii kablowych niskich napięć

Linie kablowe nn powinny być układane wg zasad ogólnych wymienionych w pkt. 3.5.3.2 (ppkt. 1,2,3). Kable i linie kablowe niskich napięć, o powłokach lub osłonach polietylenowych nie wymagają podsypki i mogą być układane bezpośrednio w ziemi rodzimej pod warunkiem, że grunto-dno rowu kablowego zostanie wyrównane i wolne od ostrych kamieni.

### 3.5.4 Układanie kabli w szczelinach płuzeniowych (bruzdach)

Dla rozszerzenia możliwości budowy linii kablowych w ziemi stosowane są obecnie tzw. **bezwykopowe** metody układania i budowy linii kablowych. Metody te zasadniczo wykorzystują oprzyrządowanie i urządzenia pozwalające na mechaniczne przygotowanie i ułożenie linii kablowej na całej lub części trasy linii, bez potrzeby wykonywania rowu kablowego. Sposób układania kabli w ziemi metodą płuzenia opisano skrótowo w pkt. 2.1.3 Normy. Zarysowano tam ogólne zasady wykonania szczeliny płuzeniowej (bruzdy), w odniesieniu do parametrów geometrycznych i typu układanych kabli. Zaznaczono, że głębokość  $L_r$  wykopanej bruzdy powinna być większa od nominalnej lub projektowanej głębokości  $L$  ułożenia kabla o ok.  $2D_k$  cm, dla 3-żyłowych i  $3D_k$  cm dla jednożyłowych. Dno bruzdy powinno być wyrównane. Powinna być również możliwość wykonania podsypki w celu zabezpieczenia układanego kabla przed uszkodzeniem. Grubość podsypki nie powinna być mniejsza od średnicy układanych kabli i nie mniejsza od 10 cm.

Układanie kabli w ziemi metodą płuzenia wymaga szczególnej uwagi. Można wyznaczyć dwa warunki podstawowe. Pierwszy sprowadza się do założenia, że podczas układania kabli żaden element ich budowy nie może być uszkodzony. Natomiast drugi zakłada, że podczas eksploatacji nie nastąpi przedwczesne uszkodzenie i warunki przesyłowe nie będą odbiegać od założonych. Część tych założeń dotyczy warunków dla maszyn i technologii układania, a druga jest związana z wyborem typu i budowy kabli.

Podstawowe wymagania dla pługo-układaczy kabli to;

- wykonanie szczeliny na głębokość o co najmniej 10-15 cm większą od nominalnej lub projektowanej głębokości ułożenia kabli
- powierzchnia dna szczeliny powinna być ugnieciona (płaska), bez wystających kamieni, wyrównana
- możliwość układania kabli na podsypce
- kształt lemieszki i kształt krawędzi układacza (prowadnicy) lub/i odległość od lemieszki powinny umożliwić częściowe przysypanie dna szczeliny, przed ułożeniem w niej kabla.
- jednoczesne z kablem układanie taśmy (y) ostrzegawczej linii kablowej i ewentualnie linii światłowodowej, na odpowiednich głębokościach
- częściowe, między operacyjne przysypywanie kabla, taśmy ostrzegawczej poprzez rozsuniecie odległościowe odpowiadających prowadnic
- przesunięcie odległościowe prowadnic i umożliwienie przysypywania kolejnych elementów linii, aby pozostawały na zaprojektowanych głębokościach ułożenia względem kabli.
- zabezpieczenie szczelnego zasypiania szczeliny płuzeniowej (bruzdy)
- zabezpieczenie kabli przed znacznym naciąganiem i skręceniem

Wymagania dla kabli i linii ograniczają się do zaleceń;

- trasa każdej linii kablowej powinna być oznaczona za pomocą taśmy ostrzegawczej wg. pkt. 3.4.
- układanie kabli w układzie trójkąta.
- układania kabli trójżyłowych, o izolacji polietylenowej XLPE i powłokach PE, MDPE lub HDPE
- układanie kabli o budowie odpornej na wgniecenia i naciski
- żyły robocze kabli nie powinny być kompaktowane, szczególnie kabli jednożyłowych. Dopuszcza się stosowanie kabli z żyłami zagęszczonymi (dogniatanymi).
- kable o powłokach MDPE lub HDPE nie wymagają podsypki kablowej

Dopuszcza się układanie kabli jednożyłowych o izolacji polietylenowej XLPE i powłokach MDPE lub HDPE pod warunkiem poprzedzającego układanie owinięcia ich obwojem lub obwojami siatki lub elastycznej taśmy, o odpowiedniej szerokości i skokiem oraz zakładką zapewniającymi utrzymanie kabli w układzie trójkąta podczas eksploatacji w ziemi. Siatka lub taśma powinny stanowić dodatkową osłonę przed mechanicznym uszkodzeniem kabli podczas układania i eksploatacji.

### 3.5.5 Zabezpieczenie linii kablowej od uszkodzeń mechanicznych

Linie kablowe o napięciu 110 kV ułożone w ziemi należy zabezpieczyć przed uszkodzeniem mechanicznym. Jako zabezpieczenie należy stosować betonowe płyty 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. Alternatywnie dopuszcza się stosowanie płyt z tworzyw sztucznych. Dla linii kablowych o napięciu znamionowym poniżej 110 kV można zastosować płyty z tworzyw sztucznych, jako dodatkowe osłony przed uszkodzeniem mechanicznym. Płyty powinny być układane 15-20 cm nad najwyżej położonym kablem lub jego osłoną, nad warstwą otaczającą wypełnienia rowu kablowego.

Zastosowane płyty z tworzyw sztucznych dla wszystkich napięć powinny być wykonane wg wymagań niniejszej Normy podanych niżej:

Każda płyta powinna być perforowana i mieć kształt jednostronnie zagłębionego wielościanu, o zewnętrznym kształcie prostokąta. Długość płyty powinna wynosić 40 cm, 50 cm lub 100 cm. Natomiast szerokość powinna być równa 20 cm, 25 cm, 30 cm, lub 40 cm. Płyty mogą być układane wzdłużnie lub poprzecznie do osi linii kablowej. Oś układanych wzdłużnie płyt nie powinna odbiegać od osi linii nie więcej jak o 10 cm. Płyty powinny posiadać ząbienia z każdego boku do układania jednej płyty za drugą, wzdłuż osi linii kablowej, stosownie do szerokości linii kablowej, krawędziami wbijającymi się w ziemię. Wysokość boków płyty nie powinna być większa jak 3-4 cm. Perforacja powinna obejmować co najmniej 30% powierzchni dna płyty.

Dno płyty powinno mieć grubość nominalną od 0,4 cm do 1 cm i być perforowane dla lepszego odprowadzania ciepła i przepływu wody. Perforacja powinna uniemożliwić prostopadłe przejście pręta przez dno płyty bez jej uszkodzenia. Średnica pręta powinna być mniejsza od najmniejszego otworu w płycie. Perforowana powierzchnia płyt powinna być odporna na uderzenia pręta o promieniu ostrza równego połowie wymaganej średnicy pręta z siłą 40 kN. Wytrzymałość na zginanie płyt powinna wynosić co najmniej 20-25 kN. Zaleca się aby dno płyt z tworzyw sztucznych, jak i powierzchnie płyty były ryflowane.

Rezystywność cieplna płyt z tworzyw sztucznych, stosowanych jako osłony dla linii kablowych powinna być mniejsza od  $1,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$ , w stanie suchym. Płyta powinna być oznaczona trwałym znakiem ostrzegawczym (znak błyskawicy) na obu większych powierzchniach. Znak nie powinien być mniejszy od 8 cm.



