

STANDARDOWA SPECYFIKACJA TECHNICZNA

Numer kodowy

PSE-ST.
Linie_kablowe_220kV_400kV/2023

TYTUŁ :

Linie kablowe 220 kV i 400 kV

OPRACOWANO:

DEPARTAMENT STANDARDÓW TECHNICZNYCH

ZATWIERDZONO
DO STOSOWANIA

Data

Konstancin-Jeziorna, wrzesień 2023 r.

Spis treści:

1.	Przedmiot i zakres specyfikacji	4
2.	Normy i dokumenty powołane	5
3.	Podstawowe założenia projektowe linii kablowej NN.....	7
3.1.	Podstawa projektowania	7
3.2.	Poziomy napięcie	7
3.3.	Obciążalność prądowa linii kablowej.....	8
3.4.	Warunki środowiskowe	9
3.5.	Rezystywność cieplna gruntu.....	10
3.6.	Wytrzymałość zwarciova linii kablowej	11
4.	Trasa, ułożenie i oznakowanie linii kablowej	12
4.1.	Wymagania ogólne dotyczące trasy linii kablowej.....	12
4.2.	Wymagania dotyczące badań gruntu	12
4.3.	Układanie linii kablowej.....	13
4.4.	Linia kablowa ułożona w wykopie	15
4.5.	Linia kablowa ułożona w przepustach.....	17
4.6.	Linia kablowa ułożona w kanale kablowym	18
4.7.	Linia kablowa ułożona w tunelu	19
4.8.	Skrzyżowanie linii z obcą infrastrukturą podziemną (nie dotyczy terenu stacji elektroenergetycznej).....	19
4.9.	Ścienne przepusty kablowe	22
4.10.	Linia kablowa w budynku stacji elektroenergetycznej (kablowni)	22
4.11.	Stanowiska muf	23
4.12.	Studzienki kablowe	23
4.13.	Oznaczniki informacyjne linii kablowej	24
4.14.	Oznakowanie trasy linii kablowej	25
5.	Zakończenie linii kablowej na słupie linii napowietrznej lub na stanowisku głowic napowietrznych	26
5.1.	Ochrona przed przepięciami	26
5.2.	Zakończenie linii na słupie linii napowietrznej	26
5.3.	Wprowadzenie na stanowisko głowic napowietrznych	27
6.	Układy połączeń żył powrotnych	28
6.1.	Wymagania ogólne	28
6.2.	Jednostronne uziemienie żył powrotnych (SPB)	28
6.3.	Obustronne uziemienie żył powrotnych (BE).....	29
6.4.	Crossbonding (CB)	29
6.5.	Inne układy	30
6.6.	Ograniczniki przepięć żył powrotnych oraz połączenia z żyłami powrotnymi.....	30

7.	Pas technologiczny linii kablowej	30
8.	Oddziaływanie linii kablowej na środowisko	32
9.	Badania pomontażowe linii kablowej NN.....	33
10.	Kable światłowodowe.....	35
10.1.	Kable światłowodowe i ich kanalizacja	35
10.2.	Badania wykonywane w trakcie budowy i montażu linii światłowodowej	37
10.2.1.	Badania przed pracami instalacyjnymi	37
10.2.2.	Badania i pomiary w czasie budowy.....	37
10.2.3.	Pomiary wykonywane przy odbiorze linii	38
10.3.	Wprowadzenie kabli światłowodowych na konstrukcje i słupy.....	38
11.	Dokumentacja techniczna linii kablowej	38

1. Przedmiot i zakres specyfikacji

Przedmiotem niniejszej specyfikacji są wymagania techniczne dotyczące nowobudowanych elektroenergetycznych linii kablowych prądu przemiennego 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 linii światłowodowych układanych wraz z linią kablową.

W zakresie słupów kablowych służących do połączenia linii napowietrznej z linią kablową określono w niniejszej specyfikacji wymagania dotyczące odstępów izolacyjnych, 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 na stacjach pod głowice kablowe i ograniczniki przepięć należy projektować zgodnie z aktualną specyfikacją PSE S.A. dotyczącą stacji elektroenergetycznych najwyższych napięć.

Specyfikacja nie obejmuje zagadnień systemowych, które należy przeanalizować przy planowaniu budowy odcinków kablowych linii napowietrznych 220 i 400 kV, w tym określania wymaganej obciążalności długotrwałej linii kablowej oraz określania 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 są następujące specyfikacje:

1. „Linie kablowe 220 kV i 400 kV Załącznik 1 Kable elektroenergetyczne, głowice i mufy”.
2. „Linie kablowe 220 kV i 400 kV Załącznik 2 Uchwyty kablowe, skrzynki połączeniowe i kable do łączenia żył powrotnych”.

2. Normy i dokumenty powołane

Lp.	Numer normy/ nazwa dokumentu	Tytuł
1.	IEC 62067:2022-04	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 60183	Guidance for the selection of high-voltage A.C. cable systems
3.	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
4.	IEC 60287-1-2	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 1-2: Current rating equations (100% load factor) and calculation of losses - Sheath eddy current loss factors for two circuits in flat formation
5.	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
6.	IEC 60287-2-1	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2-1: Thermal resistance – Calculation of thermal resistance
7.	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
8.	IEC 60287-2-3	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 2-3: Thermal resistance - Cables installed in ventilated tunnels
9.	IEC 60287-3-1	Electric cables - Calculation of the current rating - Part 3-1: Operating conditions – Site reference conditions
10.	IEC 60287-3-3	Electric cables – Calculation of the current rating - Part 3-3: Sections on operating conditions - Cables crossing external heat sources
11.	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

12.	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
13.	PN-EN 60228	Żyły przewodów i kabli
14.	PN-EN 60229	Kable elektryczne -- Badania wytłaczanych osłon zewnętrznych o szczególnych funkcjach ochronnych
15.	IEC 60815	Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions
16.	IEC 60949	Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects
17.	IEC 61443	Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV)
18.	PN-EN 60270	Wysokonapięciowa technika probiercza -- Pomiaru wyładowań niezupełnych
19.	PN-EN 60885-3	Metody badań właściwości elektrycznych kabli energetycznych -- Część 3: Metody pomiaru wyładowań niezupełnych na odcinkach fabrykacyjnych kabli o izolacji wytłaczanej
20.	PN-EN IEC 61914	Uchwyty przewodów do instalacji elektrycznych
21.	PN-EN IEC 60099-5	Ograniczniki przepięć. Część 5: Zalecenia wyboru i stosowania
22.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Wytyczne projektowe dla doboru ograniczników przepięć instalowanych na żyłach powrotnych kabli elektroenergetycznych – wskazówki dla projektantów
23.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Ograniczniki przepięć do ochrony osłon kabli elektroenergetycznych
24.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Ograniczniki przepięć do sieci 110 kV, 220 kV i 400 kV
25.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Kable światłowodowe
26.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Badanie traktu światłowodowego
27.	Specyfikacja Techniczna PSE S.A.	Uziemienia linii napowietrznych

28.	Norma SEP N SEP-E-004:2022-08	Elektroenergetyczne i sygnalizacyjne linie kablowe. Projektowanie i budowa
29.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 640 „A Guide for Rating Calculations of Insulated Cables”
30.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 669 “Mechanical Forces in Large Cross Section Cable Systems”
31.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 714 “Long Term Performance of Soil And Backfill Systems”
32.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 720 “Fire issues for insulated cables installed in air”
33.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 728 “On-site partial discharge assessment of HV and EHV cable systems”
34.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 797 “Sheath bonding systems of AC transmission cables - Design, testing, and maintenance”
35.	Broszura Techniczna CIGRE	CIGRE TB 889 “Installation of underground HV cable systems”
36.	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. Podstawa projektowania

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.

