

**STANDARDOWA SPECYFIKACJA TECHNICZNA**

**Numer kodowy**

PSE-ST.  
Linie\_kablowe\_220kV\_400kV/2020

**TYTUŁ :**

**Linie kablowe 220 kV i 400 kV**

*OPRACOWANO:*

*DEPARTAMENT STANDARDÓW TECHNICZNYCH*

.....

ZATWIERDZONO

DO STOSOWANIA

Data .....

**Konstancin-Jeziorna, Kwiecień 2020 r.**

## Spis treści

1.	Przedmiot i zakres specyfikacji .....	4
2.	Normy i dokumenty powołane .....	4
3.	Podstawowe założenia projektowe linii kablowej NN.....	7
3.1.	Warunki środowiskowe .....	7
3.2.	Poziomy napięcie .....	7
3.3.	Wymagana obciążalność prądowa linii kablowej.....	7
3.4.	Wymagana wytrzymałość zwarciova linii kablowej .....	9
4.	Trasa, ułożenie i oznakowanie linii kablowej .....	9
4.1.	Wymagania ogólne dotyczące trasy linii kablowej.....	9
4.2.	Układanie linii kablowej.....	10
4.3.	Linia kablowa ułożona w ziemi .....	11
4.4.	Linia kablowa ułożona w przepustach.....	12
4.5.	Linia kablowa ułożona w kanale kablowym .....	13
4.6.	Linia kablowa ułożona w tunelu .....	13
4.7.	Skrzyżowanie linii z obcą infrastrukturą podziemną (nie dotyczy terenu stacji elektroenergetycznej).....	14
4.8.	Ścienne przepusty kablowe .....	16
4.9.	Linia kablowa w budynku stacji elektroenergetycznej (kablowni) .....	16
4.10.	Studnie kablowe .....	17
4.11.	Oznaczniki informacyjne linii kablowej .....	17
4.12.	Oznakowanie trasy linii kablowej .....	17
5.	Wprowadzenie na słup linii napowietrznej i na stanowisko głowic napowietrznych ....	18
5.1.	Zakończenie linii na słupie linii napowietrznej .....	18
5.2.	Wprowadzenie na stanowisko głowic napowietrznych .....	19
6.	Układy połączeń żył powrotnych .....	20
6.1.	Wymagania ogólne .....	20
6.2.	Jednostronne uziemienie żył powrotnych (SPB) .....	20
6.3.	Obustronne uziemienie żył powrotnych (BE).....	21
6.4.	Cross-bonding (CB) .....	21
6.5.	Inne układy .....	22
6.6.	Ograniczniki przepięć żył powrotnych oraz połączenia z żyłami powrotnymi.....	22
7.	Pas technologiczny linii kablowej .....	22
8.	Oddziaływanie linii kablowej na środowisko .....	23
9.	Badania pomontażowe linii kablowej NN.....	24
10.	Kable światłowodowe.....	27
10.1.	Kable światłowodowe i ich kanalizacja.....	27
10.2.	Badania wykonywane w trakcie budowy i montażu linii światłowodowej .....	29

---

10.2.1. Badania przed pracami instalacyjnymi .....	29
10.2.2. Badania i pomiary w czasie budowy.....	29
10.2.3. Pomiary wykonywane przy odbiorze linii .....	29
10.3. Wprowadzenie kabli światłowodowych na konstrukcje i słupy.....	29
11. Dokumentacja techniczna linii kablowej .....	30

Załącznik 1 „Kable elektroenergetyczne i osprzęt kablowy 220 kV i 400 kV”

## 1. Przedmiot i zakres specyfikacji

Przedmiotem niniejszej specyfikacji są wymagania techniczne dotyczące nowobudowanych elektroenergetycznych linii kablowych 220 kV i 400 kV pracujących m.in. jako:

- 1) połączenie dwóch stacji elektroenergetycznych,
- 2) wstawka kablowa w linii napowietrznej,
- 3) połączenie pomiędzy linią napowietrzną a rozdzielnią,
- 4) połączenie rozdzielni z transformatorem.

Specyfikacja zawiera również wymagania dotyczące kabli światłowodowych układanych wraz z linią kablową.

W odniesieniu do linii kablowych wyprowadzających moc z morskich farm wiatrowych niniejszą specyfikację można stosować do lądowego odcinka tych linii, z wyłączeniem muf łączących kable lądowe z morskimi.

W zakresie słupów kablowych służących do połączenia linii napowietrznej z linią kablową określono w niniejszej specyfikacji wymagania dotyczące sposobu wprowadzenia kabli, montażu osprzętu kablowego oraz zabezpieczenia elementów linii kablowej. Słupy kablowe jako słupy krańcowe linii napowietrznej należy projektować zgodnie z aktualną specyfikacją techniczną PSE S.A. dotyczącą słupów linii napowietrznych 400 kV i 220 kV. Konstrukcje wsporcze pod głowice kablowe należy projektować zgodnie z aktualną specyfikacją PSE S.A. dotyczącą stacji elektroenergetycznych najwyższych napięć.

Specyfikacja nie obejmuje zagadnień systemowych, które należy przeanalizować przy kablowaniu linii 220 i 400 kV, w tym wyznaczania maksymalnej długości wstawki linii kablowej. Wskazówki w tym zakresie można znaleźć m.in. w Broszurach Technicznych CIGRE TB 250 „General Guidelines for The Integration of a New Underground Cable System in the Network” oraz CIGRE TB 556 “Power System Technical Performance Issues Related to the Application of Long HVAC Cables”.

Integralną częścią niniejszej specyfikacji jest specyfikacja „Linie kablowe 220 kV i 400 kV Załącznik 1 Kable elektroenergetyczne i osprzęt kablowy 220 kV i 400 kV”, zawierająca wymagania techniczne dotyczące kabli i podstawowego osprzętu kablowego (głowic i muf).

## 2. Normy i dokumenty powołane

Nowobudowane linie kablowe 220 kV i 400 kV powinny być zaprojektowane i wykonane zgodnie z:

- niniejszą Specyfikacją,
- normami i dokumentami powołanymi w niniejszej Specyfikacji,
- obowiązującymi aktami prawnymi dotyczącymi elektroenergetycznych linii kablowych.

Tabela 1. Normy i dokumenty powołane

Lp.	Numer normy/ nazwa dokumentu	Tytuł
1.	IEC 62067:2011	Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 150 kV ( $U_m = 170$ kV) up to 500 kV ( $U_m = 550$ kV) - Test methods and requirements.
2.	IEC 60287-1-1	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-1: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses – General.
3.	IEC 60287-1-2	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses - Section 2: Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation.
4.	IEC 60287-1-3	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-3: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses - Current sharing between parallel single-core cables and calculation of circulating current losses.
5.	IEC 60287-2-1	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2-1: Thermal resistance – Calculation of thermal resistance.
6.	IEC 60287-2-2	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2: Thermal resistance - Section 2: A method for calculating reduction factors for groups of cables in free air, protected from solar radiation.
7.	IEC 60287-3-1	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-1: Operating conditions – Site reference conditions.
8.	IEC 60287-3-3	Electric cables – Calculation of the current rating
9.	IEC 60853-2	Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables. Part 2: Cyclic rating of cables greater than 18/30 (36) kV and emergency ratings for cables of all voltages.
10.	IEC 60853-3	Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables – Part 3: Cyclic rating factor for cables of all voltages, with partial drying of the soil.
11.	PN-EN 60228	Żyły przewodów i kabli
12.	IEC 60229	Electric cables – Tests on extruded oversheaths with a special protective function

13.	IEC 60815	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions
14.	IEC 60949	Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects
15.	IEC 69270	High voltage test techniques – Partial Discharge Measurement
16.	IEC 61443:1999 +AMD1:2008	Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages above 30 kV ( $U_m = 36$ kV)
17.	IEC 60885-3	Electrical test methods for electric cables Part 3 Test method for partial discharge measurement on lengths of extruded cables
18.	Specyfikacja PSE S.A. Wytyczne projektowe	Wytyczne projektowe dla doboru ograniczników przepięć instalowanych na żyłach powrotnych kabli elektroenergetycznych – wskazówki dla projektantów
19.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Ograniczniki przepięć do ochrony osłon kabli elektroenergetycznych
20.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Ograniczniki przepięć do sieci 110 kV, 220 kV i 400 kV
21.	Specyfikacja Funkcjonalna PSE S.A	Kable światłowodowe
22.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Uziemienia linii napowietrznych
23.	IEEE 400.4:2015	IEEE Guide for Field Testing of Shielded Power Cable Systems Rated 5 kV and Above with Damped Alternating Current (DAC) Voltage
24.	N SEP-E-004 wraz ze zmianą N SEP-E-004/A1:2019-05	Norma SEP . Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa
25.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 640 „A Guide for Rating Calculations of Insulated Cables”
26.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 714 “Long Term Performance of Soil And Backfill Systems”
27.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 797 “Sheath bonding systems of AC transmission cables - Design, testing, and maintenance”
28.	Publikacja PTPIREE	Wytyczne Projektowania Linii Kablowych 110 kV Poznań 2019

W przypadku powołań datowanych ma zastosowanie wydanie cytowane. W przypadku powołań niedatowanych należy stosować aktualne normy i specyfikacje techniczne.

Publikacja PTPIREE została zamieszczona w powyższej tabeli jako źródło wiedzy technicznej, zawierające opis dobrych praktyk projektowania i budowy linii kablowych 110 kV, z których wiele ma charakter uniwersalny i z tego powodu można je odnosić również do linii kablowych 220 i 400 kV.

### 3. Podstawowe założenia projektowe linii kablowej NN

#### 3.1. Warunki środowiskowe

Konstrukcja i wykonanie linii kablowej powinny zapewniać jej prawidłową pracę w warunkach środowiskowych panujących na trasie linii kablowej.

Do projektowania należy przyjąć następujące warunki środowiskowe:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| ▪ Maksymalna temperatura otoczenia powietrza | +40°C                 |
| ▪ Minimalna temperatura otoczenia powietrza  | - 35°C                |
| ▪ Intensywność promieniowania słonecznego    | 1050 W/m <sup>2</sup> |
| ▪ Strefa zabrudzeniowa wg IEC 60815          | d-Heavy               |

Odnosnie pozostałych warunków środowiskowych, które należy przyjąć do projektowania linii patrz p. 3.3.