#### 4. Układanie linii kablowych , warunki i odległości

Podstawowe zasady układania kabli podane poniżej ,dotyczą głównie warunków układania linii kabli w ziemi bezpośrednio lub pośrednio w specjalistycznej infrastrukturze np. kanałach. Niektóre z wymienionych zasad są ogólnymi i powinny być przestrzegane podczas układania w każdych warunkach np. zginanie kabli. Kable należy układać w sposób uniemożliwiający ich uszkodzenie. Przy układaniu powinny być zachowane środki ostrożności zapobiegające uszkodzeniu innych kabli lub urządzeń znajdujących się na trasie budowanej linii oraz przestrzegane zasady ochrony środowiska.

##### 4.1 Konfiguracja układania kabli jednożyłowych linii kablowych

Kable jednożyłowe w 3-fazowej linii kablowej o napięciu wyższym od 1 kV mogą być układane w konfiguracji trójkąta lub w układzie płaskim. Długości poszczególnych żył w linii kablowej powinny być równe.

Odległość między kablami jednożyłowymi ma duży wpływ na obciążalność prądową linii kablowej i zależy od sposobu połączeń żył powrotnych oraz sposobu uziemienia punktu zerowego transformatora w sieci. Najczęściej kable w układzie trójkąta są układane na styk. Natomiast w układzie płaskim, odstępy między kablami są przeważnie równe lub większe od średnicy zewnętrznej kabli. Obciążalność prądowa poszczególnych faz kabli ułożonych w układzie płaskim jest niejednakowa i różnice są tym większe im odstępy między kablami są większe.

##### 4.2 Układanie warstwowe kabli

Dopuszcza się układanie kabli o napięciu znamionowym do 30 kV w ziemi, w dwóch lub więcej warstwach. Głębokość ułożenia górnej warstwy kabli wg pkt.3.2. 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.

Obliczenia obciążalności prądowej kabli muszą uwzględniać warunki warstwowego ułożenia kabli lub linii kablowych.

##### 4.3 Układanie kabli wzdłuż dróg i ulic

Kable należy układać poza częściami dróg i ulic przeznaczonymi do ruchu kołowego, w odległości co najmniej 50 cm od krawędzi jezdni.

Odległości kabli od pni istniejących drzew lub projektowanego zadrzewienia należy uzgodnić z odpowiednimi władzami terenowymi.

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

80 cm - kable o napięciu znamionowym do 30 kV,

100 cm - kable o napięciu znamionowym wyższym niż 30 kV.

Długość i kształt osłon otaczających kabli ułożonych pod drogami i ulicami musi umożliwić wymianę osłoniętego kabla bez konieczności naruszenia powierzchni drogi. Zaleca się wypełnianie rur bentonitem kablowym, gdy długość rur ww warunkach przekracza 7 m. Do budowy linii kablowych pod drogami można wykorzystać rozwiązania z kanalizacją kablową.

##### 4.4 Pionowe lub pochyle układanie kabli

Kable ułożone pionowo lub pochyło powinny być 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, umożliwiające połączenie pancerzy obu odcinków kabli. W przypadku łączenia innych kabli należy przy mufie zostawić zapas wystarczający do skompensowania możliwych przesunięć kabla.

##### 4.5 Odległości między liniami kablowymi , osłony metalowe

Kable należy układać w taki sposób, aby w normalnych warunkach pracy nie wywoływały niepożądanych zjawisk w innych liniach kablowych.

Zagrożenie oddziaływania jest tym większe im jest większe obciążenie prądowe przedmiotowych kabli czy linii kablowych. W przypadkach zagrożenia oddziaływania elektromagnetycznego należy wykonać odpowiadające obliczenia i tak usytuować linie aby oddziaływanie było w granicach dopuszczalnych. odpowiednie .

Z zasady linie kablowe ułożone obok siebie nie powinny się stykać. Dopuszcza się stykanie ze sobą na całej długości kabli:

- sygnalizacyjnych z sygnalizacyjnymi,
- sygnalizacyjnych z kablami elektroenergetycznymi do 1 kV przyłączonymi do tego samego odbiornika,
- kabli o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1 kV, jeżeli kable te nie rezerwują się wzajemnie.
- kabli elektroenergetycznych przeznaczonych do zasilania urządzeń oświetleniowych.
- Kabli elektroenergetycznych jednożyłowych stanowiących jednotorową linię kablową,

Kable jednożyłowe, obciążone prądem przemiennym o powłokach metalowych, lub kable jednożyłowe opancerzone lub kable jednożyłowe z żyłą powrotną należy tak układać, aby nagrzewanie kabli przez indukowane prądy było jak najmniejsze.

Osłony otaczające oraz zamocowania kabli jednożyłowych powinny być wykonane z materiału niemagnetycznego oraz powinny być odporne na działanie sił dynamicznych występujących przy zwarcia w danej linii.

Dopuszcza się stosowanie osłon otaczających i zamocowań wykonanych z materiału magnetycznego, jeżeli nie tworzą zamkniętych obwodów magnetycznych. W osłonie otaczającej z materiału magnetycznego można układać kable trójfazowe. Dotyczy to również kabli jednożyłowych tworzących trójfazową linię kablową.

##### 4.5.1 Odległości między kablami nienależącymi do tej samej linii kablowej

Dopuszczalne odległości pionowe na skrzyżowaniu i poziome przy zbliżeniu kabli ułożonych bezpośrednio w ziemi podano w tablicy 1.

Tablica 1 - Odległości między ułożonymi bezpośrednio w ziemi kablami nienależącymi do tej samej linii kablowej

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	10	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 kabli zgodnie z zapisem w pkt. 2.5.4

#### 4.5.2 Odległości kabli od innych urządzeń podziemnych

Najmniejsze dopuszczalne odległości kabli elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych ułożonych bezpośrednio w ziemi od innych urządzeń podziemnych podano w tablicy 2.

**Tablica 2 - Odległości kabli elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych ułożonych w ziemi od innych urządzeń podziemnych**

Lp.	Rodzaj urządzenia podziemnego	Najmniejsza dopuszczalna odległość [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	50	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 <sup>*1</sup>	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	p. punkt 2.5.6 Normy i PN-EN 62305, Ochrona odgromowa. Wymagania ogólne.			

\* Dopuszcza się zmniejszenie odległości podanych w tablicy 2 pod warunkiem zastosowania osłon otaczających i uzgodnienia odstępstwa z użytkownikami obiektów. <sup>\*1</sup> Dopuszcza się w przypadku ułożenia kabli w tunelach, kanałach, kanalizacji kablowej, osłonach otaczających (rurach), po uzgodnieniu z właścicielami budynków lub budowli.

#### 4.6 Skrzyżowania i zbliżenia kabli między sobą i z innymi obiektami lub przeszkodami naturalnymi

##### 4.6.1 Wymagania ogólne

Skrzyżowania kabli z drogami, ulicami, torami szynowymi, rzekami, kanałami i szlakami wodnymi oraz urządzeniami podziemnymi i innymi kablami, zaleca się wykonać pod kątem zbliżonym do  $90^\circ$  i w miarę możliwości w najwyższym miejscu krzyżowanego obiektu. W zależności od zastosowanej techniki wykonania skrzyżowania dopuszcza się zmniejszenie tego kąta do  $30^\circ$ .

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 otaczające dla potrzeb wymiany w trakcie eksploatacji odcinków linii kablowych (co najmniej jedną rurę na jeden tor).

##### 4.6.2 Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli między sobą

Odległości między kablami na skrzyżowaniu i przy zbliżeniu wg tablicy 1.

W przypadku, gdy z uzasadnionych powodów odległości te nie mogą być zachowane, 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.