3.2. Poziomy napięcie

Poziomy napięcie 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

Uwaga:

Wartości znamionowego napięcia fazowego U_0 (pomiędzy żyłą roboczą a ekranem) kabli i osprzętu dla poszczególnych napięć znamionowych (międzyfazowych) U pochodzą z normy IEC 60183. Norma ta określa, że:

- napięcie U_0 kabli i osprzętu przeznaczonego do pracy w sieci o napięciu nominalnym 220 kV oraz 230 kV ma taką samą wartość równą 127 kV,
- napięcie U_0 kabli i osprzętu przeznaczonego do pracy w sieci o napięciu nominalnym 380 kV oraz 400 kV ma taką samą wartość równą 220 kV.

Zatem kable i osprzęt przeznaczone do pracy w sieci 220 kV będą miały oznaczenie wartościami napięć znamionowych U_0/U (U_m) w postaci 127/220 (245) kV, zaś kable i osprzęt przeznaczone do pracy w sieci 400 kV będą miały oznaczenie 220/400 (420) kV.

3.3. 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, o ile Zamawiający nie wskaże niższej wartości dla określonego projektu,
- wymagane przeciążenia - jeśli dotyczy,
- wpływ najniekorzystniejszych warunków środowiskowych i technicznych (w tym związanych np. ze sposobem ułożenia bądź koniecznej ochrony linii, dużą głębokością ułożenia linii, krzyżowania lub zbliżenia do infrastruktury będącej źródłem ciepła) na trasie linii kablowej.

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

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 zastosowanie takiego rozwiązania nie powinno spowodować zwiększenia liczby muf (w stosunku do liczby muf przy zastosowaniu tylko kabla o jednym przekroju żyły roboczej na całej trasie linii).

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

Obciążalność prądowa powinna być zagwarantowana na całej trasie linii kablowej, biorąc pod uwagę różne środowiska termiczne oraz zastosowane na trasie sposoby i głębokości ułożenia linii.

3.4. Warunki środowiskowe

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

Do projektowania elementów linii kablowej znajdujących się nad poziomem gruntu należy przyjąć następujące warunki środowiskowe:

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

Do projektowania kabli umieszczonych w gruncie należy uwzględnić średnią temperaturę powietrza równa +25 °C oraz następujące średnie temperatury gruntu, jeśli jego powierzchnia nie będzie pokryta materiałami nagrzewającymi się od promieniowania słonecznego (np. asfaltem, płytami betonowymi):

- +20 °C dla głębokości do 1,5 m włącznie,
- +15 °C dla głębokości od 1,5 m do 4 m włącznie,
- +12 °C dla głębokości od 4 m do 10 m włącznie,
- +10 °C dla głębokości ponad 10 m.

Jeśli powierzchnia gruntu nad linią kablową będzie pokryta materiałami nagrzewającymi się od promieniowania słonecznego ww. podane wartości temperatur należy zwiększyć o:

- 5 °C dla głębokości ułożenia kabla do 4 m włącznie,
- 2 °C dla głębokości ułożenia kabla od 4 m do 10 m włącznie,

Zamawiający może zaakceptować przyjęcie do obliczeń innych temperatur gruntu w danej lokalizacji, jeśli będą one wynikały z przeprowadzonego uprzednio długookresowego monitoringu temperatur gruntu.

Rezystywność cieplną gruntu należy określić zgodnie z p. 3.5

3.5. Rezystywność cieplna gruntu

W przypadku linii kablowej umieszczonej w gruncie, bardzo istotne jest prawidłowe określenie rezystywności cieplnych gruntu na trasie linii, przyjmowanych do doboru kabla i obliczeń dopuszczalnej obciążalności linii. Wartości tych rezystywności należy ustalić na podstawie badań gruntu na trasie linii.

Wartość rezystywności cieplnej gruntu określoną w normie IEC 60287-3-1 dla Polski równą $1,0 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ należy traktować jako minimalną wartość przyjmowaną do obliczeń. Zamawiający zaakceptuje przyjęcie wartości rezystywności cieplnej poniżej $1,0 \text{ K}\cdot\text{m}/\text{W}$ (ustalonych na podstawie badań) jedynie w gruntach nawodnionych np. dla odcinków linii ułożonych pod kanałami, rzekami, jeziorami.

Wg Broszur CIGRE TB 640 i TB 714 na właściwości cieplne gruntu mają zasadniczy wpływ następujące jego właściwości fizyczne:

- skład gruntu (typ cząstek),
- rozkład wielkości cząstek,
- zawartość wilgoci,
- gęstość w stanie wysuszenia.

Zawartość wilgoci podlega istotnym zmianom w ciągu roku, w zależności od pory roku oraz wielkości opadów, zaś pozostałe właściwości uważa się za nieulegające zmianom po instalacji linii kablowej. Wymagana obciążalność prądowa linii kablowej powinna być zapewniona przy najmniejszej przewidywanej zawartości wilgoci w gruncie.

Metody pomiarowe właściwości fizycznych gruntu, w tym metody oszacowania najmniejszej zawartości wilgoci, są opisane w Broszurze CIGRE TB 714.

Zgodnie z Broszurą CIGRE TB 714, określenie rezystywności cieplnej gruntu w danej lokalizacji można wykonać następującymi metodami:

- a) oszacowanie na podstawie znajomości właściwości fizycznych gruntu, w tym najniższej zawartości wilgoci,
- b) oszacowanie na podstawie pomiarów laboratoryjnych przeprowadzonych na próbkach gruntu dla różnych wartości zawartości wilgotności.

Rezystywność cieplną gruntu można zmierzyć w terenie, lecz zmierzona wartość będzie odnosiła się tylko i wyłącznie do stanu wilgotności gruntu w czasie pomiaru, więc nie można się nią posługiwać do celów projektowania. Może być ona jednak przydatna do określenia wartości rezystywności cieplnej przyjmowanej do projektowania, jeżeli wraz z tym pomiarem zostaną równolegle określone właściwości fizyczne gruntu (w tym zawartość wilgoci w czasie pomiaru), umożliwiające dokonanie przeliczenia zmierzonej wartości na warunki najmniejszej zawartości wilgoci.

Wskazówki co do sposobu określenia rezystywności cieplnej gruntu na potrzeby projektowania zawarte są w Broszurach Technicznych CIGRE TB 640 i TB 714.

Należy również przeanalizować możliwość wysuszenia gruntu wskutek oddziaływania ciepłego kabli (patrz Broszura CIGRE TB 714) i jeśli taka możliwość zostanie potwierdzona, należy przyjąć do obliczeń odpowiednio wyższą wartość rezystywności gruntu, aby zapewnić wymaganą obciążalność linii kablowej również i po wystąpieniu tego zjawiska w przyszłości.

3.6. Wytrzymałość zwarciowa linii kablowej

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

- prądu zwarcia 1-fazowego,
- prądu zwarcia 3-fazowego,
- czasu trwania zwarcia 0,5 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 zwarciowej należy uwzględnić zapisy normy IEC 60949 oraz normy IEC 61443. Dopuszcza się uwzględnienie efektu nieadiabaticznego nagrzewania, o którym mowa w normie IEC 60949.