#### 3.2. Poziomy napięć

Poziomy napięć znamionowych dla linii kablowej 220 kV, częstotliwość systemu  $f = 50$  Hz:

- |  |          |
|--|----------|
| ▪ Napięcie znamionowe $U$ (międzyfazowe) | - 220 kV |
| ▪ Napięcie znamionowe fazowe $U_0$       | - 127 kV |
| ▪ Najwyższe napięcie pracy $U_m$         | - 245 kV |

Poziomy napięć znamionowych dla linii kablowej 400 kV, częstotliwość systemu  $f = 50$  Hz:

- |  |          |
|--|----------|
| ▪ Napięcie znamionowe $U$ (międzyfazowe) | - 400 kV |
| ▪ Napięcie znamionowe fazowe $U_0$       | - 220 kV |
| ▪ Najwyższe napięcie pracy $U_m$         | - 420 kV |

#### 3.3. Wymagana obciążalność prądowa linii kablowej

Linie kablową należy zaprojektować w oparciu o określone przez Zamawiającego wartości:

- długotrwałej obciążalności prądowej,
- przeciążenia (dotyczy tylko linii łączących rozdzielnię z transformatorem).

Przy określaniu przekroju poprzecznego żyły roboczej kabla należy uwzględnić m.in.:

- maksymalną długotrwałą temperaturę żyły roboczej równą  $+90^{\circ}\text{C}$ , o ile Zamawiający nie wskaże niższej wartości dla określonego projektu (np. dla linii blokowej),
- współczynnik obciążenia równy 1,
- wymagane przeciążenia - jeśli dotyczy,
- wpływ najniekorzystniejszych warunków środowiskowych i technicznych (związanych np. ze sposobem ułożenia bądź koniecznej ochrony linii, sąsiedztwa źródeł ciepła) na trasie linii kablowej.

Obliczenia długotrwałej obciążalności prądowej oraz dopuszczalnego przeciążenia linii kablowej należy wykonać zgodnie z normami IEC 60287 oraz IEC 60853, z uwzględnieniem zaleceń zawartych w Broszurze CIGRE TB 640.

W przypadku linii kablowej zakopanej w gruncie, bardzo istotne jest prawidłowe określenie rezystancji cieplnej gruntu przyjmowanej do obliczeń dopuszczalnej obciążalności linii. Na potrzeby ustalenia właściwości gruntu należy wykonać badania geotechniczne gruntu linii wzdłuż trasy linii. Jeśli jest to wykonalne technicznie, badania te powinny być przeprowadzone w odległościach nie większych niż 200 m oraz we wszystkich miejscach, które potencjalnie mogą stanowić miejscowe „wąskie gardła” linii z powodu niekorzystnych warunków odprowadzania ciepła.

Parametry gruntu mające wpływ na rezystancję cieplną gruntu są opisane w Broszurze CIGRE TB 640 oraz Broszurze CIGRE TB 714. Wskazówki dotyczące sposobu ich określania zawiera Broszura CIGRE TB 714. Istotny wpływ na rezystancję cieplną gruntu ma zawartość wilgoci, która zależy od pory roku oraz wielkości opadów. Do projektowania należy przyjąć wartość rezystancji cieplnej odpowiadającą najmniejszej przewidywanej zawartości wilgoci (patrz Broszura CIGRE TB 640). Należy również przeanalizować możliwość wysuszenia gruntu wskutek oddziaływania cieplnego kabli (patrz CIGRE TB 714) i jeśli taka możliwość zostanie potwierdzona, należy przyjąć do obliczeń odpowiednio wyższą wartość tej rezystancji, aby zapewnić wymaganą obciążalność linii kablowej również i po wystąpieniu tego zjawiska w przyszłości.

Do obliczeń należy przyjąć rezystancje cieplne betonitu i bentonitu w stanie wysuszenia, które wg N SEP-E-004 nie powinny być większe odpowiednio od  $1,2 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$  oraz  $1 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ . Przyjęte do obliczeń wartości należy potwierdzić pomiarami kontrolnymi na etapie budowy linii.

Zgodnie z normą IEC 60287-3-1 temperaturę gruntu na głębokości 1 m przyjmuje się w Polsce jako równą  $20^{\circ}\text{C}$  (wartość średnia do obliczeń), przy czym jeśli powierzchnia gruntu nad linią kablową będzie pokryta materiałami nagrzewającymi się od promieniowania słonecznego (np.



asfaltem) należy przyjmować temperaturę 25°C. Przy ułożeniu kabli na głębokościach większych niż 1,5 m można przyjmować temperaturę gruntu równą 15 °C.

Jeżeli na trasie linii kablowej występują bardzo zróżnicowane warunki ułożenia kabli wpływające znacząco na obciążalność linii kablowej, dopuszcza się zastosowanie kabli o dwóch różnych przekrojach żył roboczych, przy czym Wykonawca powinien wykazać, że rozwiązanie takie nie spowoduje zwiększenia liczby muf (w stosunku do liczby muf przy zastosowaniu tylko kabla o większym przekroju żyły roboczej).

W uzasadnionych przypadkach, przy wymaganych dużych wartościach prądu długotrwałego obciążenia, dopuszcza się zastosowanie dwóch identycznych kabli dla każdej z faz.

### **3.4. Wymagana wytrzymałość zwarciova linii kablowej**

Linie kablową należy zaprojektować w oparciu o określone przez Zamawiającego wartości:

- prądu zwarcia 1-fazowego,
- prądu zwarcia 3-fazowego,
- czasu trwania zwarcia 0,6 s.

Wartości ww. prądów określi Zamawiający z uwzględnieniem długoterminowego planu rozwoju sieci, jako wartość z szeregu: 31,5 kA, 40 kA, 50 kA, 63 kA.

Zamawiający może również określić dodatkowo mniejsze wartości prądu zwarciowego na podstawie planu rozwoju sieci w krótszym horyzoncie czasowym, które będą podstawą tylko i wyłącznie do doboru ograniczników przepięć żyły powrotnej. Takie podejście ma na celu optymalny dobór ograniczników przepięć żyły powrotnej i Zamawiający bierze pod uwagę ewentualną konieczność wymiany tych ograniczników w czasie eksploatacji linii kablowej, gdy rozbudowa sieci spowoduje wzrost prądów zwarcia do wartości docelowej, przyjętej do projektowania linii kablowej.

Przy doborze konstrukcji kabli i osprzętu do wymaganej wytrzymałości zwarciovej należy uwzględnić zapisy normy IEC 60949 oraz normy IEC 61443. Jako stan początkowy występujący w kablu w chwili wystąpienia zwarcia należy przyjąć nagrzanie żyły roboczej do temperatury +90°C oraz żyły powrotnej do +80°C. Minimalny przekrój żyły powrotnej to 95 mm<sup>2</sup>.

## **4. Trasa, ułożenie i oznakowanie linii kablowej**

### **4.1. Wymagania ogólne dotyczące trasy linii kablowej**

Trasa projektowanej linii kablowej powinna uwzględniać istniejącą i planowaną infrastrukturę, a przy jej wyborze należy mieć na względzie aspekt minimalizacji ryzyka uszkodzenia kabli, swobodny dostęp do elementów linii kablowej oraz wymaganą szerokość pasa technologicznego (patrz p. 7).

Na ułożenie linii kablowej wzdłuż drogi w pasie drogowym drogi publicznej, oraz na innych terenach, gdzie umieszczenie infrastruktury elektroenergetycznej związane jest z obowiązkiem uiszczenia opłat w okresie eksploatacji linii, nałożonych przez ich zarządcę, oprócz zgody zarządcy terenu wymagana jest również wcześniejsza zgoda Zamawiającego.

#### **4.2. Układanie linii kablowej**

Technologia układania kabli i montażu osprzętu kablowego powinna być zgodna z zaleceniami producenta kabla i osprzętu kablowego oraz odbywać się pod ich nadzorem. Stanowisko muf kablowych, sposób przygotowania podłoża dla muf i ich zabezpieczenie, odległości między mufami, oraz wymiary stanowiska, powinny być zgodne z wytycznymi producenta osprzętu.

Kable NN poza obszarem stacji elektroenergetycznej należy układać na głębokości nie mniejszej niż 1,3 metra, licząc od górnej powierzchni najwyżej usytuowanego kabla NN do powierzchni terenu. Na terenie stacji elektroenergetycznych minimalna głębokość ułożenia kabli NN liczona od górnej powierzchni najwyżej usytuowanego kabla NN do powierzchni terenu nie powinna być mniejsza niż 1 metr, przy czym wymaganie to nie dotyczy kabli układanych w kanałach kablowych lub w dedykowanych tunelach na terenie stacji elektroenergetycznej.

Kable należy układać w układzie płaskim lub układzie trójkątnym. Odcinek linii kablowej z przewiertem powinien mieć taki sam układ ułożenia kabli na całej jego długości.

Przy prowadzeniu linii kablowej wzdłuż ciepłociągu i w miejscach skrzyżowania linii kablowej z ciepłociągiem, należy przeanalizować potencjalny wpływ ciepłociągu na warunki pracy linii i jeżeli możliwość takiego wpływu zostanie potwierdzona, należy zastosować oddzielające płyty termoizolacyjne lub inne środki techniczne ograniczające oddziaływanie cieplne ciepłociągu na linię kablową. W miejscach, gdzie zastosowanie takich środków nie jest możliwe (np. przewiertu sterowane) należy liczyć się z koniecznością zastosowania kabli o większym przekroju żyły roboczej.

Na obu końcach linii kablowej należy zapewnić zapas kabli umożliwiający jednokrotną wymianę uszkodzonej głowicy kablowej, nie krótszy niż 5 metrów dla każdego kabla. Zamawiający może odstąpić od tego wymagania lub wyrazić zgodę na krótszy zapas kabla, jeżeli zgromadzenie wymaganego zapasu nie jest wykonalne bądź jego późniejsze wykorzystanie będzie bardzo utrudnione.

Jeśli wraz z linią kablową NN układana jest linia kablowa światłowodowa, należy uwzględnić również wymagania opisane w p. 10.

Na etapie uzgadniania projektu Zamawiający może zaakceptować inne sposoby ułożenia linii kablowej (np. mikrotuneling) oraz inne rozwiązania stosowane przy układaniu linii niż opisane poniżej, po przedstawieniu przez Wykonawcę stosowanego uzasadnienia i opisu technologii.