#### 4.6.3 Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń z rurociągami

Odległości kabli na skrzyżowaniu z rurociągami powinny spełniać wymagania podane w tabelicy 2. Dopuszcza się zmniejszenie odległości podanych w tabelicy 2 lp. 1 pod warunkiem:

- wykonania osłony otaczającej kabel, jeżeli kabel jest ułożony nad rurociągiem,
- zastosowania osłony otwartej lub otaczającej lub przykrycia od góry nad kablem, jeżeli kabel jest ułożony pod rurociągiem.

#### 4.6.4 Wykonanie skrzyżowań z drogami kołowymi

Skrzyżowania kabli z drogami przeznaczonymi do ruchu kołowego należy wykonać wg pkt. 2.5.1.

Najmniejsza 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 otaczające powinny sięgać poza:

- 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;
- rów odwadniający lub nasyp drogi co najmniej 100 cm z każdej strony bez względu na wartość napięcia znamionowego linii.

#### 4.6.5 Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli z torami szynowymi

Skrzyżowania kabli z torami szynowymi należy wykonać wg pkt. 2.5.1.

W miejscu skrzyżowania z torami szynowymi należy stosować kable wg pkt. 2.5.3.

Najmniejsza 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 tabelicy 2. Osłony otaczające powinny być wyprowadzone na długość co najmniej 100 cm z każdej strony toru poza krawędź rowu lub nasypu.

#### 4.6.6 Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli z rzekami i innymi 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 otaczającą na odcinku od najniższego do najwyższego powodziowego poziomu wody, z dodatkiem 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.

Przy układaniu kabli bezpośrednio w wodzie i pod dnem rzek, kanałów i zbiorników wodnych należy stosować kable opancerzone o osłonie antykorozyjnej wytłoczonej z polietylenu o średniej lub dużej gęstości (MDPE, HDPE). Inne kable układane w ww. warunkach powinny mieć powłokę z PE lub (MDPE, HDPE) i być umieszczane w osłonach otaczających pełnych (w rurach, korytach kablowych). Zaleca się aby osłony otaczające, z umieszczonymi w nich kablami, były wypełnione bentonitem kablowym. W rurach stalowych mogą być umieszczone kable tworzące jedną linię kablową 3-fazową.

Wykonanie skrzyżowania linii kablowej ze szlakami wodnymi zależy od ich rodzaju i miejsca instalacji kabli.

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.

Sposób wykonania skrzyżowania ze szlakami wodnymi zależy od tego czy są one spławne i żeglowne.

W przypadku :

- a) spławnych i żeglownych, 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 długości oraz był zabezpieczony przed przesuwaniem i uszkodzeniem;
- b) niespławnych, przy długości skrzyżowania nie przekraczającej 20 m, kabel o napięciu znamionowym do 30 kV powinien być ułożony na dnie w osłonie otaczającej 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 na głębokość co najmniej 100 cm. Dopuszcza się również wykonanie skrzyżowania ze szlakami niespławnymi za pomocą estakady kablowej.

## 5 Układanie kabli w kanałach i tunelach

### 5.1 Wymagania ogólne

W tunelach kablowych, kanałach i w pomieszczeniach należy stosować kable o zwiększonej odporności na rozprzestrzenianie się płomienia..

Dopuszcza się stosowanie innych kabli pod warunkiem zastosowania skutecznej ochrony przeciwpożarowej.

W przypadku instalowania kabli w tunelach, w układzie z krzyżowaniem żył powrotnych (cross-bonding) zaleca się aby izolacyjne powłoki kabli na napięciu znamionowe  $U_n \geq 64/110$  kV układane w/w warunkach pokryte były wytłoczoną lub nałożoną warstwą przewodzącą. Dotyczy to pracy w sieciach z uziemionym punktem neutralnym, skutecznie uziemionym punktem zerowym.

Kable można układać na konstrukcjach wsporczych, na ścianach i na dnie kanału lub tunelu. Dopuszcza się układanie kabli na konstrukcjach lub uchwytach podwieszonych do stropu tunelu. Odległość kabla od ściany powinna zawierać w granicach 1-2 cm.

Nie należy układać kabli w miejscach przeznaczonych do poruszania się obsługi. Dopuszcza się układanie kabli na dnie tunelu w przejściach przeznaczonych do poruszania się obsługi pod warunkiem założenia podestu nad kablami.

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

### 5.2 Rozmieszczenie kabli w tunelach

Kable o różnych napięciach znamionowych ( $U_n \leq 30$  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 minut.

### 5.3 Odległości między liniami kablowymi

Odległość między kablami lub wiązkami kabli linii elektroenergetycznych o tym samym napięciu znamionowym ( $U_n \leq 30$  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.

Dopuszcza się zmniejszenie tych odległości wg pkt.4.5.

Odległości 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. Przy braku przegród odległość, między dwoma torami linii kablowych 110 kV powinna wynosić więcej jak 2 m.

### 5.4 Kable na konstrukcjach wsporczych

Kable mogą być układane na konstrukcjach wsporczych przytwierdzonych 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 na napięcie znamionowe do 1 kV mogą być ułożone swobodnie, a na konstrukcjach wsporczych pionowych lub pochyłych powinny być mocowane w sposób uniemożliwiający ich swobodne przemieszczanie.

### 5.5 Odległości między miejscami zamocowania lub zawieszenia kabla

Odległość między miejscami zamocowania lub zawieszenia kabla powinna być tak dobrana, aby kabel nie załamywał się i nie był nadmiernie naprężony pod własnym ciężarem.

Zaleca się aby zwis kabli nie przekraczał 5% odległości między zamocowaniami.

Zaleca się, aby odległość pomiędzy 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 30-70 cm.

Wymiary uchwytów powinny być wybrane stosownie do średnicy kabla i przekroju żyły roboczej.

### 5.6 Skrzyżowania

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.

### 5.7 Prowadzenie rurociągów w kanałach i tunelach kablowych

Dopuszcza się wykorzystanie kanałów kablowych i tuneli do prowadzenia w nich rurociągów wodnych, wentylacyjnych, kanalizacyjnych i gazów niepalnych oraz rurociągów z gazami palnymi, jeśli odpowiednie przepisy dotyczące układania rurociągów 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 urządzenie wykrywające i sygnalizujące ulatnianie się gazu z rurociągu (nie dotyczy to rurociągów ze sprężonym powietrzem). Dopuszcza się również ułożenie kabli w kanałach i tunelach rurociągów cieplnych, przy czym przekrój żył i typ tych kabli powinien być dobrany z uwzględnieniem oddziaływania cieplnego.

## 6 Układanie kabli na mostach, wiaduktach, molach, nabrzeżach i estakadach kablowych

### 6.1 Wymagania ogólne

Na mostach, wiaduktach, molach i nabrzeżach należy układać kable opancerzone drutami stalowymi.

Dopuszcza się układanie kabli nieopancerzonych w osłonach otaczających 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.

### 6.2 Sposoby układania kabli

Na mostach, molach i nabrzeżach kable należy układać:

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

Zaleca się układanie kabli w osłonach otaczających. 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 wg 4 w odniesieniu do sposobu i geometrii układania.

Izolacyjne powłoki kabli 110 kV układanych na estakadach powinny być pokryte wytłoczoną warstwą przewodzącą, uodpornioną na działanie promieniowania ultrafioletowego.

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).

## 7. Układanie kabli w budynkach

### 7.1 Wymagania ogólne

W budynkach należy układać kable wg pkt. 5.1. Natomiast przy przejściu przez ściany, stropy i inne przegrody należy stosować osłony z materiałów trudnopalnych.