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. Do obliczeń należy przyjąć temperaturę końcową +250°C zarówno dla żyły roboczej jak i dla żyły powrotnej

(ekranu kabla). W obliczeniach nie należy uwzględniać taśmy (folii) aluminiowej pod powłoką, stanowiącej uszczelnienie promieniowe kabla.

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). Należy zidentyfikować i opisać wszystkie obiekty znajdujące się na trasie i wzdłuż trasy linii. Szczególną uwagę należy zwrócić na obiekty będące źródłem ciepła i pozyskać od ich właścicieli dane niezbędne do oceny potencjalnego wpływu tych obiektów na obciążalność linii kablowej.

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. Wymagania dotyczące badań gruntu

Badania geotechniczne gruntu na trasie linii należy wykonać w celu określenia jego właściwości fizycznych i cieplnych na potrzeby ustalenia dopuszczalnej obciążalności prądowej linii kablowej, możliwości wykorzystania gruntu rodzimego do wypełnienia wykopu po ułożeniu w nim linii kablowej oraz pod kątem możliwości jego zagęszczenia. W przypadku linii kablowych układanych w kanałach kablowych na terenie stacji, Zamawiający może odstąpić od wymagania wykonania tych badań.

Jeśli jest to wykonalne technicznie, badania gruntu powinny być przeprowadzone w odległościach nie większych niż 200 m (w uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować większe odległości) oraz we wszystkich miejscach, które potencjalnie mogą stanowić miejscowe „wąskie gardła” linii z powodu niekorzystnych warunków odprowadzania ciepła (np. duża głębokość, krzyżowanie obiektów wydzielających ciepło).

Badania geotechniczne gruntu na planowanej trasie linii powinny polegać na: wykonaniu odwiertów, ewentualnych badaniach wykonywanych w terenie („in situ”), pobraniu próbek gruntu, badaniach próbek gruntu w laboratorium.

Zakres i miejsca badań gruntu należy ustalić indywidualnie dla danej linii kablowej, po wstępnym określeniu sposobu ułożenia kabli oraz zgodnie z zakładaną metodyką określenia właściwości fizycznych oraz termicznych gruntu. Dla wszystkich badanych lokalizacji należy

przewidzieć wykonanie odwiertów. Na kartach z odwiertów powinny być uwidocznione poszczególne warstwy gruntu (wraz z określeniem ich typu i grubości), poziom wód gruntowych w czasie odwiertu oraz przewidywany najniższy i najwyższy poziom wód gruntowych.

Głębokość badań i miejsca pobierania próbek gruntu do badań laboratoryjnych powinny być odpowiednie dla przewidywanej głębokości ułożenia linii kablowej oraz struktury gruntu w danym miejscu.

Należy zwrócić również uwagę na fakt, że stopień zagęszczenia gruntu wpływa na jego rezystywność cieplną. Z tego powodu niektóre metody badań laboratoryjnych opisane w Broszurze CIGRE TB 714 wymagają dostarczenia próbek w stanie nienaruszonym, zaś w badaniach gruntu należy ustalić również, czy po jego wykorzystaniu do zasypania wykopów możliwe będzie uzyskanie właściwego stopnia zagęszczenia.

Z wykonanych badań gruntu należy sporządzić dokumentację, przedstawiającą miejsca i sposób wykonania badań, opis metod badań terenowych i laboratoryjnych, wyniki badań, sposób określenia rezystywności cieplnej gruntu na potrzeby projektowania linii oraz stwierdzenie co do przydatności gruntu rodzimego do zasypania wykopów.

4.3. Układanie linii kablowej

Technologia układania kabli i montażu osprzętu kablowego powinna być zgodna z zaleceniami i zaakceptowana przez Producenta kabla i osprzętu kablowego. Stanowisko muf kablowych, sposób przygotowania podłoża dla muf i ich zabezpieczenie, odległości między mufami oraz wymiary stanowiska (z uwzględnieniem ewentualnych skrzynek połączeniowych) powinny być zgodne z wytycznymi Producenta osprzętu. Stanowisko muf powinno być zlokalizowane w odległości co najmniej 10 m od końca łuku załomu trasy linii oraz od końca przepustu.

Przed przystąpieniem do układania kabli, wszystkie bębny należy poddać szczegółowym oględzinom zewnętrznym w celu wykrycia jakichkolwiek uszkodzeń kabli, 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, należy wykonać sprawdzenie szczelności powłoki kabla napięciem stałym o wartości 10 kV w czasie 1 minuty.

Po ułożeniu kabla należy wykonać sprawdzenie szczelności powłoki kabla napięciem stałym o wartości 10 kV w czasie 1 minuty. Sprawdzenie to należy wykonać przed zasypaniem i po zasypaniu kabla, aby upewnić się, że podczas ciągnięcia i zasypywania kabla nie została uszkodzona jego powłoka. Jeśli kabel nie został fabrycznie przystosowany do tego sprawdzenia, sposób i miejsce przyłożenia napięcia do żyły powrotnej kabla należy uzgodnić

z Producentem kabla (jak również sposób zabezpieczenia tego miejsca po wykonaniu sprawdzenia).

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.

Wyboru układu ułożenia kabli należy dokonać indywidualnie dla danej linii, biorąc pod uwagę m.in. specyfikę trasy (i wynikający stąd sposób instalacji linii kablowej oraz jej głębokość pod powierzchnią gruntu), sposób połączenia żył powrotnych, symetrię napięć w nich indukowanych, wymaganą obciążalność prądową.

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 ciepłe 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 220 kV (a w przypadku linii kablowej 400 kV, jeśli tak wskaże Zamawiający) należy zapewnić zapas kabli umożliwiający jednokrotną wymianę uszkodzonej głowicy kablowej, którego minimalną długość należy uzgodnić z Producentem głowicy. Możliwy sposób wykorzystania tego zapasu do wymiany głowicy w poszczególnych fazach, wynikającą stąd lokalną zmianę trasy kabli oraz zmianę rozkładu pola magnetycznego należy przedstawić w projekcie wykonawczym. Jeżeli wykorzystanie zapasu może mieć hipotetycznie wpływ na obciążalność linii kablowej lub będzie wymuszało konieczność krzyżowania się faz, należy przedstawić obliczenia jego wpływu na dopuszczalną obciążalność prądową linii kablowej. Zamawiający może odstąpić od zapewnienia zapasu, jeżeli zgromadzenie wymaganego zapasu nie jest wykonalne, jego późniejsze wykorzystanie będzie bardzo utrudnione lub spowoduje istotne obniżenie obciążalności prądowej linii.

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

Opis sposobów układania linii kablowej zawiera Broszura CIGRE nr 889 wraz z wyszczególnieniem aspektów technicznych, które należy rozważyć przy ich stosowaniu.

Jednym z nich są siły termomechaniczne mogące wystąpić w kablu pod wpływem zmian temperatury, których uwzględnienie jest szczególnie istotne w przypadku linii kablowych wykonanych z kabli o przekrojach żyły roboczej 1000 mm² i większym. Mechanizm powstawania tych sił, obliczanie oraz ich efekty w postaci oddziaływania na kabel, głowice i mufy, przykłady rozwiązań technicznych zmniejszających skutki oddziaływania tych sił oraz wskazówki do doboru uchwytów kablowych i ich rozmieszczenia zostały opisane w Broszurach CIGRE TB 669 i 889.