### 4.3. Linia kablowa ułożona w ziemi

Kable powinny być ułożone w wykopie w miarę możliwości linią falistą. Kable należy układać na zagęszczonej warstwie podsypki o grubości minimum 0,2 m. Przy układaniu linii wielotorowych w jednym wykopie, tory linii należy oddzielić od siebie betonowymi płytami ochronnymi o przykładowych wymiarach 50x50x7cm. Płyty należy posadzić na warstwie podsypki w pozycji pionowej w połowie odległości pomiędzy sąsiadującymi torami linii. Minimalna odległość pozioma pomiędzy torami powinna być ustalona na podstawie obliczeń wzajemnego oddziaływania cieplnego pomiędzy liniami, przy czym nie może być ona mniejsza niż 1 m licząc pomiędzy skrajnymi kablami należącymi do sąsiednich torów.

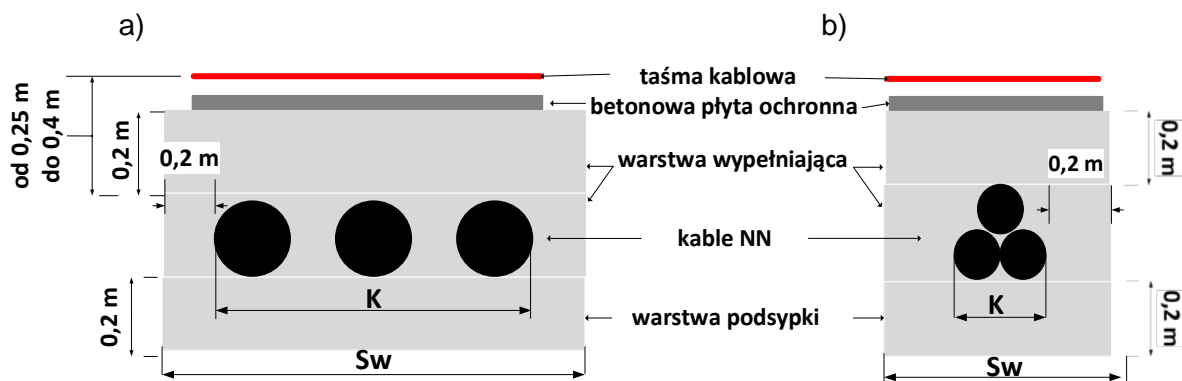
Po ułożeniu kable należy zasypać warstwą wypełniającą na wysokość minimum 0,2 m ponad poziom górnej powierzchni najwyżej usytuowanego w wykopie kabla NN toru linii.

Minimalna szerokość warstwy podsypki i warstwy wypełniającej **Sw** jak pokazano na rysunku 1 składa się z odległości **K** między skrajnymi kablami NN należącymi do tego samego toru linii i odległości dodatkowej 0,2 m po obu stronach linii kablowej.

Do wykonania warstwy podsypki i warstwy wypełniającej należy używać tego samego materiału – betonitu tj. mieszaniny piasku i cementu w stosunku objętościowym od 13:1 do 14:1 lub wagowym od 18:1 do 20:1. Zastosowanie innego materiału wymaga uzgodnienia i zgody Zamawiającego. Struktura materiału wypełniającego oraz podsypki nie może powodować uszkodzenia powierzchni powłoki kabla. Każda partia betonitu powinna posiadać atest potwierdzający jego prawidłowy skład i parametry.

Na warstwie wypełniającej nad linią kablową należy ułożyć betonowe płyty ochronne, przy zachowaniu szczeliny pomiędzy płytami wynoszącej ok. 10% długości tych płyt. Przykładowy wymiar płyty to 50x50x7cm. Płyty betonowe powinny przykrywać wszystkie kable, tzn. wszystkie kable powinny się zawierać w rzucie poziomym płyt betonowych i w związku z tym należy uwzględnić ewentualną konieczność ułożenia dwóch rzędów płyt obok siebie, tak aby w pełni ochronić kable. W przypadku linii prowadzonych po terenie stacji elektroenergetycznych, Zamawiający może odstąpić od konieczności stosowania płyt ochronnych. Nad kablem w odległości nie mniejszej niż 25 cm i nie większej niż 40 cm od jego powierzchni należy umieścić taśmę kablową sygnalizacyjną zgodnie z wymaganiami punkt 4.12. Pozostały obszar wykopu wypełnić oczyszczonym z gruzów i kamieni gruntem rodzimym, który należy zagęścić w celu niedopuszczenia do zapadania się gruntu. Stopień zagęszczenia gruntu zasypowego powinien być nie mniejszy niż gruntu rodzimego w sąsiedztwie wykopu.

Przykładowe układy ułożenia kabli przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Poglądowe układy ułożenia kabli NN wraz z minimalnymi wymiarami warstw podsypki oraz warstw wypełniających: a) układ płaski, b) układ trójkątny.

#### 4.4. Linia kablowa ułożona w przepustach

Przepust ma za zadanie chronić ułożony w niej odcinek kabla oraz umożliwić wymianę kabla bez potrzeby rozkopywania. Przepusty należy stosować m.in. w miejscach skrzyżowania linii kablowej NN z innymi obiektami np.: droga, tory, przeszkody wodne, obca infrastruktura podziemna, system korzeniowy drzew, obiekty budowlane. Przy pokonywaniu przeszkód wodnych przepusty lokalizuje się pod dnem oraz warstwą mułu.

Przepusty mogą być wykonywane metodą odkrywkową, przecisku lub przewiertu sterowanego.

Do wykonania przepustów należy stosować gładkościenne rury osłonowe wykonane z tworzywa sztucznego o wysokiej gęstości np. HDPE i sztywności obwodowej rury właściwej do miejsca jej usytuowania. Średnica wewnętrzna rury powinna stanowić minimum 1,5-krotność średnicy zewnętrznej kabla zapewniając swobodę podczas jego przeciągania. Dla przepustów o długości powyżej 20 m średnica wewnętrzna rur powinna być powiększona o co najmniej jeden rozmiar z typoszeregu. W jednym przepuscie należy układać tylko jeden kabel. Rury użyte do wykonania przepustu powinny być ze sobą szczelnie połączone. Jeżeli połączenie rur realizowane jest poprzez zgrzewanie doczołowe, nadmiar powstałego nagaru wewnątrz rur należy usunąć.

Podczas wciągania kabla należy zwrócić uwagę, aby wraz z nim do wnętrza przepustu nie dostawał się rodzimy grunt oraz zanieczyszczenia. Dopuszcza się wypełnienie przepustów o długości nieprzekraczającej 10 m ułożonych poza terenem stacji materiałem o odpowiedniej rezystywności i przewodności cieplnej np. bentonitem kablowym (mieszanka naturalnej osadowej skały ilastej i wody). Wypełnienie przepustów poza terenem stacji o większej długości oraz przepustów znajdujących się na terenie stacji wymaga uzgodnienia i zgody Zamawiającego. Zgodnie z N SEP-E004 rezystywność cieplna bentonitu w stanie wysuszenia nie powinna być większa od  $1 \text{ K} \cdot \text{m} / \text{W}$ . Każda partia zastosowanego bentonitu powinna posiadać atest potwierdzający jego prawidłowy skład i parametry.

Kable na wyjściu z przepustów należy wycentrować wykorzystując do tego np. liny konopne lub syntetyczne, po czym końce rur osłonowych należy zabezpieczyć przed wnikaniem wody i materiałów obcych. Dla każdego wykonanego ułożenia odcinka toru linii kablowej w przepustach należy przewidzieć pozostawienie minimum jednego przepustu rezerwowego, którego końce również należy zabezpieczyć przed wnikaniem wody i materiałów obcych. Zamawiający zastrzega sobie prawo do postawienia wymagania na etapie uzgadniania Projektu Wykonawczego, aby końce przepustów rezerwowych umieścić w studniach kablowych.

#### **4.5. Linia kablowa ułożona w kanale kablowym**

Rozwiązanie przeznaczone jest do stosowania głównie na terenie stacji elektroenergetycznych, w miejscach wskazanych lub zaakceptowanych przez Zamawiającego. Wymiar kanału kablowego należy dobrać indywidualnie dla konkretnej linii kablowej NN w taki sposób, aby zapewnić warunki oddawania ciepła, które założono przy doborze kabli do wymaganej obciążalności prądowej. W jednym kanale kablowym należy układać kable należące tylko do jednego toru linii. W uzasadnionych przypadkach, za zgodą Zamawiającego, dopuszcza się ułożenie większej liczby torów linii w jednym kanale kablowym, jednak takie ułożenie będzie wymagało rozwiązań gwarantujących brak wzajemnego wpływu na siebie torów prądowych zarówno w czasie normalnej pracy oraz w stanach awaryjnych (np. uszkodzenie kabla i jego zapłon). Kable w kanale kablowym należy mocować za pomocą dedykowanych uchwytów kablowych i tak je ukształtować, aby umożliwić ich wzdłużny ruch pod wpływem zmian temperatury. Kanał kablowy powinien posiadać naturalną wentylację zapewniającą odpowiednie warunki chłodzenia kabli, zgodnie z założeniami przyjętymi do obliczenia długotrwałej obciążalności prądowej linii (oraz jeśli dotyczy przeciążalności). Kanał kablowy znajdujący się powyżej poziomu wody gruntowej powinien mieć chłonne dno, zaś kanał zlokalizowany poniżej poziomu wód gruntowych lub na terenie o niekorzystnych warunkach gruntowych (grunty nieprzepuszczalne) należy wyposażyć w system odwodnienia. Kable ułożone w kanale powinny mieć powłokę niepodtrzymującą płomienia (patrz Załącznik 1). W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować zastosowanie innych środków zapobiegających rozprzestrzenianiu się pożaru w kanale.

#### **4.6. Linia kablowa ułożona w tunelu**

Wymagania dotyczące wymiarów tuneli kablowych, ich konstrukcji, sposobu układania i mocowania kabli, określania warunków wymuszonego chłodzenia, dostępności dla personelu wykonującego obsługę eksploatacyjną, są określane indywidualnie dla konkretnego rozwiązania linii kablowej. Tunele kablowe powinny posiadać systemy odprowadzania wody opadowej i gruntowej, a wejścia i wyjścia kablowe zabezpieczenia systemowe m.in. przed

dostaniem się wody oraz naturalną wentylację zapewniającą odpowiednie warunki chłodzenia kabli, zgodnie z założeniami przyjętymi do obliczenia długotrwałej obciążalności prądowej linii. Przy projektowaniu tunelu należy również uwzględnić wymagania normy N SEP-E004.

Kable ułożone w tunelu powinny mieć powłokę niepodtrzymującą płomienia (patrz Załącznik 1).