### 7.2 Sposoby układania kabli

W budynkach kable można układać:

- bezpośrednio przy ścianach i pod sufitami na odpowiednio przygotowanych konstrukcjach nośnych,
- w kanałach kablowych, w ścianach, stropach, lub pod posadzkami, w osłonach lub bez osłon, w sposób umożliwiający demontaż kabli.

Trwałe wmurowanie kabli w ściany, posadzki lub stropy jest niedopuszczalne.

### 7.3 Wprowadzenie kabli do budynków

Kabel przy wprowadzeniu do budynku powinien być zabezpieczony przed uszkodzeniami mechanicznymi osłoną otaczającą o średnicy wewnętrznej większej o co najmniej 50% od średnicy zewnętrznej kabla. Osłony otaczające 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.

### 7.4 Przejścia kabli przez ściany i stropy

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

Jeżeli 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.

### 7.5 Odległości między kablami ułożonymi w budynkach

Odległości między kablami ułożonymi w budynkach wg pkt. 5.3, natomiast sposób mocowania lub zawieszenia wg pkt. 5.4.

### 7.6 Skrzyżowania kabli z innymi kablami i przewodami

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

5 cm - dla kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, tzn.  $U_n \leq 1$  kV;

15 cm - dla kabli o napięciu znamionowym  $1$  kV  $< U_n \leq 30$  kV.

Kable o napięciu znamionowym  $U_n > 30$  kV powinny być oddzielone od innych kabli przegrodą.

### 7.7 Odległości kabli od rurociągów

Najmniejsze dopuszczalne odległości kabli elektroenergetycznych i sygnalizacyjnych od rurociągów w budynkach wg tablicy 3.

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. Kable powinny być instalowane poniżej rurociągów cieplnych.

Tablica 3 – Odległości kabli od rurociągów w budynkach

Lp.	Rodzaj rurociągu	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 cieplne izolowane wodne i parowe	50	100
3	Rurociągi cieplne nieizolowane wodne i parowe	120	120
4	Rurociągi z cieczami palnymi	100	150
5	Inne urządzenia technologiczne	100	150

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

### 7.8 Szyby kablowe

Przy układaniu kabli w szymbach kablowych należy przestrzegać postanowień wg pkt 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 i 7.3, 7.4. W szymbach 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. Pozostałe warunki układania wg pkt 5.



### 7.9 Pomieszczenia kablowe w budynkach

Przy układaniu kabli w pomieszczeniach kablowych w budynkach należy przestrzegać postanowień wg pkt. 5.2, 5.3, 5.4, 5.5 i 7.2a, 7.2b, 7.3, 7.4, 7.6.

### 7.10 Układanie kabli posiadających cechę ognioodporności

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

Kable posiadające cechę ognioodporności wg IEC 60331 należy układać na konstrukcjach wsporczych, które wraz z kablem stanowią ognioodporny zespół kablowy posiadający atest wydany przez certyfikowaną jednostkę badawczą. Zaleca się ich usytuowanie na najwyższych półkach, czy korytkach. Kable posiadające cechę ognioodporności prowadzone poziomo lub pochyło pod kątem mniejszym niż 15° od poziomu należy układać w korytkach, na drabinkach lub w uchwytach, natomiast kable ognioodporne prowadzone pochyło pod kątem większym niż 15° od poziomu lub prowadzone pionowo należy mocować w uchwytach 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.

## 8. Badania linii kablowej

Odbiór linii kablowej powiązany jest z koniecznością przeprowadzenia prób pomontażowych (odbiorczych), które powinny być wyszczególnione w wymaganiach projektowych wraz ze szczegółowymi dodatkowymi warunkami związanymi z ich wyborem i sposobem wykonania oraz metodyką postępowania do czasu przyłączenia linii kablowej do sieci. Wymagane może być wykonanie badań sprawdzających, diagnostycznych podczas procesu budowy i instalacji linii. W niniejszej Normie przedstawiono podstawowe wymagania w zakresie badań sprawdzających i odbiorczych. Wymagania dotyczą całych linii kablowych, a podany czas prób powinien być mierzony od czasu ustabilizowania się wartości napięcia pomiarowego. Wszystkie czynności pomiaru wielkości elektrycznych należy wykonać z zachowaniem zasad bezpiecznej pracy przy urządzeniach i instalacjach elektroenergetycznych.

### 8.1 Pomiar zgodności faz oraz ciągłości żył roboczych i powrotnych

Poszczególne żyły linii kablowej nie powinny mieć przerw. Końce poszczególnych żył kabli powinny być jednakowo opisane. Dotyczy to zarówno kabli elektroenergetycznych jak i sygnalizacyjnych. Oznaczenia każdej z faz na obu końcach linii powinny być identyczne. Zgodność faz oraz ciągłość żył roboczych i powrotnych należy sprawdzić przyrządem o napięciu nie wyższym niż 24 V.

### 8.2. Rezystancja żył roboczych i powrotnych

#### 8.2.1. Pomiar rezystancji żył roboczych i powrotnych kabli

Pomiar rezystancji żył roboczych i powrotnych w linii wykonuje się metodą mostkową lub techniczną, przy użyciu przyrządów o klasie dokładności 0,5. Prąd pomiarowy może być wymuszony napięciem nie wyższym niż 24 V. Podczas pomiarów rezystancji żył należy określić ich temperaturę. Przeliczony na temperaturę 20°C wynik pomiaru powinien być mniejszy lub odpowiadać wartościom podanym dokumentacji projektowej lub w specyfikacji technicznej kabli. Przeprowadzanie pomiaru wymagane jest zarówno dla linii nowych, jak i linii po wykonaniu naprawy. Celem pomiaru rezystancji jest sprawdzenie poprawności wykonania połączeń poszczególnych żył w linii.

#### 8.2.2 Rezystancja żył roboczych i żył powrotnych:

- dla kabli o napięciu >1 kV rezystancja żył roboczych i powrotnych linii powinna być zgodna lub mniejsza od wartości określonych w specyfikacji technicznej kabla,
- rezystancje poszczególnych żył kabli w linii kablowej powinny być wzajemnie porównywalne,
- dla kabli o napięciu > 1 kV z uszczelnieniem promieniowym lub/i zbrojonych zaleca się wykonanie pomiaru wypadkowej rezystancji żyły powrotnej i porównania jej wartości z danymi obliczeniowymi, dokumentacją powykonawczą lub specyfikacją techniczną kabla.

### 8.3 Rezystancja izolacji linii kablowych

**8.3.1** Przed pomiarem rezystancji izolacji kabel linii każdorazowo należy rozładować i pozostawić uziemiony do czasu pomiaru (na czas nie mniej jak 5 min.). Powierzchnie zewnętrzne głowic powinny być oczyszczone. Czyszczenie głowic powinno być wykonane z zastosowaniem technik wskazanych przez producenta. Pomiary należy wykonać miernikiem rezystancji o napięciu pomiarowym 2,5 kV.

**8.3.2** Pomiar rezystancji izolacji należy wykonać dla każdej żyły kabli względem pozostałych żył zwartych i uziemionych. Zmierzona lub przeliczona na 1 km długości linii wartość rezystancji (w stanie ustalonym, przy 2,5 kV), odniesiona do temperatury 20°C, nie powinna być mniejsza niż wartości podane w pkt 8.3.5.

Przy porównywaniu rezystancji izolacji linii kablowej należy wziąć pod uwagę fakt, że rezystancja ta jest zwykle mniejsza od rezystancji izolacji kabli ze względu na obecność głowic i muf.