Wymaganą wytrzymałość uchwytów na siły powstające podczas zwarcia należy wyznaczyć wg normy PN-EN IEC 61914. Wartość maksymalną prądu zwarciovego należy obliczyć poprzez przemnożenie wartości skutecznej prądu zwarciovego, którą Zamawiający określił do projektowania danej linii przez 2,5.

W poniższych punktach zostały opisane wymagania dotyczące najczęściej stosowanych sposobów instalacji kabli. Na etapie uzgadniania projektu Zamawiający może zaakceptować inne sposoby ułożenia linii kablowej niż opisane poniżej, po przedstawieniu przez Wykonawcę stosowanego uzasadnienia i opisu technologii.

4.4. Linia kablowa ułożona w wykopie

W przypadku układu płaskiego należy zapewnić stały odstęp pomiędzy kablami, natomiast w przypadku układu trójkątnego należy stosować opaski z materiałów niemagnetycznych zapobiegające przemieszczaniu się kabli względem siebie.

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 wymiarach boków co najmniej 40 cm i grubości co najmniej 5 cm. 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 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 lub ponad poziom górnej powierzchni rury osłonowej najwyżej usytuowanego w wykopie kabla NN toru linii. Warstwę tę należy zagęścić z zachowaniem najwyższej staranności w celu usunięcia z niej jak największej ilości powietrza.

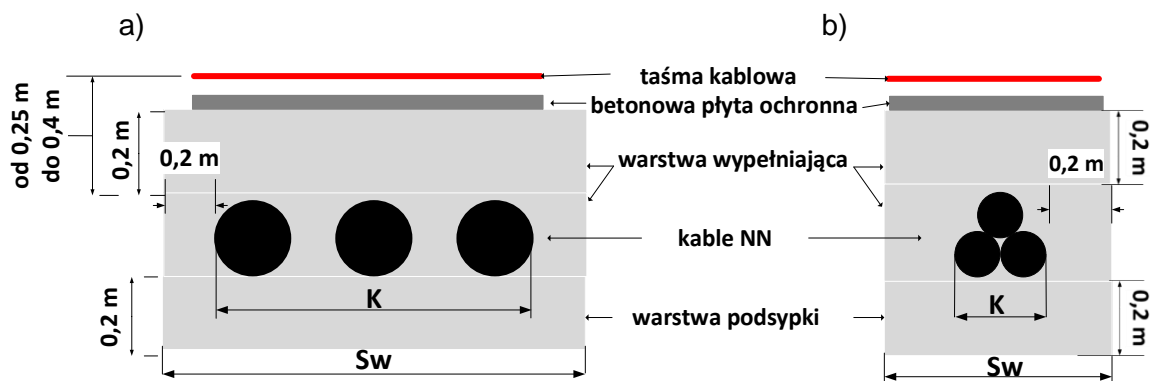
Minimalna szerokość warstwy podsypki i warstwy wypełniającej **Sw** - jak pokazano na rysunku 1 - składa się z odległości **K** między skrajnymi kablami NN należącymi do tego samego toru linii i odległości dodatkowej 0,2 m po obu stronach linii kablowej.

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. Zgodnie z normą N SEP-E-004 rezystywność cieplna betonitu w stanie wysuszenia powinna być mniejsza od 1,0 K*m/W. 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. Zgodnie z normą N SEP-E-004 należy stosować płyty o wymiarach boków co najmniej 40 cm i grubości co najmniej 5 cm. Płyty betonowe powinny przykrywać wszystkie kable, tj. wszystkie kable powinny się zawierać w rzucie poziomym płyt betonowych i w związku z tym należy uwzględnić ewentualną konieczność ułożenia dwóch lub więcej rzędów płyt obok siebie, 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 opisanymi w p. 4.14. Pozostały obszar wykopu wypełnić oczyszczonym z gruzów i kamieni gruntem rodzimym (jeśli jego przydatność do wypełnienia wykopu została wcześniej potwierdzona w wyniku badań gruntu) lub innym gruntem wskazanym w projekcie wykonawczym. Wypełnianie wykopu powinno być wykonywane warstwami przy jednoczesnym ich zagęszczaniu. Stopień zagęszczenia gruntu rodzimego użytego do zasypiania wykopu powinien być nie mniejszy niż gruntu rodzimego w sąsiedztwie wykopu, zaś stopień zagęszczenia gruntu zasypowego innego niż rodzimy powinien być wskazany w projekcie wykonawczym.

Zamawiający może wymagać również ułożenia dodatkowej taśmy ostrzegawczej w mniejszej odległości od powierzchni gruntu (np. 30-40 cm) we wskazanych miejscach, w których prawdopodobna jest np. praca koparek.

Przykładowe układy ułożenia kabli przedstawiono na rysunku 1.



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

4.5. Linia kablowa ułożona w przepustach

Przepust ma za zadanie chronić ułożony w nim odcinek kabla oraz zminimalizować możliwość odkrycia obiektu krzyżowanego. 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, o ile Producent kabla nie zaleci większej średnicy. 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 długości większej niż 10 m 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 $1,5 \text{ K} \cdot \text{m/W}$. Każda partia zastosowanego bentonitu powinna posiadać atest potwierdzający jego prawidłowy skład i parametry.

Kable na wyjściu z przepustów należy wyśrodkować względem rur w celu skutecznego uszczelnienia, 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 szczelnie zabezpieczyć przed wnikaniem wody i materiałów obcych materiałami/wyrobami zalecanymi do tego celu przez producenta przepustów (np. specjalnymi deklami). Zamawiający zastrzega sobie prawo do postawienia wymagania w zamówieniu, aby końce przepustów rezerwowych umieścić w studniach kablowych.

W przypadku wykonywania przewiertów sterowanych należy wykonać sprawdzenia układu faz na jego wyjściu (w stosunku do układu faz na wejściu) ze względu na możliwość obrotu układu rur przepustowych i ewentualnie dokonać korekty w dokumentacji linii.

4.6. Linia kablowa ułożona w kanale kablowym

Rozwiązanie przeznaczone jest do stosowania głównie na terenie stacji elektroenergetycznych lub w miejscach wskazanych lub zaakceptowanych przez Zamawiającego. Wymiar kanału kablowego oraz sposób wykonania jego naturalnej wentylacji 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 (oraz jeśli dotyczy przeciążalności). 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. 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.

Środek zapobiegający rozprzestrzenianiu się ognia wskaże Zamawiający i może on polegać na zastosowaniu kabli z powłoką ST_{12} (o określonych właściwościach nierozprzestrzeniania płomienia) lub innego rozwiązania (np. spośród opisanych w Broszurze Technicznej CIGRE TB 720). W przypadku zastosowania w kanale kabli z powłoką ST_{12} , powinny być one stosowane na całym odcinku linii kablowej pomiędzy odpowiednio mufami i/lub głowicami.

4.7. Linia kablowa ułożona w tunelu

Wymagania dotyczące wymiarów tuneli kablowych, ich konstrukcji, sposobu układania i mocowania kabli, chłodzenia, dostępności dla personelu wykonującego obsługę eksploatacyjną, środków zapobiegających rozprzestrzenianiu się ognia 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.