#### **4.7. Skrzyżowanie linii z obcą infrastrukturą podziemną (nie dotyczy terenu stacji elektroenergetycznej)**

Skrzyżowanie linii kablowej i kabla światłowodowego z inną infrastrukturą podziemną należy wykonać poprzez przeprowadzenie linii kablowej i kabla światłowodowego poniżej krzyżowanego obiektu, jak pokazano na rysunku 2.

Sposób wykonania skrzyżowania przy układaniu kabli metodą wykopu otwartego:

- kable NN, kable światłowodowe oraz kable ECC (skrót od ang. *earth continuity conductor*) (jeśli są stosowane) należy umieszczać w osobnych przepustach (rurach osłonowych),
- odległość pionowa przepustu z kablem NN od obiektu krzyżowanego powinna wynosić co najmniej 0,7 metra, a przepustu z kablem światłowodowym (kanalizacji światłowodowej) co najmniej 0,5 metra,
- jeżeli obiektami krzyżowanymi są rurociągi sieci ciepłowniczej, wodociągowej, ściekowej, gazowej z gazami niepalnymi, ww. odległości minimalne należy powiększyć o średnicę krzyżowanego rurociągu,
- odległość pionowa przepustu z kablem NN oraz kablem światłowodowym od poziomu główki szyny trakcyjnej powinna wynosić co najmniej 1,5 metra,
- odległość pionowa przepustu z kablem NN od dna rowu odwadniającego powinna wynosić co najmniej 1,3 metra, a przepustu z kablem światłowodowym (kanalizacji światłowodowej) co najmniej 0,8 metra.

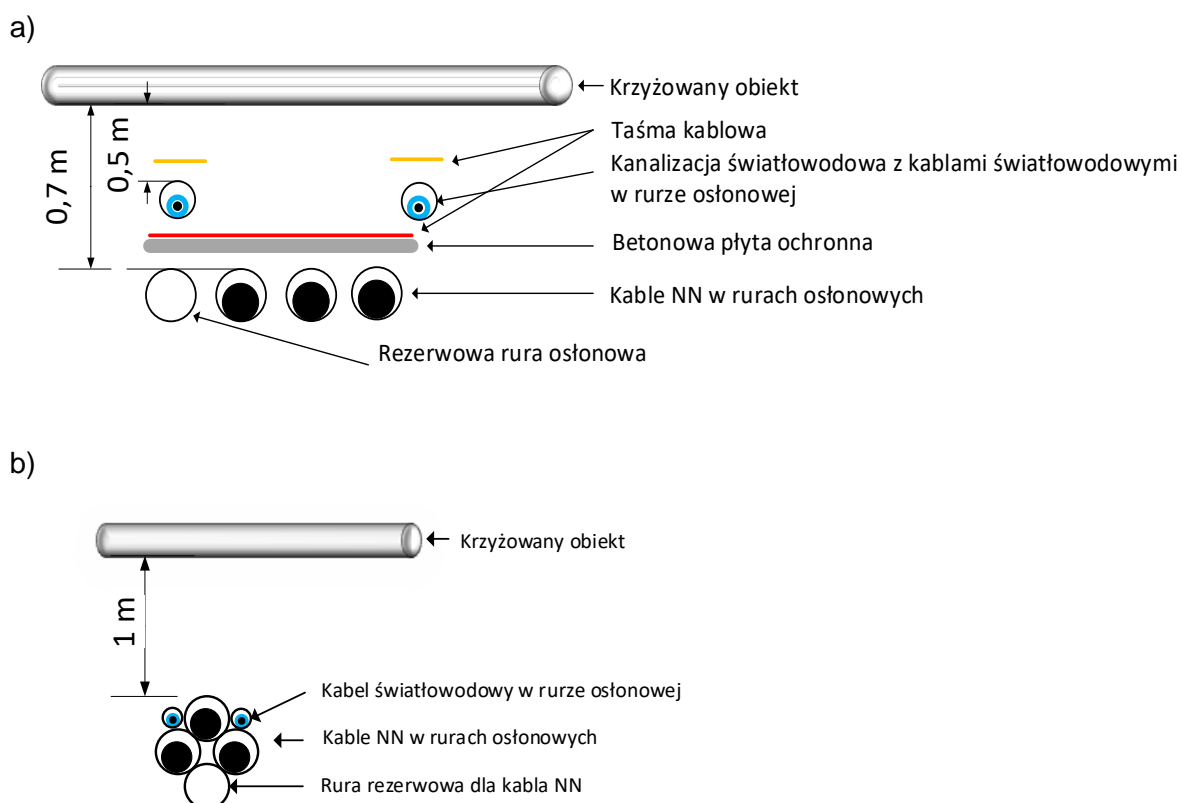
Sposób wykonania skrzyżowania przy układaniu kabli metodą przewiertu sterowanego, mikrotunelingu itp.:

- odległość pionowa przepustu z kablem NN i przepustu z kablem światłowodowym (kanalizacji światłowodowej) od obiektu krzyżowanego powinna wynosić co najmniej 1 m,
- jeżeli obiektami krzyżowanymi są rurociągi sieci ciepłowniczej, wodociągowej, ściekowej, gazowej z gazami niepalnymi, ww. odległość minimalną należy powiększyć o średnicę krzyżowanego rurociągu,

- odległość pionowa przepustu z kablem NN i przepustu z kablem światłowodowym (kanalizacji światłowodowej) od poziomu główki szyny trakcyjnej kolejowej powinna wynosić co najmniej 1,5 metra,
- odległość pionowa przepustu z kablem NN oraz kablem światłowodowym od dna rowu odwadniającego powinna wynosić co najmniej 1,3 metra.

Jeśli stosowne przepisy stanowią inaczej (tj. określają większe odległości) lub Zarządzający infrastrukturą wymaga większych odstępów, powyższe odległości pionowe należy odpowiednio zwiększyć.

W uzasadnionych technicznie sytuacjach (np. głęboko posadowione wodociągi, kanalizacje) dopuszcza się zlokalizowanie linii kablowej nad obiektem krzyżowanym. Zamawiający może dopuścić również w uzasadnionych technicznie przypadkach zmniejszenie odległości w stosunku do wymienionych powyżej wartości minimalnych, przy zastosowaniu ewentualnych środków dodatkowego zabezpieczenia linii kablowej.



Rys. 2. Poglądowy sposób wykonania skrzyżowania linii kablowej wraz z kablami światłowodowymi z obcą infrastrukturą podziemną: a) wykonane w wykopie otwartym, b) wykonane metodą przewiertu sterowanego.

Przepusty (rury osłonowe) powinny wychodzić poza obrys:

- obcej infrastruktury podziemnej - co najmniej 1 m z każdej strony skrzyżowania,
- drogi (krawędź jezdni) - co najmniej 1 m z każdej strony skrzyżowania,
- czynnych torów przeznaczonych do ruchu pojazdów szynowych - co najmniej 5 m z każdej strony skrzyżowania,
- obiektu budowlanego - co najmniej 3 m z każdej strony skrzyżowania,
- rowu melioracyjnego – co najmniej 1 m licząc od górnej krawędzi rowu,
- linii brzegowej cieków wodnych – co najmniej 1 m przy uwzględnieniu stanu powodziowego,

Jeśli stosowne przepisy stanowią inaczej (tj. określają dłuższą długość przepustów) lub Zarządzający infrastrukturą wymaga większych długości przepustów (rur osłonowych), powyższe długości przepustów wychodzących poza obrys skrzyżowania należy odpowiednio zwiększyć.

W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może wyrazić zgodę na inny sposób wykonania skrzyżowania niż opisany w niniejszym rozdziale, po przedstawieniu przez Wykonawcę uzasadnienia i stosownych obliczeń.

#### **4.8. Ścienne przepusty kablowe**

Ścienne przepusty kablowe należy stosować do wprowadzenia kabli do wnętrza budynku stacji elektroenergetycznej, tuneli kablowych oraz w innych miejscach technicznie uzasadnionych. Ścienne przepusty kablowe powinny cechować się m.in. wodoszczelnością, odpornością na agresywność gruntu i czynniki atmosferyczne w miejscu montażu. W jednym przepuszczeniu należy układać tylko jeden kabel w przypadku ułożenia linii kablowej na odcinku wejścia do budynku w układzie płaskim. W przypadku układu trójkątnego, dopuszcza się przeprowadzenie kabli w jednym przepuszczeniu. Średnica okna przepustu powinna być większa od średnicy zewnętrznej kabla. Przeciąganie kabla przez przepust nie może powodować uszkodzenia powłoki zewnętrznej kabla. Ścienne przepusty kablowe bez utraty swoich właściwości powinny umożliwiać wielokrotną wymianę kabli, minimum 3 cykle wprowadzenia – wyprowadzenia kabla. Zamawiający zastrzega sobie prawo do postawienia wymagania na etapie uzgadniania projektu wykonawczego wykonania rezerwowego przepustu dla każdego toru linii.

#### **4.9. Linia kablowa w budynku stacji elektroenergetycznej (kablowni)**

Kable należy mocować przy pomocy uchwytów kablowych do podłogi lub do dedykowanych konstrukcji. Pionowy odcinek na wprowadzeniu kabla do rozdzielnic GIS powinien być



przymocowany stosownymi uchwytami do konstrukcji podtrzymującej w taki sposób, aby ciężar tego odcinka nie obciążał głowicy. Uchwyty te powinny być dobrane i umiejscowione zgodnie z zaleceniami dostawcy systemu kablowego. Konstrukcje wsporcze oraz uchwyty mocujące kable nie mogą tworzyć wokół kabli i linii kablowej zamkniętego obwodu magnetycznego.

#### **4.10. Studnie kablowe**

Studnie kablowe należy dobrać do istniejących / projektowanych warunków terenowych, w tym obciążeń mechanicznych. Pokrywy studni powinny być typu usuwalnego z możliwością podnoszenia, zabezpieczone zamkiem z rygłem. Studnie kablowe powinny być tak zaprojektowane, aby nie było możliwości zbierania się w niej wody oraz aby zapewniały bezpieczny dostęp do urządzeń w nich umieszczonych. Studni kablowych nie należy umieszczać bezpośrednio nad mufami kablowymi oraz innymi krzyżowanymi obiektami. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się umieszczenie studni kablowych bezpośrednio nad kablami, przy zastosowaniu dodatkowej ochrony mechanicznej kabli np. w postaci rur osłonowych.