**8.3.3** Zmierzoną rezystancję izolacji ( $R_{zm}$ ) przelicza się na 1 km długości kabla wg wzoru:

$$R_{lkm} = R_{zm} \times l$$

gdzie:  $l$  oznacza długość kabla w km

**8.3.4** Po pomiarze rezystancji izolacji kabel powinien być rozładowany, a poszczególne żyły zwarte i skutecznie uziemione do czasu następnej czynności pomiarowej lub do czasu tuż przed podłączeniem linii do sieci. Należy określić długość linii kablowej, która może się różnić od długości trasy linii. Zmierzone wartości rezystancji izolacji należy przeliczyć na wartość przypadająca na 1 km długości linii kablowej, o ile ta jest dłuższa od 1 km. Jeżeli temperatura kabli podczas pomiaru rezystancji izolacji jest mniejsza od 20°C należy wynik pomiaru rezystancji skorygować.

**8.3.5** Rezystancja izolacji każdej żyły kabla w linii względem pozostałych zwartych, połączonych z żyłą powrotną, powłoką metalową, pancerzem i uziemionych, odniesiona do temperatury 20°C, powinna być nie mniejsza niż:

- w linii kablowej o napięciu znamionowym do 1 kV:
  - 75 MΩ - dla kabla o izolacji gumowej,
  - 20 MΩ - dla kabla o izolacji papierowej,
  - 20 MΩ - dla kabla o izolacji z polichloru winylu (PCW)
  - 100 MΩ - dla kabla o izolacji polietylenowej,
  -
- w linii kablowej o napięciu znamionowym powyżej 1 kV:

- 50 MΩ- dla kabla o izolacji papierowej,
- 40 MΩ - dla kabla o izolacji z polichlorku winylu (PCW)
- 100 MΩ- dla kabla o izolacji polietylenowej,
- 1000 MΩ- dla kabla o napięciu znamionowym 110 kV.

W/w wymaganie dotyczy też linii kablowych o długości powyżej 1 km , gdzie zmierzona wartość rezystancji izolacji została przeliczona na 1 km długości linii . Przeliczona wartość rezystancji nie powinna być mniejsza od podanych powyżej.

**8.3.6** Rezystancja izolacji zmierzona po próbie napięciowej izolacji nie powinna być mniejsza niż 90 % wartości zmierzonej przed próbą.

**8.3.7** Po zakończeniu pomiarów rezystancji izolacji kabel należy rozładować przez opornik o rezystancji równej, co najmniej 0,1 MΩ i skutecznie uziemić żyły robocze i powrotne.

#### 8.4 Próby napięciowe izolacji kabli

**8.4.1.** Próby napięciowe izolacji kabli należą do najważniejszych badań linii kablowej. Wybór układu probierczego, celu jego zastosowania i procedury pomiaru, ma istotne znaczenie dla oceny jakości linii kablowej. Wartość napięcia, jego przebieg i częstotliwość oraz czas przyłożenia mają zasadniczy wpływ na wytrzymałość elektryczną układu izolacyjnego linii. W pkt. 8.4.4 wymieniono rodzaje napięć probierczych, które alternatywnie powinny być wykorzystane do wykonania prób napięciowych linii kablowych.

**8.4.2** Podstawą wyboru rodzaju napięcia jest znajomość skutków oddziaływania określonego napięcia na linię kablową i korelacji wyników badań w stosunku do wyników otrzymywanych przy badaniu kabli napięciem probierczym sinusoidalnym tj. napięciem, pod którym to dany system normalnie pracuje. Wybór jednej metody prób napięciowych i oceny stanu linii kablowej jest autonomiczną decyzją operatora sieci . Wybór układu probierczego zależy również od tego czy próby wykonuje się w ramach prób po-montażowych, odbiorczych czy badań diagnostycznych. Zespoły probiercze 0,1 Hz mają ograniczone możliwości w zakresie wyższych napięć probierczych WN i najczęściej stosowane są w celach diagnostycznych lub w sieciach SN o mniejszych napięciach znamionowych. Zaleca się wykonywanie prób napięciowych izolacji kabli linii napięciem sinusoidalnym o częstotliwości zbliżonej do 50 Hz z wykorzystaniem zespołów probierczych napięcia przemiennego , w tym rezonansowych.

**8.4.3** Podczas prób napięciowych wszystkie przewodzące części lub urządzenia towarzyszące (np. wyłączniki) znajdujące się w pobliżu zakończeń kabli (głowic) powinny być uziemione. Dopuszcza się przeprowadzanie prób napięciowych przy odłączonych głowicach od innych urządzeń linii kablowej. Należy zapewnić odpowiednie odległości między głowicami a innymi obiektami, aby zabezpieczyć się przed ewentualnymi przeskokami podczas próby napięciowej. Odległości te powinny być podane w odpowiednich instrukcjach łącznie z przypadkami zastosowania przegród izolacyjnych. Wykonanie prób w rozdzielniach GIS wymaga dodatkowych uzgodnień i ustaleń z producentem głowic.

**8.4.4** Próbę napięciową izolacji kabli w linii (wraz z zainstalowanym osprzętem) należy wykonać jednym z podanych niżej rodzajów napięć probierczych:

1. Napięciem przemiennym sinusoidalnym (AC) o stałej amplitudzie i stałej częstotliwości, zawartej między 20 Hz a 300 Hz. Zaleca się aby nominalną częstotliwością w tych próbach było 50 Hz (nominalna sieciowa). Napięciem próby jest wartość skuteczna napięcia.
2. Napięciem przemiennym cosinusoidalno-prostokątnym (VLF-CP) o stałej amplitudzie i stałej częstotliwości zawartej między 0,01 Hz a 1 Hz. Nominalną częstotliwością napięcia w tych próbach powinno być 0,1 Hz (nominalna VLF). Zmiana biegunowości napięcia powinna zachodzić wg krzywej napięcia przemiennego cosinusoidalnego o nominalnej częstotliwości 50 Hz. Dopuszcza się zmianę biegunowości wg krzywej z zakresu 20-300 Hz. Napięciem próby jest wartość maksymalna napięcia.
3. Napięciem stałym lub wyprostowanym (DC ± ) o stałej amplitudzie i polaryzacji. Zaleca się stosowanie napięcia DC o biegunowości dodatniej. Napięciem próby jest wartość maksymalna napięcia.

Próbie napięciową izolacji kabla przeprowadza się poddając go działaniu napięcia probierczego przez określony czas.

Napięcie próby odnosi się liczbowo do wartości skutecznej napięcia fazowego linii. Wartość napięcia probierczego oraz czas jego przyłożenia podano w poniższej tabelicy:

**Tablica 4. Parametry napięć probierczych**

Lp.	Napięcie znamionowe linii [kV]	Rodzaj napięcia probierczego	Wartość napięcia [kV]	Czas próby [min]
1	Kable $U_n \leq 1$ kV	1. DC 2. Wykonanie pomiaru rezystancji izolacji miernikiem o napięciu 2,5 kV jest równoważne wykonaniu próby napięciowej wg pkt.1	2,5	2
2	Kable $1\text{kV} < U_n \leq 30$ kV	AC	$2 U_0$	15
		VLF-CP 0,1 Hz	$3 U_0$	15
		DC	$3 U_0$	15
3	Kable $30\text{ kV} < U_n \leq 110$ kV	AC	$2 U_0$	30
		VLF-CP 0,1 Hz	$3 U_0$	30
		DC	$3 U_0$	30

**8.4.5** Izolacja każdego kabla (każdej żyły) powinna wytrzymać działanie napięcia probierczego przez cały czas próby bez przeskoków i przebicia. Próbie napięciową izolacji kabla (izolacji żył) należy wykonać na wszystkich kablach linii kablowej. Podczas próby napięciowej żyły robocze pozostałych kabli oraz żyły powrotne i pancerze oraz inne metalowe elementy budowy kabla powinny być zwarte i uziemione. Podczas próby napięciowej należy unikać przeskoków do uziemionych przedmiotów znajdujących się w otoczeniu głowic kablowych.