4.8. Skrzyżowanie linii z obcą infrastrukturą podziemną (nie dotyczy terenu stacji elektroenergetycznej)

Skrzyżowanie linii kablowej i kabla światłowodowego z obcą 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,
- jeżeli obiektami krzyżowanymi są rurociągi z gazami i cieczami palnymi, odległości minimalne powinny być uzgodnione z właścicielem rurociągu i nie powinny być mniejsze niż dla rurociągów z gazami i cieczami niepalnymi,
- odległość pionowa przepustu z kablem NN oraz kablem światłowodowym od poziomu główki szyny trakcyjnej kolejowej oraz górnej powierzchni drogi 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,
- jeżeli obiektami krzyżowanymi są rurociągi z gazami i cieczami palnymi, odległości minimalne powinny być uzgodnione z właścicielem rurociągu i nie powinny być mniejsze niż dla rurociągów z gazami i cieczami niepalnymi,
- odległość pionowa przepustu z kablem NN i przepustu z kablem światłowodowym (kanalizacji światłowodowej) od poziomu główki szyny trakcji kolejowej oraz górnej powierzchni drogi 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.

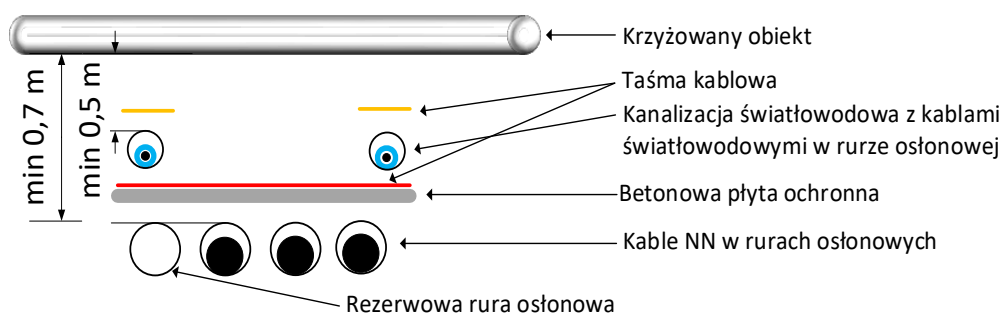
Uwaga:

Przy ustalaniu minimalnej odległości pomiędzy kablami NN a obiektami będącymi źródłem ciepła (np. ciepłociągiem, inne kable elektroenergetyczne) należy przeanalizować wpływ tych obiektów na obciążalność linii kablowej NN. Ocenę tą należy wykonać wg normy IEC 60287-3-3 oraz Broszury CIGRE TB 640.

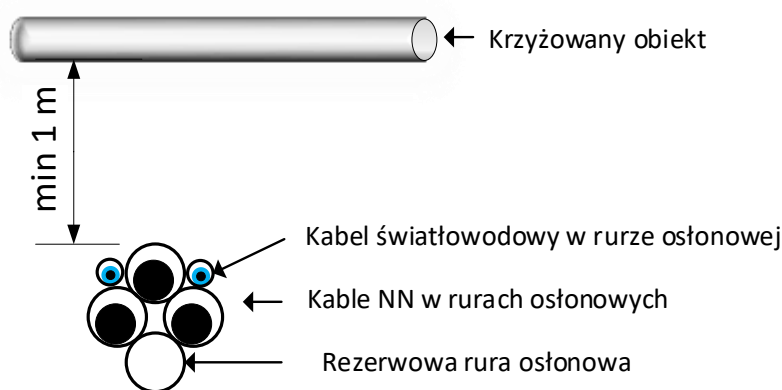
Jeśli stosowne przepisy stanowią inaczej (tj. określają większe odległości) lub Zarządzający infrastrukturą wymaga większych odstępów, powyższe odległości pionowe należy odpowiednio zwiększyć.

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.

a)



b)



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.

4.9. 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. 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.

4.10. Linia kablowa w budynku stacji elektroenergetycznej (kablowni)

Kable należy mocować przy pomocy uchwyty kablowych do podłogi lub do dedykowanych konstrukcji. Odcinek kabla na wprowadzeniu do rozdzielnicy GIS powinien być wyprostowany oraz przymocowany do konstrukcji podtrzymującej w sposób zgodny z zaleceniami Producenta głowicy, z uwzględnieniem ewentualnego wyposażenia dodatkowego głowicy (np. uchwytu zintegrowanego z głowicą).

Przy określaniu sposobu prowadzenia kabli i ich długości wewnątrz budynku należy uwzględnić możliwość cofnięcia kabla na potrzeby montażu głowicy.

Konstrukcje wsporcze oraz uchwyty mocujące kable nie mogą tworzyć wokół kabli i linii kablowej zamkniętego obwodu magnetycznego. Należy zapewnić, aby gniazda głowic wtykowych zamontowanych w GIS były kompatybilne z częściami wtykowymi głowic, zgodnie z wymaganiami zawartymi w Załączniku 1.

Środek zapobiegający rozprzestrzenianiu się ognia wskaże Zamawiający i może on polegać na zastosowaniu kabli z powłoką ST₁₂ lub innego rozwiązania (np. spośród opisanych w Broszurze Technicznej CIGRE TB 720). W przypadku zastosowania w budynku kabli z powłoką ST₁₂, powinny być one stosowane na całym odcinku linii kablowej pomiędzy odpowiednio mufą a głowicą lub głowicami.

4.11. Stanowiska muf

Sposób rozmieszczenia muf należy dobrać zgodnie z wytycznymi Producenta muf oraz stosownie do szerokości pasa technologicznego linii, który zgodnie z zapisami p. 7 może mieć lokalnie większą szerokość na stanowisku muf. Wymiary wykopu należy ustalić zgodnie z wytycznymi Producenta muf. Należy zapewnić, aby osie kabli z obu stron mufy pokrywały się z osią mufy w dwóch płaszczyznach. Po zakończeniu montażu muf dno wykopu należy zasypać zagęszczanymi warstwami piasku lub przesianego gruntu rodzimego, a następnie betonitem zapewniając, aby grubość warstwy betonitu poniżej dolnego obrysu muf oraz powyżej górnego obrysu muf była podobna jak na trasie kabli, o ile inaczej nie zostało przewidziane to w projekcie wykonawczym. Betonit powinien być również zagęszczony z zachowaniem należytej ostrożności w celu usunięcia z niego jak największej ilości powietrza. Betonit nad mufami należy pokryć rzędami płyt betonowych ułożonych na styk w taki sposób, aby skrajne płyty wychodziły o co najmniej 30 cm poza boczny obrys muf oraz o co najmniej 60 cm poza wzdłużny obrys muf z obu stron, przy czym Zamawiający może zaakceptować mniejsze wartości na podstawie przedstawionego uzasadnienia. Szczeliny pomiędzy płytami nie powinny być większe niż 10% długości boku tych płyt. Następnie należy ułożyć folię sygnalizacyjną i zasypać wykop – analogicznie jak w przypadku kabli.

W przypadku, gdy stanowisko muf ma być zlokalizowane w terenie zurbanizowanym, w bliskim sąsiedztwie innej infrastruktury naziemnej i podziemnej ograniczającej możliwość prowadzenia prac naprawczych w czasie przyszłej eksploatacji linii kablowej lub stwarzającej jakiegokolwiek zagrożenie dla muf kablowych w czasie ich przebudowy, rozbudowy lub prac naprawczych, należy przewidzieć zabezpieczenie stanowiska muf kablowych.