#### **4.11. Oznaczniki informacyjne linii kablowej**

Oznaczniki informacyjne kabli należy umieszczać na całej długości każdego kabla należącego do toru prądowego oraz na przewodach ECC jeżeli są stosowane. Oznaczniki na kablach NN powinny zawierać następujące informacje: nazwa właściciela, poziomy napięcie znamionowych ( $U_0 / U$ ), nazwa linii (relacja z numerem toru w przypadku linii wielotorowych), faza, producent i typ kabla, rok budowy. Oznaczniki na przewodach ECC powinny zawierać napis „Przewód ECC” lub w przypadku większej liczby przewodów ECC napis uzupełniony o numerację przewodu np. „Przewód ECC nr 1/2”. Oznaczniki informacyjne należy mocować do kabla, przewodu ECC przy pomocy poliamidowych opasek zaciskowych. Odległość pomiędzy oznacznikami informacyjnymi dla prostych odcinków ułożenia kabla nie powinna być większa niż 10 m. Dodatkowe oznaczniki informacyjne należy umieszczać przy zmianie kierunku ułożenia kabla, po obu stronach muf kablowych, przy wyjściach kabli z przepustów rurowych, w miejscach skrzyżowań z obcą infrastrukturą podziemną oraz pod głowicami kablowymi.

#### **4.12. Oznakowanie trasy linii kablowej**

Nad kablami wzdłuż całej długości linii kablowej 220 kV i 400 kV należy układać taśmę ostrzegawczą perforowaną kablową koloru czerwonego. Taśma kablowa powinna posiadać trwałą, widoczną napis ostrzegawczy perforowany, powtarzający się nie rzadziej niż co 1 m (odstęp pomiędzy końcem poprzedniego i początkiem następnego napisu). Przykładowa treść

napisu może być następująca „UWAGA KABLE 220 kV” lub „UWAGA KABLE 400 kV”. Ułożona taśma ostrzegawcza powinna wystawać minimum 5 cm poza obrys toru linii kablowej.

Kablowa taśma ostrzegawcza powinna odpowiadać wymaganiom podanym w normie N SEP-E-004 wraz ze zmianą N SEP-E-004/ A1:2019-05.

Zamawiający w miejscach przez siebie wskazanych takich jak:

- wejście i wyjście kabla z przewiertu sterowanego,
- istotne skrzyżowania z infrastrukturą podziemną,
- miejsce mufowania lub dokonywania naprawy kabla,

może wymagać usytuowania dodatkowego oznakowania w postaci podziemnych znaczników (np. markerów pasywnych).

Na powierzchni terenu, o ile jest to możliwe i nie utrudni użytkowania terenu nad linią kablową, należy oznakować przebieg trasy linii kablowej przy użyciu słupków oznacznikowych, wykonanych np. z betonu lub tworzywa sztucznego odpornego na działanie czynników zewnętrznych. Słupki oznacznikowe należy oznakować literą „K” i umieszczać nie rzadziej niż co 100 m na prostych odcinkach trasy kabla oraz dodatkowo przy każdej zmianie kierunku ułożenia linii kablowej. Lokalizację muf należy oznakować słupkami z literą „M”.

W miejscu skrzyżowania linii kablowej NN z wodą żeglowną należy wykonać dwustronne oznakowanie na obu brzegach, w postaci tablic ostrzegających o zakazie kotwiczenia, przy czym na to oznakowanie powinien wyrazić zgodę zarządzający kanałem / szlakiem wodnym.

## **5. Wprowadzenie na słup linii napowietrznej i na stanowisko głowic napowietrznych**

Głowice kablowe oraz kable powinny być chronione przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi fazowymi ogranicznikami przepięć. Ograniczniki te powinny być zgodne z wymaganiami specyfikacji technicznej PSE S.A. „Ograniczniki przepięć do sieci 110 kV, 220 kV i 400 kV”.

W zależności od przewidzianego sposobu uziemienia żył powrotnych, należy zabudować skrzynkę uziemiającą z ogranicznikami przepięć, możliwie blisko głowic kablowych lub podłączyć żyły powrotne do zacisku uziemiającego na konstrukcji za pomocą giętkiej linki miedzianej.

### **5.1. Zakończenie linii na słupie linii napowietrznej**

Kable wchodzące na konstrukcję słupa kablowego poza terenem stacji należy zabezpieczyć przed uszkodzeniami mechanicznymi przez ich obudowanie uziemioną osłoną ochronną do wysokości minimum 3,5 m od powierzchni gruntu. Osłonę ochronną kabli należy wykonać z blachy ocynkowanej o grubości minimum 2,5 mm, osobną dla każdego toru linii. Osłona ochronna kabli powinna być tak skonstruowana, aby:

- zapewniała osłonę linii kablowej ze wszystkich stron,
- nie tworzyła wokół toru linii kablowej zamkniętego obwodu magnetycznego,
- umożliwiać ruch powietrza w jej wnętrzu zapewniający chłodzenie kabli,
- umożliwić jej demontaż bez potrzeby wyłączania sąsiedniego toru linii.

W miejscu wyjścia z gruntu, kable wchodzące do osłony powinny być osłonięte rurami np. HDPE o długości ok. 1 m, przy czym jedna połowa tej długości powinna znajdować się w gruncie, a druga połowa nad powierzchnią gruntu. Górny koniec rur powinien być uszczelniony.

Poniżej górnej krawędzi osłony ochronnej kabli słup kablowy należy wyposażyć w demontowane ostrokoły uniemożliwiające wejście na wyższe człony konstrukcji słupa. Ostrokołów nie stosuje się od wewnętrznej strony słupa kratowego, jeżeli na wysokości górnej krawędzi osłony ochronnej kabli zaprojektowano wewnętrzny pomost roboczy z zamykanym włazem w podłodze.

Do mocowania kabli do konstrukcji należy stosować uchwyty kablowe wykonane z materiałów niemagnetycznych, ogniodoporne, odporne na UV. Uchwyty te powinny być dobrane i umiejscowione zgodnie z zaleceniami dostawcy systemu kablowego.

Głowice kablowe oraz fazowe ograniczniki przepięć powinny być zamontowane na specjalnej konstrukcji zamocowanej do słupa. Odcinek kabla przy głowicy kablowej powinien być wyprostowany oraz przymocowany do konstrukcji za pomocą uchwytów kablowych.

W obszarze głowic kablowych słup należy wyposażyć w uziemione serwisowe podesty robocze dające możliwość bezpiecznego wykonywania czynności serwisowych przy głowicach kablowych, przy czym w uzasadnionych technicznie przypadkach Zamawiający może zaakceptować odstępstwo od stosowania podestów serwisowych.

Wszystkie konstrukcje stalowe zamocowane do słupa na potrzeby wprowadzenia linii kablowej powinny być zabezpieczone przed korozją zgodnie z aktualnymi wymaganiami technicznymi PSE S.A.

Rezystancja uziemienia słupa kablowego nie powinna przekraczać 10  $\Omega$ .

## **5.2. Wprowadzenie na stanowisko głowic napowietrznych**

W miejscu wyjścia z gruntu, kable powinny być osłonięte rurami np. HDPE o długości ok. 1 m, przy czym jedna połowa tej długości powinna znajdować się

w gruncie, a druga połowa nad powierzchnią gruntu. Górny koniec rur powinien być uszczelniony.

Należy zwracać szczególną uwagę, aby nie przekraczać promieni gięcia kabla określonych przez producenta. Kabel należy zamocować do konstrukcji wsporczej głowic co najmniej 2 uchwytami kablowymi, które powinny być wykonane z materiałów niemagnetycznych, ognioodporne, odporne na UV. Oś kabla powinna się pokrywać z osią symetrii głowicy.

## **6. Układy połączeń żył powrotnych**

### **6.1. Wymagania ogólne**

Wybór systemu uziemienia żył powrotnych powinien wynikać z przeprowadzonych analiz uwzględniających między innymi: długość linii kablowej, sposób ułożenia kabli, warunki terenowe, warunki zwarciove, wytrzymałość elektryczną powłoki kabli, ograniczenie strat itp. Wskazówki i wytyczne dotyczące projektowania systemu uziemienia żył powrotnych zawiera Broszura CIGRE TB 797.

Przy doborze układu połączeń żył powrotnych należy dążyć do ograniczenia liczby skrzynek połączeniowych zawierających ograniczniki przepięć.

Przy obliczaniu napięć indukowanych w żyłach powrotnych oraz doborze ograniczników przepięć chroniących powłoki kabla należy kierować się zapisami specyfikacji technicznej „Wytyczne projektowe dla doboru ograniczników przepięć instalowanych na żyłach powrotnych kabli elektroenergetycznych – wskazówki dla projektantów”.

### **6.2. Jednostronne uziemienie żył powrotnych (SPB)**

W układzie z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych kabli należy stosować dodatkowy przewód lub przewody ECC (skrót od ang. *earth continuity conductor*) połączone z instalacjami uziemiającymi obiektów, na których znajdują się końce linii kablowej. W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować odstępstwo od stosowania przewodu ECC.

W połowie długości linii kablowej lub w innym wyznaczonym obliczeniowo miejscu, przewód lub przewody ECC należy przełożyć z jednej strony linii na przeciwną, zachowując na całej trasie jednakową odległość od linii. Przekrój żyły przewodu ECC należy dobrać do 1-fazowego prądu zwarcia założonego do projektowania linii kablowej i czasu jego trwania. W przypadku zastosowania dwóch przewodów ECC suma ich przekrojów nie może być mniejsza od przekroju wymaganego dla pojedynczego przewodu ECC.

Przewód ECC powinien być przewodem z izolacją zdolną do wytrzymania co najmniej takiego napięcia przemiennego, jakie jest spodziewane przy przepływie linią prądu zwarciovego. Na

słupie kabel ECC należy podłączyć bezpośrednio do zacisku uziemiającego, a na stacji do siatki uziemiającej lub bezpośrednio do zacisku uziemiającego konstrukcji pod głowice kablowe. Należy zapewnić dostęp do zacisków łączących przewód ECC z instalacją uziemiającą i łatwą możliwość jego odłączenia.

Ograniczniki przepięć instalowane na otwartych (nieuziemiających) końcach żył powrotnych kabli należy umieszczać w skrzynkach uziemiających, montowanych możliwie blisko głowic kablowych nad poziomem gruntu. Skrzynki te powinny mieć stopień szczelności min. IP65.

### **6.3. Obustronne uziemienie żył powrotnych (BE)**

Zamawiający może dopuścić układ z obustronnym uziemieniem żył powrotnych tylko w uzasadnionych przypadkach, dla krótkich odcinków linii kablowych. Wraz z uzasadnieniem należy przedstawić obliczenia prądów płynących w żyłach powrotnych oraz ich wpływ na straty i obciążalność prądową linii.