**8.4.6** W przypadku badania kabli o izolacji np. XLPE napięciem stałym należy unikać przeskoków na głowicach lub do uziemionych konstrukcji. Przeskoki te mogą być przyczyną przebic kabli w czasie lub po wykonaniu próby napięciowej. Na czas próby napięciowej DC zaleca się zainstalowanie ogranicznika przeciwprzepięciowego, o napięciu ok. 0,7 poziomu ochrony badanej linii.

**8.4.7** Nie dopuszcza się wykonywanie prób napięciowych odbiorczych linii kablowych napięciem probierczym DAC, z uwagi na to, że metoda ta realizuje dokładnie to, co jest zabronione podczas prób napięciem stałym DC. Metoda DAC polega na ładowaniu kabla napięciem stałym i bardzo szybkim jego oscylacyjnym rozładowaniu (typu przeskok). Procedurę powtarza się wielokrotnie (50 -100 razy) co prowadzi do postępującej degradacji izolacji wzdłuż całej długości linii kablowej. Dopuszczenie wielokrotnego powtarzanie rozładowania kabla w DAC staje w sprzeczności z procedurą prób DC, podczas których zakazuje się w ogóle dopuszczenia do przeskoku , czyli do szybkiego rozładowania linii , wskazując na niebezpieczeństwo uszkodzenia kabla podczas prób i dalszej eksploatacji.

**8.4.8** Podczas wykonywania próby napięciem stałym lub wyprostowanym linii kablowych o napięciu znamionowym mniejszym od 30 kV należy mierzyć i rejestrować zmiany prądu upływu każdej żyły. Napięcie podnosi się do wartości wymaganej lub do wartości, przy której charakterystyka napięciowo- prądowa zaczyna odbiegać od liniowej. Taka zmiana charakterystyki może świadczyć o występowaniu uszkodzenia w układzie izolacyjnym systemu kablowego lub niewłaściwego oczyszczenia głowic. Prądy upływu w poszczególnych fazach powinny być porównywalne. Zaleca się dołączenie do dokumentacji pomiarowej danych dotyczących zmian prądu upływu w funkcji napięcia i czasu próby napięciem stałym.

**8.4.9** Kable po każdej próbie napięciowej powinny być rozładowane i uziemione. Rozładowanie kabla po próbie napięciem stałym (DC) powinno być wykonane wolno poprzez uziemienie żyły roboczej z włączonym szeregowo rezystorem ( 50-150 kΩ). Zaleca się rozładowywanie kabla przez co najmniej 0,5 godz./km, ale nie krócej jak 0,5 godz. . 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 załączeniem do sieci, ale nie krócej jak 3 godz.. Zaleca się załączenie linii kablowej do sieci po upływie co najmniej 24 godz. od czasu uziemienia linii po badaniach, gdy jej długość przekracza 1 km.

**8.4.10** Linię kablową o napięciu znamionowym  $\leq 110$  kV i długości do 1 km przed przyjęciem do eksploatacji należy poddać 24 godzinnemu ruchowi próbnemu według zasad określonych w projekcie powykonawczym. Dla linii dłuższych czas ruchu próbnego powinien wynosić co najmniej 48 godziny. Próba ruchu próbnego powinna być elementem prób odbiorczych linii kablowych.

## **8.5 Odporność osłony/powłoki izolacyjnej kabli na działanie napięcia ( badania szczelności powłoki)**

Na kablach opancerzonych lub kablach z żyłą powrotną i osłoną/powłoką wytłoczoną z tworzywa sztucznego należy wykonać próbę napięciową 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. Próbę należy wykonać przy wszystkich ogranicznikach napięcia odłączonych. Napięcie probiercze należy przyłożyć pomiędzy żyłę powrotną kabla ( połączoną z metalowym uszczelnieniem promieniowym) i ziemię , na czas 5 minut. Czas przyłożenia napięcia powinien być liczony od momentu ustabilizowania się napięcia próby.

## **8.6 Wytrzymałość elektryczna przekładki izolacyjnej muf**

Przekładka izolacyjna muf i głowic powinna wytrzymać bez przebicia napięcie probiercze 25 kV DC przez 1 minutę. Próbę należy wykonać przed rozpoczęciem montażu mufy w układzie z krzyżowaniem powłok ( cross- bonding). Czas przyłożenia napięcia powinien być liczony od momentu ustabilizowania się napięcia próby.

## **8.7 Badania sprawdzające i diagnostyczne**

### **8.7.1 Próby między-instalacyjne powłoki**

Po ułożeniu warstwy otaczającej lub płyt ochronnych, a przed zasypaniem pozostałej części wykopu powinno się wykonać między-instalacyjną próbę szczelności powłoki kabla w sekcji. Próba napięciowa powłoki może być wykonana dla każdego odcinka kabla przed zasypaniem części rowu kablowego. Badania szczelności powłoki powinno się wykonać również przed ułożeniem płyt ochronnych i zasypaniem rowu kablowego materiałem wypełniającym w przypadku podejrzenia o ewentualne uszkodzenie powłoki podczas instalacji kabli.

Próby napięciową osłony/powłoki należy wykonać napięciem stałym lub wyprostowanym o polaryzacji dodatniej i o wartości 5 kV. Osłona/powłoka powinna wytrzymać napięcie stałe lub wyprostowane o wymaganej wartości w czasie 5 minut bez przebicia lub przeskoku.

### **8.7.2 Badania napięciowe diagnostyczne**

**8.7.2.1** Badania diagnostyczne mogą być przeprowadzone za zgodą Właściciela/Inwestora linii podczas budowy i eksploatacji. Właściciel/Inwestor linii musi otrzymać pisemną informację o metodyce proponowanych badań oraz o spodziewanych efektach badań i ich interpretacji, a także o metodyce wnioskowania, w tym o zagrożeniach dla żywotności linii spowodowanych przeprowadzeniem badań diagnostycznych. W przypadku linii objętej gwarancją, Właściciel/Inwestor linii powinien uzyskać zgodę na ww. badania od producentów kabli i osprzętu, jeżeli linia jest objęta gwarancją.

**8.7.2.2** Wybór metody badań diagnostycznych powinien być zgodny z wytycznymi z pkt 8.4. Przed wyborem zespołów probierczych powinna być przeprowadzona analiza podstaw dla wyboru parametrów pomiarowych jakie można uzyskać podczas prób. Podstawą do porównania są zawsze wyniki badań przy napięciu sieciowym w odniesieniu pomiarowym i literaturowym. Należy zwrócić uwagę, że pomiar np. wyładowań niepełnych, czy tangensa delta ma inne znaczenie i wartości w odniesieniu do pomiarów przy 50 Hz. Każda z metod może być przydatna w innym celu. Ważna jest interpretacja wyników pomiarów w odniesieniu do oceny i prognozowania przydatności eksploatacyjnej diagnozowanej linii kablowej. Dotyczy to również pomiarów w różnych układach 0,1 Hz,

**8.7.2.3** Dla oceny stanu technicznego budowanej/przebudowywanej/ remontowanej lub eksploatowanej linii kablowej dopuszcza się przeprowadzenie badań diagnostycznych z wykorzystaniem napięć probierczych podanych w Tabelicy 4. Wartość napięcia probierczego w badaniach diagnostycznych nie powinna przekraczać wartości  $1,3 U_0$ . Dopuszcza się również wykonanie badań napięciem o innych kształtach i częstotliwościach.. Zaleca się wykonywanie tych badań napięciem nie wyższym jak  $0,8 U_0$ .