4.12. Studzienki kablowe

Z muf uziemiających i crossbondingowych umieszczonych w gruncie należy wyprowadzić przewody do studzienek kablowych, w których należy zamontować skrzynki połączeniowe. Gabaryty studzienek kablowych powinny zapewniać swobodny montaż skrzynek. Należy zapewnić, aby kable wchodzące do skrzynki były wprowadzone w osi przepustów (nie mogą być wygięte na odcinku uszczelnienia).

Po wprowadzeniu przewodów należy zabezpieczyć otwory przed wnikaniem wody i materiałów obcych w sposób podobny jak w przypadku przepustów. Studzienki te należy dobrać do istniejących/projektowanych warunków terenowych, w tym przewidywanych obciążeń mechanicznych. Pokrywy studni powinny być typu usuwalnego z możliwością podnoszenia, zabezpieczone zamkiem z rygłem. Studzienki powinny być tak zaprojektowane, aby nie było możliwości zbierania się w nich wody oraz aby zapewniały bezpieczny dostęp do urządzeń w nich umieszczonych. Skrzynki narażone na zalanie wodą należy dodatkowo zabezpieczać

przed wnikaniem wody np. poprzez stosowanie zalewy żelowej, łatwej do usunięcia w przypadku konieczności wymiany ograniczników. W indywidualnych przypadkach, gdy studnie kablowe mogą być narażone na uszkodzenia (np. w terenach rolnych), Zamawiający może wymagać ich zabezpieczenia (np. poprzez ogrodzenie) lub uzgodnić zastosowanie innego rozwiązania niż studzienki kablowe.

Studzienek nie należy umieszczać bezpośrednio nad mufami kablowymi oraz innymi krzyżowanymi obiektami. W uzasadnionych przypadkach dopuszcza się umieszczenie studzienek bezpośrednio nad kablami, przy zastosowaniu dodatkowej ochrony mechanicznej kabli np. w postaci rur osłonowych.

Każda skrzynka powinna posiadać własną instalację uziemiającą. Uziemienie należy wykonać w postaci uziomu otokowego, z dodanymi uziemieniami pionowymi (jeśli zajdzie taka potrzeba). Instalację uziemiającą w zakresie użytych do budowy materiałów należy wykonać zgodnie ze Standardową Specyfikacją Techniczną „Uziemienia linii napowietrznych” jak dla nowych linii napowietrznych. Wartość rezystancji uziemienia nie powinna być większa niż 10Ω , 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.

4.13. 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. Zgodnie z normą N SEP-004, oznaczniki powinny być wykonane z tworzywa sztucznego o grubości co najmniej 1 mm, mocowane na kablu za pomocą opasek samozaciskowych lub wykonane w postaci obejmującego kabel paska z tworzywa sztucznego o grubości co najmniej 1 mm.

Oznaczniki na kablach NN powinny zawierać następujące informacje: nazwa właściciela, poziomy napięcie znamionowy (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”.

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 wejściu i wyjściu kabli z przepustów rurowych, w miejscach skrzyżowań z obcą infrastrukturą podziemną oraz pod głowicami kablowymi.

4.14. 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, widoczny 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.

Zamawiający w miejscach przez siebie wskazanych takich jak:

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

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

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”.

Opcjonalnie dopuszcza się stosowanie podziemnych znaczników (np. kulistych pasywnych markerów elektromagnetycznych). Miejsca usytuowania podziemnych znaczników powinny być wynikiem uzgodnień z właścicielami nieruchomości, przez które projektuje się przebieg linii kablowej i wynikać z potencjalnych uciążliwości wykorzystania gruntu nad linią kablową, np. na terenach uprawnych, terenach zamkniętych (np. wojskowych) lub w miejscach narażonych na uszkodzenie tradycyjnych słupków oznacznikowych. Podziemne znaczniki powinny umożliwiać zapisywanie danych o linii kablowej, o których mowa w p. 4.13. Stosowanie podziemnych znaczników należy uzgodnić z Zamawiającym.

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. Zakończenie linii kablowej na słupie linii napowietrznej lub na stanowisku głowic napowietrznych

5.1. Ochrona przed przepięciami

Głowice kablowe oraz kable powinny być chronione przed przepięciami atmosferycznymi i łączeniowymi ogranicznikami przepięć. Jeśli Zamawiający nie wskaże inaczej, należy zastosować ograniczniki przepięć klasy SH (Station High). Zamawiający może również zaakceptować zastosowanie ograniczników przepięć klasy SM (Station Medium) na podstawie obliczeń wykonanych zgodnie z normą PN-EN IEC 60099-5.

Ograniczniki powinny spełniać wymagania specyfikacji technicznej PSE S.A. „Ograniczniki przepięć do sieci 110 kV, 220 kV i 400 kV” z następującym uzupełnieniem:

- licznik ograniczników przepięć instalowanych na słupach linii powinien mieć możliwość odczytu zdalnego,
- wymagane funkcje liczników ograniczników to rejestracja (zliczanie) zadziałania, wskaźnik prądu upływu, monitorowanie i rejestracja pracy.

W zależności od przewidzianego sposobu uziemienia żył powrotnych, na słupie linii i na konstrukcjach wsporczych głowic napowietrznych w rozdzielni należy zabudować skrzynkę uziemiającą z ogranicznikami przepięć, możliwie blisko głowic kablowych lub podłączyć żyły powrotne do zacisku uziemiającego na konstrukcji za pomocą linki miedzianej o odpowiedniej wytrzymałości zwarciowej.

Zaciski umożliwiające założenie uziemiacza przy głowicy kablowej powinny być dobrane lub zaakceptowane przez Producenta głowic.

5.2. Zakończenie linii na słupie linii napowietrznej

W miejscu wyjścia z gruntu, kable wchodzące do osłony na podejściu do konstrukcji słupa powinny być tak zagłębione, aby uzyskać jak największy promień gięcia kabli oraz powinny być osłonięte rurami np. HDPE o długości minimum 1 metr, przy czym jedna połowa tej długości powinna znajdować się w gruncie, a druga połowa nad powierzchnią gruntu. Górny koniec rur powinien być uszczelniony. Kable na wyjściu z przepustów należy wyśrodkować względem rury ochronnej wykorzystując do tego np. liny konopne lub syntetyczne.

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,
- umożliwiała ruch powietrza w jej wnętrzu zapewniający chłodzenie kabli,
- możliwy był jej demontaż bez potrzeby wyłączenia sąsiedniego toru linii.

Na wysokości górnej krawędzi osłony ochronnej kabli słup kablowy należy wyposażyć od strony zewnętrznej w demontowalne ostrokoły uniemożliwiające wejście na wyższe człony konstrukcji słupa oraz zaprojektować wewnętrzny pomost roboczy z zamykanym włącznikiem w podłodze. Pomost ten powinien obejmować cały przekrój poprzeczny słupa. Zamawiający może zaakceptować również inne rozwiązanie zabezpieczenia przed dostępem osób postronnych.

Głowice kablowe oraz ograniczniki przepięć powinny być zamontowane na specjalnej konstrukcji zamocowanej do słupa. Należy zapewnić odpowiednią sztywność tej konstrukcji, aby pod wpływem ciężaru głowicy wraz z odcinkiem kabla na wprowadzeniu do głowicy nie dochodziło do jej ugięć mogących spowodować deformację płyty bazowej głowicy kablowej. Odcinek kabla przy głowicy kablowej powinien być wyprostowany oraz przymocowany do konstrukcji za pomocą 2 uchwytów kablowych, których oś powinna się pokrywać z osią głowicy. Rozmieszczenie tych uchwytów należy zaprojektować zgodnie ze wskazówkami Producenta głowicy, uwzględniając typ i ewentualne wyposażenie dodatkowe głowicy.