### **6.4. Cross-bonding (CB)**

Należy dążyć do stosowania jak najdłuższych odcinków w sekcjach cross-bondingowych. W przypadku, gdy konieczne jest obniżenie napięć pomiędzy żyłą powrotną a ziemią, należy rozważyć zastosowanie przewodu ECC w miejsce skracania długości odcinków w sekcji.

W przypadku braku możliwości zapewnienia równej długości elektrycznej (pozornej) odcinków cross-bondingowych np. z uwagi na warunki terenowe (a w skrajnych przypadkach konieczności stosowania cross-bondingu niepełnego czyli skrzyżowania żył powrotnych w jednym miejscu) należy przedstawić obliczenia współczynnika nieskompensowania, a jeśli wartość tego współczynnika będzie równa lub wyższa od 0,25 należy przedstawić również obliczenia wartości prądów płynących w żyłach powrotnych oraz ich wpływ na straty i obciążalność linii (odnośnie definicji i sposobu obliczania tego współczynnika patrz publikacja PTPIREE wymieniona w p. 2 poz. 25). Stosowanie cross-bondingu o współczynniku nieskompensowania równym lub wyższym od 0,25 wymaga uzasadnienia i zgody Zamawiającego.

Skrzynki cross-bondingowe i uziemieniowe (służące do wykonania bezpośredniego uziemienia żył powrotnych na końcach sekcji cross-bondingowych) należy umieszczać w betonowych studniach kablowych. Studnie te powinny być umiejscowione powyżej poziomu wód gruntowych, a w przypadku braku takiej możliwości należy je dodatkowo zabezpieczać przed wnikaniem wody np. poprzez stosowanie zalewy żelowej, łatwej do usunięcia w przypadku konieczności wymiany ograniczników. W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować umieszczenie skrzynek uziemieniowych bezpośrednio w gruncie. Skrzynki cross-bondingowe i uziemieniowe powinny mieć stopień szczelności min.

IP68. Każda ww. skrzynka powinna posiadać własną instalację uziemiającą. Uziemienie należy wykonać jako uziom otokowy, pionowy, poziomy lub jako ich kombinację w postaci uziomu złożonego. Instalację uziemiającą w zakresie użytych do budowy materiałów należy wykonać zgodnie ze Standardową Specyfikacją Techniczną „Uziemienia linii napowietrznych”. Wartość rezystancji uziemienia nie powinna być większa niż  $10 \Omega$ , przy czym w przypadku gdy uzyskanie tej wartości będzie bardzo trudne pod względem technicznym, Zamawiający może wyrazić zgodę na wyższą wartość na podstawie przedstawionych obliczeń przepięć potwierdzających utrzymanie ich w akceptowalnych granicach. Jeżeli sekcja cross-bondingowa kończy się na słupie lub na stacji, żyły powrotne kabli można podłączyć bezpośrednio do zacisku uziemiającego.

### **6.5. Inne układy**

W uzasadnionych przypadkach i za zgodą Zamawiającego dopuszcza się inne układy połączeń żył powrotnych (patrz CIGRE TB 797) np. układy mieszane zawierające odcinek z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych i odcinek z sekcją cross-bondingową, uziemienie w środku linii.

### **6.6. Ograniczniki przepięć żył powrotnych oraz połączenia z żyłami powrotnymi**

Doboru ograniczników przepięć żył powrotnych należy dokonać zgodnie z zasadami opisanymi w specyfikacji „Wytyczne projektowe dla doboru ograniczników przepięć instalowanych na żyłach powrotnych kabli elektroenergetycznych – wskazówki dla projektantów”. Specyfikacja ta zawiera również zalecenia dotyczące instalacji ograniczników przepięć, sposobu połączenia z żyłami powrotnymi kabli oraz zasady koordynacji izolacji, które należy stosować przy projektowaniu połączeń żył powrotnych linii kablowej z ogranicznikami przepięć. Co do zasady połączenia te powinny być jak najkrótsze, w celu zapewnienia prawidłowej ochrony powłoki kabli. Maksymalna długość połączeń wynosi 10 m.

Ograniczniki przepięć powinny spełniać wymagania specyfikacji „Ograniczniki przepięć do ochrony osłon kabli elektroenergetycznych”.

Ze względu na możliwość pojawienia się w stanach normalnej pracy i zakłóceń/awarii niebezpiecznych wartości napięć na żył powrotnej i częściach metalowych z nią połączonych, należy zastosować środki ochrony zabezpieczające przed przypadkowym i zamierzonym dotykiem oraz oznakowanie ostrzegawcze – również wtedy, gdy w stanie normalnej pracy linii napięcie bezpieczne nie będzie przekroczone.

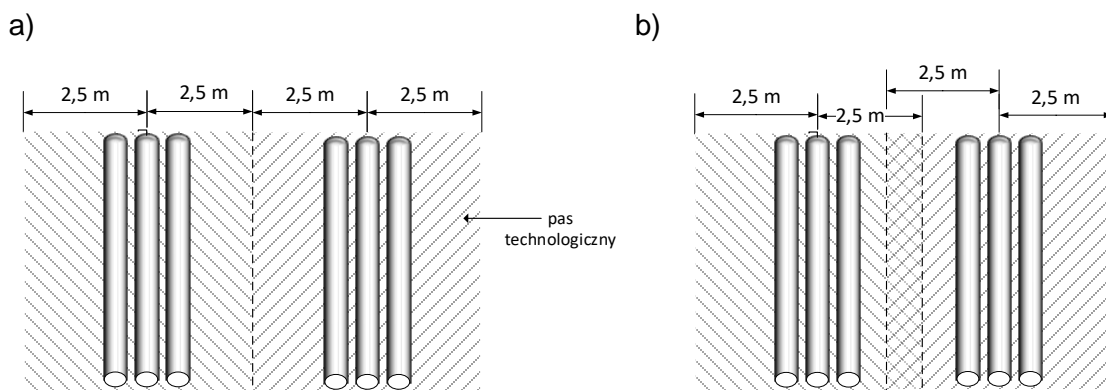
## **7. Pas technologiczny linii kablowej**

Pas technologiczny linii kablowej jest ustanawiany poza obszarem stacji, m.in. w celu zapewnienia dostępu do linii kablowej w czasie jej eksploatacji. W pasie technologicznym nie

powinno być innych obiektów infrastruktury, poza liniowymi obiektami krzyżowanymi przez linię kablową.

Szerokość pasa technologicznego linii jednotorowej powinna wynosić co najmniej 5 m (po 2,5 m licząc od osi linii w obie strony), przy czym odległość skrajnego kabla linii od granicy pasa technologicznego nie powinna być mniejsza od 2 m. W przypadku linii dwutorowej szerokość pasa powinna wynosić co najmniej 5 m dla każdego toru linii, przy czym częściowo pasy obu torów linii mogą się pokrywać jak pokazano na rysunku 3, jeżeli odległość pomiędzy osiami torów jest mniejsza niż 5 m.

Szerokość pasa technologicznego może nie być jednakowa na całej długości trasy linii. Przy ustalaniu szerokości pasa technologicznego w określonych punktach trasy linii np. w miejscach usytuowania muf lub zapasów kabla należy kierować się zasadą, aby odległość skrajnych elementów linii kablowej od granicy pasa technologicznego była nie mniejsza niż na innych odcinkach linii kablowej. W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować mniejszą szerokość pasa technologicznego w określonych miejscach trasy linii kablowej.



Rys. 3. Pasy technologiczne dwutorowej linii kablowej a) pasy o szerokości 5 m dla każdego toru linii kablowej, b) częściowo pokrywające się pasy torów linii kablowej.

## 8. Oddziaływanie linii kablowej na środowisko

Linia kablowa znajdująca się poza terenem stacji elektroenergetycznej powinna spełniać wymagania określone w aktualnych przepisach (Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku (Dz.U. poz. 2448, rok 2019)).

Linia kablowa powinna być tak zaprojektowana, aby składowa magnetyczna pola elektromagnetycznego przy powierzchni terenu oraz przy słupie kablowym nie przekraczała wartości dopuszczalnej określonej w ww. Rozporządzeniu tj. 60 A/m. Powyższe wymaganie powinno być spełnione przy przepływie przez linię kablową prądu równego dopuszczalnej długotrwałej obciążalności prądowej linii. Jeżeli pomimo zastosowania dostępnych środków technicznych przy wprowadzaniu linii kablowej na słup (np. osłony ferromagnetyczne)

wymaganie to będzie trudne lub wręcz niemożliwe do spełnienia przy słupie kablowym, dopuszcza się stosowanie wygradzenia utrudniającego dostęp osobom postronnym do strefy, w której wymaganie to nie będzie spełnione.

Na etapie projektowania linii spełnienie powyższego wymagania należy wykazać drogą obliczeniową. Wykonawca powinien przedstawić w dokumentacji projektowej wykresy rozkładu składowej magnetycznej w reprezentatywnych miejscach linii kablowej, w tym przy słupie kablowym. Jeżeli pomimo zastosowanych środków (ekranów) wartość składowej magnetycznej przy słupie kablowym będzie przekraczać wartość dopuszczalną określoną w Rozporządzeniu, dopuszcza się zastosowanie barier mechanicznych, uniemożliwiających osobom postronnym zbliżenie się do słupa kablowego na odległość, przy której jest przekroczona dopuszczalna wartość składowej magnetycznej.

## **9. Badania pomontażowe linii kablowej NN**

Badania pomontażowe powinny być wykonane w zakresie i zgodnie z wymaganiami opisanymi poniżej. Program badań pomontażowych linii kablowej podlega akceptacji Zamawiającego. Program ten powinien określać kolejność wykonywania poszczególnych sprawdzeń i prób, zawierać opis metod ich przeprowadzenia, wykaz układów badań/przyrządów pomiarowych oraz kryteria akceptacji.

- a) Sprawdzenie oznaczenia faz kabla, zgodności faz oraz ciągłości żył roboczych i żył powrotnych.

Poszczególne żyły nie powinny mieć przerw. 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 DC.

- b) Sprawdzenie poprawności montażu i schematu połączeń systemu cross-bonding (jeżeli dotyczy).

Należy potwierdzić zgodność z projektem wykonawczym (w protokole z badań należy opisać nazwę i oznaczenie projektu wykonawczego).

- c) Pomiar rezystancji uziemienia skrzynek cross-bondingowych i uziemieniowych.

Rezystancja nie powinna przekraczać wartości określonej w projekcie wykonawczym.

- d) Pomiar rezystancji izolacji głównej kabla przed i po próbie napięciowej izolacji.