**8.7.2.4** W przypadku badania kabli o izolacji np. XLPE napięciem stałym należy unikać przeskoków na głowicach lub do otoczenia. Przeskoki te lub gwałtowne rozładowania (zwarcia) mogą być przyczyną inicjacji wad w kablach w czasie ładowania lub podczas , a nawet wykonaniu próby napięciowej napięciem stałym. Na czas próby napięciowej DC zaleca się instalowanie ogranicznika przeciwprzepięciowego, dopasowanego do wartości ok. 0,7 poziomu ochrony badanej linii. Dotyczy to również prób diagnostycznych przeprowadzanych innymi rodzajami napięć probierczych lub prowadzonych w czasie dłuższym aniżeli przewidziany dla prób napięciowych odbiorczych.

**8.7.2.5** W następstwie przeprowadzenia badań diagnostycznych napięciem wyższym niż  $1,3 U_0$  wymaga się wykonania badań odbiorczych linii kablowej w zakresie próby napięciowej izolacji kabli. Zaleca się, aby badania diagnostyczne napięciowe linii kablowych  $> 30$  kV wykonywać z wykorzystaniem zespołów probierczych napięcia sinusoidalnego o częstotliwości 20-300 Hz , w tym rezonansowych.

### **8.7.3 Pomiar temperatury żył oraz lokalizacja uszkodzeń linii, zagrożeń mechanicznych i cieplnych.**

Dla oceny warunków obciążeniowych i ochrony linii kablowych sieci dystrybucyjnej przed kradzieżą zaleca się wykorzystywanie nowoczesnych technologii pomiarowych i stosowanie kabli SN z wbudowaną co najmniej jedną tubą światłowodową. Zaleca się też, aby instalowane kable 110 kV miały wbudowane w żyłę powrotną , co najmniej 2 tuby światłowodowe m.in. do wzdłużnego pomiaru temperatury kabla i optymalizacji obciążenia prądowego oraz ochrony i lokalizacji uszkodzenia. Obecność tub światłowodowych i podzespołów przygotowanych do łączności światłowodowej umożliwi późniejsze podłączenie układów pomiarowych do grupowego lub przelączalnego monitoringu linii. Układy pomiarowe typu DTS i DAS umożliwiają wzdłużne, dwu i wieloparametryczne monitorowanie stanu linii kablowych na bazie dwóch różnych wielkości akustycznej i temperaturowej. Jest to rozwiązanie nowoczesne , przyszłościowe . Po przyłączeniu trasa linii jest dokładnie zapisana na schemacie elektrycznym i sytuacyjnym oraz w profilu, które są uwidocznione na monitorze systemu lub innym , powiązany. Każdy element trasy linii kablowej jest skorelowany z systemem nawigacyjnym umożliwiającym obejrzenie dowolnego miejsca trasy linii i warunków środowiskowych w jego najbliższym otoczeniu.. Dotyczy to również przypadku wystąpienia zmian w przebiegu wielkości podczas wzdłużnego monitorowania linii kablowej , w odniesieniu do temperatury oraz zdarzeń wewnątrz linii kablowej lub w jej bliskim czy dalszym otoczeniu.

## 9. Sprawdzenie zgodności wykonania linii kablowej z dokumentacją projektową

9.1 Przed zainstalowaniem i przed wykonaniem badań linii należy sprawdzić zgodność parametrów kabli i osprzętu z wymaganiami norm przedmiotowych lub dokumentów, wg których zostały wykonane. Zgodność należy stwierdzić na podstawie atestów, protokołów odbioru albo innych stosownych dokumentów. Sprawdzenie dotyczy również innych urządzeń i osprzętu, który został zainstalowany w przedmiotowej linii kablowej.

9.2 Po zakończeniu budowy i instalacji linii kablowej oraz wykonaniu wszystkich badań Należy sprawdzić zgodność wykonania linii kablowej z projektem budowlanym i wykonawczym. W następstwie powinna być wykonana pełna dokumentacja powykonawcza z aktualnym rysunkiem trasy, opisem i przekrojami pionowymi, itd. Wszystkie rysunki powinny być wykonane zgodnie z wymaganiami Zamawiającego i przekazane w uzgodnionym formacie elektronicznym i papierowym. Dokumentacja powinna zawierać rysunek tzw. profil eksploatacyjny. Do dokumentacji powinna być załączona instrukcja eksploatacji zbudowanej linii kablowej. Instrukcja powinna być opracowana zgodnie z Instrukcją Ramową Eksploatacji Linii kablowych Zamawiającego.

9.3 Wyniki wszystkich badań i pomiarów oraz uwag powinny być zarejestrowane i pokazane jako załącznik do dokumentacji powykonawczej budowy linii kablowej, a miejsca ich wykonania wyraźnie zaznaczone na przebiegu trasy linii kablowej.

## 10. Odpowiedzialność za budowę i instalację linii kablowej

Wykonawca jest odpowiedzialny za wszystkie prace związane z budową linii kablowej, w tym za prace związane z instalowaniem, łączeniem i zakończeniem wszystkich kabli zgodnie z wymaganiami projektu i podpisanymi umowami.

## SPIS TREŚCI

<b>Przedmowa</b>	1
<b>1. Wstęp</b>	1
1.1 Zakres normy	1
1.2 Bibliografia materiałów korespondujących	1
1.3 Określenia, definicje	3
1.3.1 Kabel	3
1.3.2 Napięcie znamionowe kabla	3
1.3.3 Linia kablowa	3
1.3.4 Napięcie znamionowe linii kablowej	3
1.3.5 Trasa linii kablowej	3
1.3.6 Osprzęt elektroenergetycznej linii kablowej	3
1.3.7 Odległość, odstęp	3
1.3.8 Odległość pozioma	3
1.3.9 Odległość pionowa	3
1.3.10 Skrzyżowanie	3
1.3.11 Zbliżenie	3
1.3.12 Osłona linii kablowej	3
1.3.13 Pomieszczenie kablowe	3
1.3.14 Kanał kablowy	4
1.3.15 Kanalizacja kablowa	4
1.3.16 Tunel kablowy	4
1.3.17 Szyb kablowy	4
1.3.18 Estakada kablowa	4
1.3.19 Drabinka kablowa	4
1.3.20 Korytka kablowe (osłona otwarta lub otaczająca)	4
1.3.21 Studnia kablowa	4
1.3.22 Ściana oddzielenia przeciwpożarowego	4
1.3.23 Przegroda przeciwpożarowa	4
1.3.24 Ognioodporny zespół kablowy	4
1.3.25 Osłona trudno palna	4
1.3.26 Wykopowe i bezwykopowe metody układania kabli w ziemi	4
1.3.27 Wypełnienie kontrolowane rowu kablowego	4
1.3.28 Betonit	5
1.3.29 Bentonit kablowy	5
1.3.30 Badania odbiorcze linii kablowej	5
1.3.31 Badania diagnostyczne i eksploatacyjne	5
1.3.32 Pozostałe określenia	5
<b>2 Wymagania ogólne, projekt, infrastruktura linii kablowych</b>	5
2.1 Projekt i budowa linii kablowej	5
2.2 Kable, osprzęt, infrastruktura i sposoby budowy oraz ochrony linii kablowych	5
2.2.1 Kable, osprzęt i materiały pomocnicze	5
2.2.2 Infrastruktura układania linii kablowych i podstawowe wymagania	6
2.2.2.1 Rowy kablowe (wykopy)	6
2.2.2.2 Szczelina płuzeniowa (bruzda)	6
2.2.2.3 Kanały kablowe w ziemi	6
2.2.2.4 Studnie kablowe	7
2.2.2.5 Szyby kablowe	7
2.2.2.6 Tunele i pomieszczenia kablowe	7
2.2.2.7 Inne metody budowy linii kablowych w ziemi	7
2.2.2.8 Estakady kablowe	7
2.2.2.9 Osłony linii kablowych	7
2.3 Wybór trasy linii kablowej	7
2.4 Podstawowe elementy linii kablowych i ich parametry	8
2.4.1 Napięcie znamionowe kabli	8
2.4.2 Przekrój żył kabli	8
2.4.3 Izolacja żył	8
2.4.4 Powłoki, pancerze i osłony kabli	8
2.4.5 Połączenie żył roboczych, żył powrotnych, powłok metalowych i pancerzy kabli	8
2.4.5.1 Własności elektryczne połączeń	8
2.4.5.2 Wykonanie połączeń	8