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

Odstępy izolacyjne pomiędzy elementami linii kablowej należącymi do różnych faz, elementami linii kablowej a ziemią oraz elementami należącymi do różnych linii kablowych (jeśli dotyczy) należy wymiarować według tych samych zasad, jakie zostały zastosowane do elementów należących do linii napowietrznych. Należy również uwzględnić wytyczne i zalecenia producenta ograniczników przepięć co do minimalnych odstępów.

Rezystancja uziemienia słupa kablowego nie powinna przekraczać 10 Ω .

5.3. Wprowadzenie na stanowisko głowic napowietrznych

W miejscu wyjścia z gruntu, kable powinny być osłonięte rurami np. HDPE o długości minimum 1 m, przy czym jedna połowa tej długości powinna znajdować się w gruncie, a druga połowa nad powierzchnią gruntu. Na wyjściu kable należy wyśrodkować względem rur osłonowych wykorzystując do tego np. liny konopne lub syntetyczne. Górny koniec rur powinien być uszczelniony.

Należy zwracać szczególną uwagę, aby nie przekraczać promieni gięcia kabla określonych przez jego Producenta. Odcinek kabla przy głowicy kablowej powinien być wyprostowany oraz przymocowany do konstrukcji za pomocą 2 uchwyty kablowych, których oś powinna się pokrywać z osią głowicy. Rozmieszczenie tych uchwytów należy zaprojektować zgodnie ze wskazówkami Producenta głowicy, uwzględniając typ i ewentualne wyposażenie dodatkowe 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 przypadku krótkich linii kablowych znajdujących się w całości na terenie stacji Zamawiający dopuszcza pominięcie przewodu ECC, pod warunkiem zapewnienia przepływu prądu zwarciovego przez inne przewidziane do tego elementy np. uziom kratowy stacji.

Obciążalność zwarciovego przewodu ECC nie powinna być mniejsza niż obciążalność zwarciovego kabla/kabli zastosowanych do budowy linii kablowej. Potrzeba zastosowania 2 przewodów ECC może wynikać z potrzeby większego obniżenia napięć na nieuziemionych końcach żył powrotnych kabli, prawidłowego doboru ograniczników przepięć żył powrotnych lub zapewnienia odpowiedniej obciążalności zwarciovego. Przy określaniu wytrzymałości zwarciovego przewodu/przewodów ECC jako stan początkowy w chwili wystąpienia zwarcia należy przyjąć nagrzanie żyły do temperatury występującej w miejscu ułożenia

przewodu/przewodów ECC przy założeniu, że temperatura żył roboczych linii kablowej wynosi 90°C. Temperaturę końcową żyły przewodu ECC należy przyjąć zgodnie z zaleceniami jego producenta.

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.

Przewód ECC powinien być wykonany jako przewód z izolacją zdolną do wytrzymania co najmniej takiego napięcia przemiennego, jakie jest spodziewane podczas zwarć 1-fazowych tj. napięcia uziomowego pojawiającego się na końcach linii. 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, dobranych zgodnie z wymaganiami zawartymi w Załączniku 2.

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. Crossbonding (CB)

Należy dążyć do stosowania jak najdłuższych odcinków w sekcjach crossbondingowych. 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 crossbondingowych np. z uwagi na warunki terenowe (a w skrajnych przypadkach konieczności stosowania crossbondingu 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). Stosowanie crossbondingu o współczynniku nieskompensowania równym lub wyższym od 0,25 wymaga uzasadnienia i zgody Zamawiającego.

6.5. Inne układy

W uzasadnionych przypadkach i za zgodą Zamawiającego dopuszcza się inne układy połączeń żył powrotnych (patrz Broszura Techniczna CIGRE TB 797) np. układy mieszane zawierające odcinek z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych i odcinek z sekcją crossbondingową, 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”.

7. Pas technologiczny linii kablowej

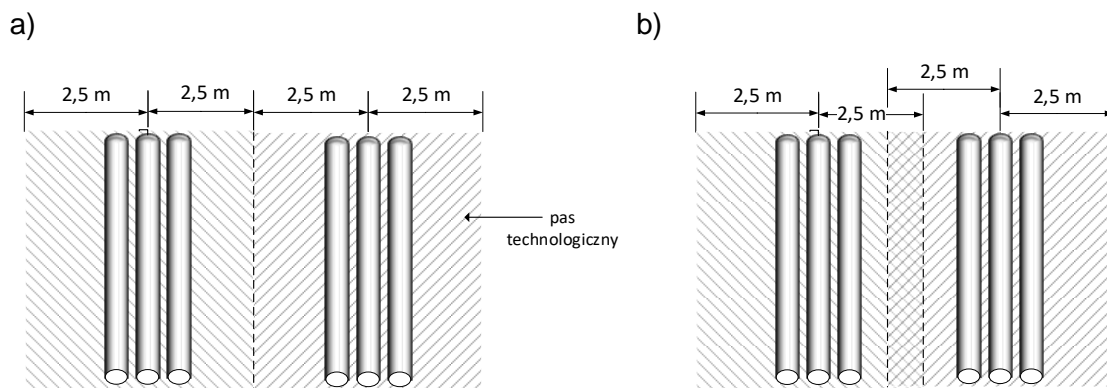
Pas technologiczny linii kablowej określa się poza obszarem stacji, m.in. w celu zapewnienia dostępu do linii kablowej w czasie jej eksploatacji. W pasie technologicznym nie powinno być innych obiektów infrastruktury, poza liniowymi obiektami krzyżowanymi przez linię kablową.

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 pasy obu torów linii mogą się częściowo pokrywać jak pokazano na rysunku 3, jeżeli odległość pomiędzy osiami torów jest mniejsza niż 5 m – w takim przypadku należy również zapewnić zachowanie odległości skrajnego kabla każdego toru linii od granicy pasa technologicznego nie mniejszej niż 2 m.

Szerokość pasa technologicznego może nie być jednakowa na całej długości trasy linii. Przy ustalaniu szerokości pasa technologicznego w określonych punktach trasy linii