Przed pomiarem rezystancji izolacji kabli, powierzchnie zewnętrzne głowic powinny być oczyszczone. Pomiar należy wykonać miernikiem rezystancji izolacji o napięciu pomiarowym 5 kV. Pomiar rezystancji izolacji należy wykonać dla każdej żyły kabla, przy pozostałych żyłach zwartych i uziemionych.



Zmierzona wartość rezystancji (w stanie ustalonym przy 5 kV) w kablu o długości do 1 km nie powinna być mniejsza od 1000 MΩ. W kablu o długości powyżej 1 km wartość rezystancji izolacji przeliczona na 1 km długości nie powinna być mniejsza od 1000 MΩ. Zmierzoną rezystancję izolacji ( $R_{zm}$ ) należy przeliczyć na rezystancję 1 km długości kabla  $R_{1km}$  wg wzoru:

$$R_{1km} = R_{zm} \times l$$

gdzie:  $l$  oznacza długość kabla w km.

- e) Pomiar rezystancji izolacji powłoki zewnętrznej kabla (pomiar w celach informacyjnych).

Pomiar należy wykonać miernikiem rezystancji izolacji o napięciu pomiarowym 2,5 lub 5 kV.

- f) Pomiar rezystancji żył roboczych i powrotnych.

Pomiar należy przeprowadzać metodą mostkową lub techniczną prądem wyprostowanym, przy użyciu przyrządów o klasie dokładności 0,5. Prąd pomiarowy powinien być wymuszany napięciem nie wyższym niż 24 V. Obwód prądowy należy stworzyć z dwóch żył kabla, połączonych na przeciwległym końcu niskooporową zworą.

Rezystancje zmierzone żył roboczych i powrotnych, przeliczone na temperaturę 20°C, nie powinny przekraczać wartości obliczonych na podstawie danych producenta kabla (podanych w tabeli wypełnianej wg wzoru zamieszczonego w p. 10 Załącznika 1).

- g) Pomiar pojemności kabli.

Pomiar należy przeprowadzać metodą mostkową lub techniczną, przy użyciu przyrządów o klasie dokładności 0,5.

Wartości zmierzone po przeliczeniu na 1 km długości, nie powinny być większe niż 8% w stosunku do wartości podanej przez producenta kabla (tj. w tabeli wypełnianej wg wzoru zamieszczonego w p. 10 Załącznika 1).

- h) Próba napięciowa izolacji głównej kabla wykonana napięciem przemiennym o wartości równej  $1,4 \times U_0$  i częstotliwości od 20 Hz do 300 Hz w czasie 1 godziny, wraz z pomiarem wyładowań niezupełnych. Odstąpienie od pomiarów wyładowań niezupełnych w czasie próby napięciowej wymaga uzgodnienia i zgody Zamawiającego.

Zamawiający może dopuścić badanie izolacji głównej kabli za pomocą tłumionego napięcia przemiennego według metody opisanej w dokumencie IEEE 400.4:2015. Przy stosowaniu tej metody krok zwiększania napięcia powinien wynosić  $0,2 \times U_0$ , liczba wzbudzeń na poziomie napięcia  $V_T$  - co najmniej 50, a na poziomach niższych - 5. W czasie badania należy wykonywać pomiary wyładowań niezupełnych oraz współczynnika strat.

W celu uzyskania akceptacji Zamawiającego na przeprowadzenie badania metodą tłumionego napięcia należy przedstawić:

- dokument zawierający opis układu i procedury badań zawierający dane, o których mowa w Załączniku C IEEE 400.4:2015,
- pisemną zgodę producenta kabli i osprzętu na przeprowadzenie badania tą metodą (oraz jeśli dotyczy producenta GIS, jeśli kable będą dołączone do GIS w czasie badania),
- oświadczenie o braku możliwości wykonania próby napięciowej izolacji głównej kabla napięciem przemiennym wraz z pomiarem wyładowań niezupełnych, poparte uzasadnieniem przedstawiającym obiektywne powody natury technicznej.

Pomiar wyładowań niezupełnych należy wykonać zgodnie z normami IEC 60270 oraz IEC 60885-3. Dopuszczalny poziom szumów w trakcie wykonywania pomiarów powinien być jak najniższy i nie przekraczać 25 pC z tolerancją 20%. Wyższy poziom szumów wymaga akceptacji Zamawiającego. Układ pomiarowy powinien zapewnić możliwość lokalizacji źródła (źródeł) zarejestrowanych wyładowań niezupełnych w całej linii kablowej tj. w głowicach, mufach i wszystkich odcinkach kablowych. W odniesieniu do pomiaru wyładowań niezupełnych kryterium akceptacji wyników powinno określać dopuszczalną koncentrację impulsów wyładowań w pojedynczym miejscu w określonym cyklu/poziomie napięcia probierczego.

i) Sprawdzenie szczelności powłoki zewnętrznej.

Sprawdzenie należy wykonać zgodnie z IEC 60229 napięciem stałym DC o wartości 10 kV w czasie 1 minuty. Napięcie należy przyłożyć pomiędzy żyłę powrotną kabla (połączoną z metalowym uszczelnieniem promieniowym) i ziemię, przy odłączonych wszystkich ogranicznikach przepięć żył powrotnych, W przypadku zastosowania cross-bondingu sprawdzenie to należy wykonać na każdym odcinku kabla w sekcji.

j) Wykonanie badań włókien kabla światłowodowego układanego wraz z linią kablową - zgodnie z punktem 10.2.

k) Jeżeli dotyczy - wykonanie badań włókien światłowodowych zabudowanych w kablach NN (zakres tych badań określi Zamawiający, jeśli wskaże taką opcję budowy kabla).

## 10. Kable światłowodowe

### 10.1. Kable światłowodowe i ich kanalizacja

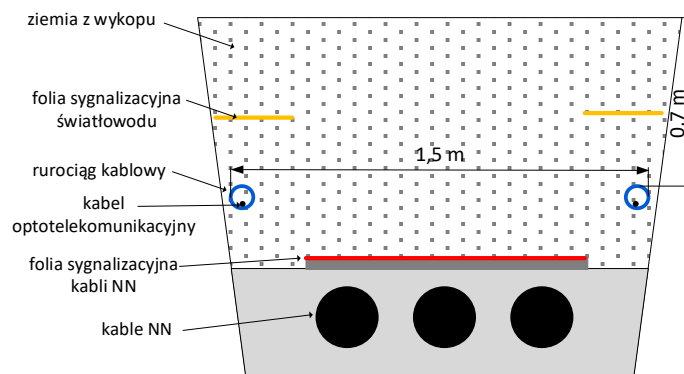
Kanalizację kabla światłowodowego należy wykonać w formie rurociągu kablowego, w którym umieszcza się ten kabel.

Kable światłowodowe powinny spełniać wymagania specyfikacji „Kable światłowodowe”. Do budowy linii światłowodowej należy stosować kable światłowodowe w jednym odcinku fabrykacyjnym łączone w studzienkach rozmieszczonych zgodnie z długością fabrykacyjnych odcinków rur osłonowych. Nie dopuszcza się układania kabli bezpośrednio w ziemi, bez osłony rurociągu.

Liczbę rurociągów kablowych układanych równolegle w jednym wykopie określa każdorazowo Zamawiający. Kanalizację kablową należy układać wzdłuż linii kablowej NN, w tym samym wykopie, nad linią kablową NN po zewnętrznej stronie wykopu (patrząc od osi toru). Zasadniczo należy układać dwa, oddalone od siebie co najmniej o 1,5 m, rurociągi tworzące ciągi dla kabli światłowodowych.

Jako rurociąg kablowy należy stosować rury HDPE  $\varnothing$  40mm z wewnętrzną warstwą poślizgową lub rowkowane o grubości ścianki minimum 3,7 mm, o dużej gęstości i odporności na ściskanie, właściwe dla rur układanych bezpośrednio w gruncie. Rurociąg umieszczać na głębokości co najmniej 70 cm.

Przykładowe ułożenie rurociągów kabli światłowodowych w stosunku do linii kablowej pokazano na rysunku 4.



Rys. 4. Przykładowe ułożenie rurociągów kabli światłowodowych w wykopie.

Łączenia rur należy wykonywać za pomocą złączy rurowych o wymiarach dostosowanych do średnicy rur. Zaleca się stosowanie złączy rozbieralnych.

Złącza powinny spełniać warunki szczelności jak dla zmontowanego ciągu rurowego i posiadać wytrzymałość na działanie podwyższonego ciśnienia powietrza (1MPa) stosowanego przy metodach pneumatycznego zaciągania kabli.

Do uszczelniania końców rurociągów kablowych, zarówno zajętych przez kable jak i pustych, należy stosować uszczelki końców rur, o wymiarach dostosowanych do średnic uszczelnianych rur.

W miejscach szczególnych narażeń mechanicznych (zbliżeń, skrzyżowań przepustów itp.), należy stosować dodatkowe osłony rurowe o odporności na ściskanie adekwatnej do rodzaju narażenia mechanicznego.

W przypadku obszarów zabudowanych lub gdy rozwiązanie takie wskazał Zamawiający, kanalizacja kablowa powinna być złożona z kanalizacji pierwotnej wykonanej w formie rur z tworzywa sztucznego PCW, PP, PE lub HDPE o średnicy  $\varnothing$  110 mm i grubości ścianek nie mniejszej od 3 mm, w której umieszcza się kanalizację wtórną HDPE  $\varnothing$  40mm o grubości ścianki minimum 3,7 mm stanowiącą osłonę kabli światłowodowych.

Nad rurociągiem, w połowie głębokości zakopania rurociągu należy umieścić taśmę ostrzegawczą koloru pomarańczowego z napisem „UWAGA! KABEL ŚWIATŁOWODOWY”.

Na całym odcinku kanalizacji należy przewidzieć studzienki/zasobniki kablowe, które są przewidziane do instalacji złącz oraz zapasów technologicznych. W miejscach zakończeń odcinków fabrykacyjnych kabla i na końcach kabla zabudować zasobniki zapasu, w których należy zgromadzić ok. 30 m zapasu kabla światłowodowego.

Studzienki kablowe przelotowe typu SK-1 należy umieszczać w odległości odcinka fabrykacyjnego rury osłonowej HDPE tak, by złączka rury znajdowała się wewnątrz studzienki. W miejscach zmiany kierunku rurociągu o kąt większy od  $60^\circ$ , przy promieniu mniejszym od 6 m należy umieszczać studzienki SK-2.