2.4.6	Zakończenia i łączenia kabli .....	8
2.4.6.1	Głowice i mufy .....	9
2.4.6.2	Zakończenie kabli o napięciu znamionowym do 1 kV, ( $U_n \leq 1 \text{ kV}$ ) .....	9
2.4.6.3	Zakończenie kabli o napięciu znamionowym wyższym niż 1 kV, ( $U_n > 1 \text{ kV}$ ) .....	9
2.4.6.4	Łączenie kabli .....	9
2.4.6.5	Miejsce instalowania muf .....	9
2.4.6.6	Oznaczenie kabli i linii kablowych .....	9
2.5	Ochrona kabli i warunki układania .....	9
2.5.1	Oslony i ochrona kabli przed uszkodzeniami mechanicznymi .....	9
2.5.2	Ochrona kabli przed korozją .....	10
2.5.3	Ochrona kabli przed prądami błądzącymi .....	10
2.5.4	Ochrona kabli przed promieniami ultrafioletowymi .....	10
2.5.5	Ochrona przeciwporażeniowa .....	10
2.5.6	Ochrona przed przepięciami od wyładowań atmosferycznych .....	10
2.5.7	Temperatura kabli przy układaniu .....	10
2.5.8	Zginanie kabli .....	10
2.5.9	Ciągnięcie kabli .....	10
3.	<b>Budowa linii kablowych w ziemi</b> .....	11
3.1	Znaczenie powłok izolacyjnych kabli .....	11
3.2	Głębokość ułożenia kabla w ziemi .....	11
3.3.	Układanie kabli w osłonach otaczających umieszczonych w ziemi .....	11
3.3.1	Postanowienia ogólne .....	11
3.3.2	Głębokość umieszczenia osłon otaczających w ziemi .....	11
3.4.	Oznaczenie trasy linii kablowych w ziemi, taśmy ostrzegawcze .....	11
3.4.1	Wymagania dla taśm ostrzegawczych perforowanych .....	12
3.4.2	Dodatkowe metody oznakowania trasy linii kablowych .....	12
3.5	Budowa linii w rowach kablowych .....	12
3.5.1	Struktura rowu kablowego .....	12
3.5.2	Wypełnienie rowu kablowego .....	13
3.5.3	Zasady układania linii w rowach kablowych .....	13
3.5.3.1	Podstawowe wymagania układania linii kablowych w ziemi .....	13
3.5.3.2	Układanie linii kablowych w ziemi w zależności od rodzaju gruntu i materiału powłoki kabli .....	13
3.5.3.2.1	Grunt na dnie wykopu jest piaszczysty .....	13
3.5.3.2.2	Grunt na dnie wykopu nie jest piaszczysty ale ma jednorodną strukturę .....	13
3.5.3.2.3	Grunt na dnie wykopu ma niejednorodną strukturę .....	13
3.5.3.2.4	Układanie w ziemi linii kablowych niskich napięć .....	14
3.5.4	Układanie kabli w szczelinach płuzeniowych (bruzdach) .....	14
3.5.5	Zabezpieczenie linii kablowej od uszkodzeń mechanicznych .....	14
4	<b>Układanie linii kablowych, warunki i odległości</b> .....	14
4.1	Konfiguracja układania kabli jednożyłowych linii kablowych .....	14
4.2	Układanie warstwowe kabli .....	15
4.3	Układanie kabli wzdłuż dróg i ulic .....	15
4.4.	Pionowe lub pochyle układanie kabli .....	15
4.5	Odległości między liniami kablowymi osłony metalowe .....	15
4.5.1	Odległości między kablami nie należącymi do tej samej linii kablowej .....	15
4.5.2	Odległości kabli od innych urządzeń podziemnych .....	15
4.6	Skrzyżowania i zbliżenia kabli między sobą i z innymi obiektami lub przeszkodami naturalnymi .....	16
4.6.1	Wymagania ogólne .....	16
4.6.2	Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli między sobą .....	16
4.6.3	Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń z rurociągami .....	16
4.6.4	Wykonanie skrzyżowań z drogami kołowymi .....	16
4.6.5	Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli z torami szynowymi .....	17
4.6.6	Wykonanie skrzyżowań i zbliżeń kabli z rzekami i innymi szlakami wodnymi .....	17
5	<b>Układanie kabli w kanałach i tunelach</b> .....	17
5.1	Wymagania ogólne .....	17
5.2	Rozmieszczenie kabli w tunelach .....	17
5.3	Odległości między liniami kablowymi .....	17
5.4	Kable na konstrukcjach wsporczych .....	18
5.5	Odległości między miejscami zamocowania i zawieszenia kabla .....	18
5.6	Skrzyżowania .....	18
5.7	Prowadzenie rurociągów w kanałach i tunelach kablowych .....	18
6	<b>Układanie kabli na mostach, wiaduktach, molach, nabrzeżach i estakadach kablowych</b> .....	18
6.1	Wymagania ogólne .....	18
6.2	Sposoby układania kabli .....	18
7	<b>Układanie kabli w budynkach</b> .....	18
7.1	Wymagania ogólne .....	18
7.2	Sposoby układania kabli .....	18
7.3	Wprowadzenie kabli do budynków .....	19
7.4	Przejścia kabli przez ściany i stropy .....	19
7.5	Odległości między kablami ułożonymi w budynkach .....	19
7.6	Skrzyżowania kabli z innymi kablami i przewodami .....	19
7.7	Odległości kabli od rurociągów .....	19
7.8	Szyby kablowe .....	19
7.9	Pomieszczenia kablowe w budynkach .....	19
7.10	Układanie kabli posiadających cechę ognioodporności .....	19
8.	<b>Badania linii kablowej</b> .....	20



8.1	Pomiar zgodności faz oraz ciągłości żył roboczych i powrotnych .....	20
8.2	Rezystancja żył roboczych i powrotnych .....	20
8.2.1	Pomiar rezystancji żył roboczych i powrotnych kabli.....	20
8.2.2	Rezystancja żył roboczych i powrotnych .....	20
8.3	Rezystancja izolacji linii kablowych .....	20
8.4.	Próby napięciowe izolacji kabli.....	20
8.5	Odporność osłony/powłoki izolacyjnej kabli na działanie napięcia (badanie szczelności powłoki) ..	21
8.6	Wytrzymałość elektryczna przekładki izolacyjnej muf.....	22
8.7	Badania sprawdzające i diagnostyczne .....	22
8.7.1	Próby między-instalacyjne powłoki .....	22
8.7.2	Badanie napięciowe diagnostyczne.....	22
8.7.3	Pomiar temperatury żył oraz lokalizacja uszkodzeń linii, zagrożeń mechanicznych i cieplnych.....	22
<b>9</b>	<b>Sprawdzanie zgodności wykonania linii kablowej z dokumentacją projektową .....</b>	<b>22</b>
<b>10</b>	<b>Odpowiedzialność za budowę i instalację linii kablowej.....</b>	<b>22</b>