W miejscach odgałęzień światłowodów i miejscach łączeń kabli światłowodowych należy stosować studzienki SK-2 lub większe z odpowiednimi konstrukcjami dla umieszczenia zapasów kabla, z zapasem kabla 30 m. W miejscach łączenia kabli światłowodowych stosować osłony złączowe (mufy kablowe) wykorzystując kompletny zestaw osprzętu do trwałego i szczelnego połączenia odcinków instalacyjnych kabli światłowodowych zgodny z zaleceniem producenta osłony złączowej.

Włazy do studni powinny być zabezpieczone przed otwarciem przez osoby nieuprawnione (np. zamkiem typu PIOCH lub innym zamkiem z rygłem).

Kabel światłowodowy powinien być wprowadzany do rurociągu metodą pneumatyczną.

W przypadku kanalizacji kablowej z rur giętkich, jej przebieg powinien być na tyle prostoliniowy, aby możliwe było przeciągnięcie przez nią kalibru wg zasad podanych dla łuków kanalizacji kablowej z rur prostych.

Przy zachowaniu powyższych zasad dopuszcza się odchylenie kanalizacji kablowej od przebiegu prostoliniowego (zmianę przebiegu trasy) na odcinkach między sąsiednimi studniami. Dla tych celów zaleca się stosowanie prefabrykowanych rur łukowych.

W terenie usytuowanym poziomo kanalizacja kablowa powinna być układana ze spadkiem 0,1 - 0,3% w kierunku jednej ze studni. W terenie pochyłym kanalizację kablową należy usytuować zgodnie z naturalnym ukształtowaniem terenu, z zachowaniem zasady spadku na poszczególnych odcinkach w kierunku jednej ze studni.

## **10.2. Badania wykonywane w trakcie budowy i montażu linii światłowodowej**

### **10.2.1. Badania przed pracami instalacyjnymi**

Przed przystąpieniem do prac instalacyjnych i montażowych na linii światłowodowej, wszystkie odcinki fabrykacyjne kabli należy poddać szczegółowym oględzinom zewnętrznym w celu wykrycia jakichkolwiek uszkodzeń, które mogły powstać podczas transportu lub przeładunku bębnow.

W przypadkach wątpliwych, tzn. jeśli istnieje podejrzenie o niewłaściwe obchodzenie się z kablem przed dostarczeniem go na plac budowy, konieczne jest wykonanie pomiarów reflektometrycznych takich, jak przy odbiorze kabli od producenta. W takim przypadku wszystkie odcinki fabrykacyjne kabla powinny zostać sprawdzone w zakresie tłumienności pod kątem zgodności z metryką kabla.

### **10.2.2. Badania i pomiary w czasie budowy**

Przed zamknięciem muf kablowych, po wykonaniu wszystkich połączeń światłowodów w celu stwierdzenia poprawności wykonanych połączeń należy wykonać pomiar parametrów włókien optycznych metodą reflektometryczną dla fal 1310 nm i 1550 nm.

Dopiero po uzyskaniu zgodnego z wymaganiami wyniku pomiarów, dla wszystkich włókien światłowodowych w kablu, można przystąpić do ostatecznego zamknięcia mufy złączowej.

### **10.2.3. Pomiary wykonywane przy odbiorze linii**

Przed oddaniem do eksploatacji linii światłowodowej należy wykonać następujące pomiary:

- a) pomiary parametrów włókien optycznych metodą reflektometryczną,
- b) pomiary tłumienia torów metodą transmisyjną,
- c) pomiar tłumienia i reflektancji złączy rozłączalnych,
- d) pomiar dyspersji chromatycznej – w przypadku odrębnego wymagania inwestora.

Pełny zakres pomiarów należy przeprowadzić dla każdego włókna optycznego dla fal: 1310nm, 1550nm i 1625nm.

## **10.3. Wprowadzenie kabli światłowodowych na konstrukcje i słupy**

Przed wciąganiem kabli światłowodowych na konstrukcje wsporcze kablowe lub na słup linii napowietrznych należy nałożyć rury osłonowe. Rury osłonowe na konstrukcjach wsporczych

kablowych na terenach stacji powinny być zakopane w ziemi około 0,5 m i wystawać nad ziemię około 1,0 m. Górną część rury należy uszczelnić koszulką termokurczliwą. Po wprowadzeniu kabli światłowodowych na konstrukcje wsporcze należy zwracać szczególną uwagę, aby nie przeginać kabla poniżej dopuszczalnych promieni gięcia (określonych przez producenta kabla światłowodowego). Jako osłony złącz światłowodów kabla ziemnego z światłowodami zwartymi w OPGW stosować osłony zgodne ze standardem dot. OPGW i jego osprzętu.

Kable światłowodowe wprowadzane wraz z linią kablową na słupy linii napowietrznych należy umieszczać w osłonach ochronnych linii kablowej, o których mowa w p. 5.

## 11. Dokumentacja techniczna linii kablowej

Poniżej przedstawiono minimalny zakres dokumentów jakie m.in. należy przedstawić w projekcie wykonawczym i dokumentacji powykonawczej.

- 1) Część ogólna zawierająca m.in.: podstawę opracowania, zakres opracowania, oświadczenia projektantów, opis techniczny, parametry przesyłowe linii kablowej (m.in. długotrwała obciążalność prądowa, okresowa przeciążalność prądowa (jeśli dotyczy), wytrzymałość zwarciowa (prąd zwarcia, czas trwania zwarcia), sposób ułożenia kabli, prowadzenie kabli po konstrukcji, układ połączeń żył powrotnych, schematy, oznakowanie linii kablowej, całkowita długość linii kablowej.
- 2) Obliczenia:
  - a) długotrwała obciążalność prądowa linii kablowej z uwzględnieniem wszystkich występujących na trasie linii warunków ułożenia mających wpływ na obciążalność wraz ze wszystkimi przyjętymi założeniami do obliczeń,
  - b) okresowa przeciążalność linii kablowej (jeśli dotyczy) przy określonych przez Zamawiającego założeniach - analogicznie dla wszystkich występujących na trasie linii warunków ułożenia wraz ze wszystkimi przyjętymi założeniami do obliczeń,
  - c) obciążalność zwarciowa żyły roboczej oraz żyły powrotnej wraz z przyjętymi założeniami odnośnie temperatury początkowej oraz końcowej,
  - d) dobór ograniczników przepięć żyły roboczej kabla,
  - e) na potrzeby doboru układu uziemienia żyły powrotnej:
    - wartości napięć indukowanych w żyłach powrotnych,
    - w przypadku zastosowania cross-bondingu – obliczenia długości elektrycznej (pozornej) poszczególnych odcinków sekcji wraz ze współczynnikiem nieskompensowania oraz jeśli dotyczy obliczenia prądów w żyłach powrotnych i wynikających stąd stratach oraz zmniejszeniem obciążalności prądowej linii,
    - dobór przekroju połączeń,

- koordynacja izolacji połączeń żył powrotnych i dobór ograniczników przepięć żył powrotnych kabla.
- f) rozkład składowej magnetycznej pola elektromagnetycznego dla odcinków linii kablowych układanych poza terenem stacji elektroenergetycznych, w tym przy słupach kablowych.
  - 3) Trasa linii na mapie topograficznej wraz, jeśli dotyczy, z podziałem na odcinki cross-bondingowe.
  - 4) Trasa linii na tle mapy zasadniczej sytuacyjno-wysokościowej z pomiarami do elementów istniejącej infrastruktury.
  - 5) Schemat podziału linii kablowej na odcinki cross-bondingowe (jeśli dotyczy).
  - 6) Sposób wykonania stanowisk muf kablowych ze skrzynkami cross-bondingowymi (jeśli dotyczy).
  - 7) Sposób wykonania stanowisk muf kablowych przelotowych (jeśli dotyczy).
  - 8) Przekroje poprzeczne ułożenia linii kablowej w wykopie, przepustach, kanale kablowym itd.
  - 9) Sposób wykonania skrzyżowań z innymi obiektami / infrastrukturą: opis i przekroje poprzeczne ułożenia linii kablowej każdego względem krzyżowanych obiektów.
  - 10) Wprowadzenie linii do budynku oraz prowadzenie linii wewnątrz budynku (jeśli dotyczy).
  - 11) Profil podłużny ułożenia linii kablowej w skład którego wchodzi:
    - a) mapa w skali 1:500 odzwierciedlająca obszar wzdłuż, którego biegnie linia kablowa pokazujący pas terenu o szerokości minimum 70 metrów (po 35 metrów od osi linii kablowej),
    - b) profil podłużny pokazujący ułożoną linię kablową oraz linię światłowodową (jeśli dotyczy) wraz z opisanymi obiektami krzyżowanymi oraz pomiarami do linii kablowej, zawierający m.in.:
      - ukształtowanie terenu,
      - rzędne terenu istniejącego,
      - rzędne terenu projektowanego (jeśli dotyczy),
      - rzędne posadowienia linii kablowej,
      - rzędne obiektów krzyżowanych,
      - długość trasy linii kablowej.
  - 12) Jeśli dotyczy - Projekt wykonawczy słupa kablowego, jego fundamentów i uziemiaenia.
  - 13) Jeśli dotyczy – Projekt wykonawczy konstrukcji wsporczej (na stacji elektroenergetycznej) pod głowice wraz z fundamentami.
  - 14) Wprowadzenie linii na słup kablowy wraz ze szczegółowymi rysunkami zabezpieczenia kabli, osłon ochronnych, miejsca montażu głowic, ograniczników przepięć żyły głównej

oraz liczników ich zadziałań, skrzynek uziemiających żył powrotnych oraz sposobu uziemienia kabla ECC itp.

- 15) Wprowadzenie linii na konstrukcję wsporczą głowic wraz ze szczegółowymi rysunkami zabezpieczenia kabli, rozmieszczenia głowic, ograniczników przepięć żyły głównej i liczników ich zadziałań, skrzynek uziemiających żył powrotnych oraz sposobu uziemienia kabla ECC itp.
- 16) Wykaz materiałów.
- 17) Karty katalogowe, dane gwarantowane, wyniki prób, badań i pomiarów określonych w Załączniku 1, atesty na materiały zasypowe (podsypka, warstwa wypełniająca), oświadczenia o montażu osprzętu kablowego przez osoby posiadające niezbędne certyfikaty i uprawnienia, oświadczenie producenta kabla i osprzętu kablowego o nadzorze nad układaniem linii kablowej, instrukcje montażu osprzętu kablowego.
- 18) Część światłowodowa (jeśli dotyczy).
- 19) Wykaz współrzędnych geograficznych punktów charakterystycznych trasy kabla.