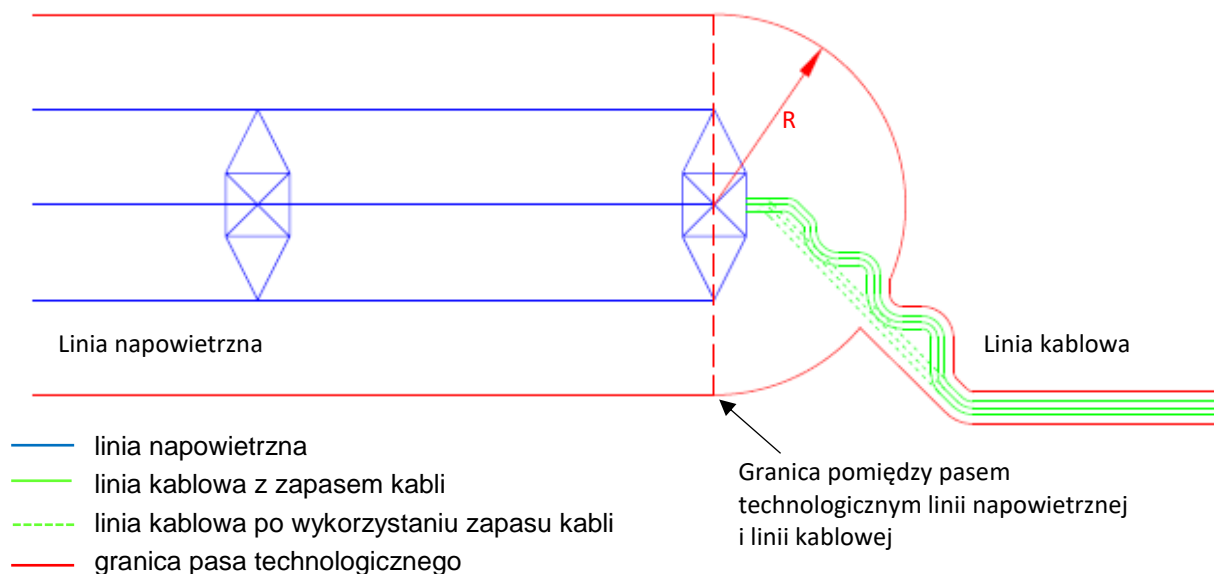
np. w miejscach usytuowania muf lub zapasów kabla należy kierować się zasadą zachowania odległości skrajnych elementów linii kablowej od granicy pasa technologicznego nie mniejszej niż 2 m. W przypadku, gdy został przewidziany запас kabli na końcach linii, pas technologiczny na końcach linii kablowej należy określić w taki sposób, aby powyższa zasada była również spełniona w przypadku lokalnej zmiany tras kabli przewidzianej w projekcie wykonawczym (o której mowa w p. 4.3) w przypadku potrzeby skorzystania ze zgromadzonego zapasu.

W uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować mniejszą szerokość pasa technologicznego w określonych miejscach trasy linii kablowej.



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

W przypadku nowych linii kablowych będącymi wstawkami w linię napowietrzną pas technologiczny linii kablowej na podejściu do słupa kablowego należy określać zgodnie z zasadą przedstawioną na rysunku 4.



Rysunek 4 Sposób określenia pasa technologicznego linii kablowej w pobliżu słupa kablowego; R jest równe połowie szerokości pasa technologicznego linii napowietrznej.

8. Oddziaływanie linii kablowej na środowisko

Linia kablowa znajdująca się poza terenem stacji elektroenergetycznej powinna spełniać wymagania określone w aktualnych przepisach dotyczących dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku.

Linia kablowa powinna być tak zaprojektowana, aby składowa magnetyczna pola elektromagnetycznego przy powierzchni terenu oraz przy słupie kablowym nie przekraczała wartości dopuszczalnej określonej w przepisach. Powyższe wymaganie powinno być spełnione przy przepływie przez linię kablową prądu równego dopuszczalnej długotrwałej obciążalności prądowej linii.

Na etapie projektowania linii spełnienie powyższego wymagania należy wykazać drogą obliczeniową. Projekt wykonawczy powinien zawierać wykresy rozkładu składowej magnetycznej w reprezentatywnych miejscach linii kablowej, w tym przy słupie kablowym. Jeżeli pomimo zastosowanych środków (np. ekranów, oddalenia zewnętrznej ściany osłony od kabli) wartość składowej magnetycznej przy słupie kablowym będzie przekraczała wartość dopuszczalną określoną w przepisach, dopuszcza się zastosowanie barier mechanicznych, uniemożliwiających osobom postronnym zbliżenie się do słupa kablowego na odległość, przy której jest przekroczona dopuszczalna wartość składowej magnetycznej. Zamawiający może również uzgodnić inny sposób zapobiegający przebywaniu osób postronnych przy słupie kablowym, gdzie mogą być potencjalnie narażone na oddziaływanie ponadnormatywnego pola magnetycznego.

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 oraz zgodne z projektowanym układem faz. 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 żył powrotnych w skrzynkach połączeniowych (jeżeli dotyczy).

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

- c) Pomiar rezystancji uziemienia skrzynek crossbondingowych i uziemiających.

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.

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.

h) Próba napięciowa izolacji głównej kabla wykonana napięciem przemiennym o wartości równej $1,7 \times U_0$ i częstotliwości od 20 Hz do 300 Hz w czasie 1 godziny, wraz z pomiarem wyładowań niezupełnych. W indywidualnych przypadkach, gdy zastosowanie ww. napięcia będzie niewykonalne (np. w przypadku dłuższej linii kablowej), Zamawiający dopuści zastosowanie mniejszej wartości napięcia wg Tablicy 12 kolumny 6 normy IEC 62067.

Pomiar wyładowań niezupełnych należy wykonać zgodnie z normami PN-EN 60270 oraz PN-EN 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. Zgodnie z rekomendacją zawartą w Broszurze Technicznej CIGRE TB 728, kryterium akceptacji wyników pomiaru dla nowych linii kablowych jest brak wykrycia wyładowań niezupełnych przy napięciu probierczym $1,5 U_0$ pochodzących od elementów linii kablowej.

W zależności od długości linii kablowej, liczby muf na jej trasie oraz otoczenia, w którym są zlokalizowane zakończenia linii kablowej Zamawiający może zrezygnować z wymagania wykonania pomiarów wyładowań niezupełnych lub wskazać w zamówieniu wymaganie dokonania pomiaru wyładowań niezupełnych inną metodą (np. metodą Distributed Measurement opisaną w Broszurze Technicznej CIGRE TB 728).

i) Pomiar współczynnika strat dielektrycznych izolacji głównej $\tan \delta$ przy napięciu U_0 po próbie napięciowej izolacji głównej kabla.

j) Sprawdzenie szczelności powłok zewnętrznych.

Sprawdzenie należy wykonać zgodnie z PN-EN 60229 napięciem stałym DC o wartości 10 kV w czasie 1 minuty. Napięcie należy przyłożyć pomiędzy żyłą powrotną kabla i

ziemię, przy odłączonych wszystkich ogranicznikach przepięć żył powrotnych, W przypadku zastosowania crossbondingu dopuszcza się wykonanie tego sprawdzenia przy projektowanym sposobie połączenia żył powrotnych w skrzynkach crossbondingowych. Sposób przygotowania skrzynek crossbondingowych i uziemiających do wykonania sprawdzenia szczelności powłok zewnętrznych powinien być opisany w Programie badań pomontażowych.

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

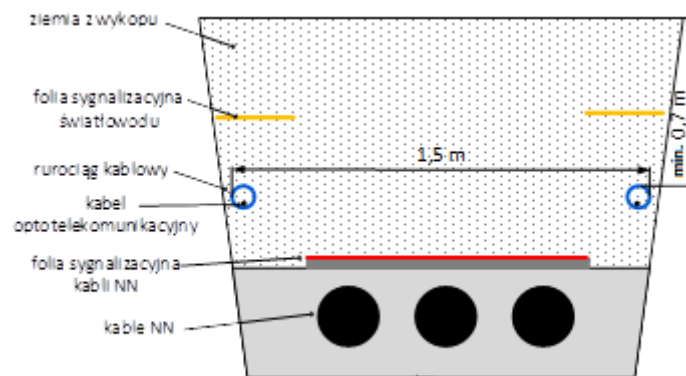
Kanalizację kabla światłowodowego należy wykonać w formie rurociągu kablowego, w którym umieszcza się ten kabel.

Kable światłowodowe powinny spełniać wymagania specyfikacji „Kable światłowodowe”. Do budowy linii światłowodowej należy stosować kable światłowodowe w jednym odcinku fabrykacyjnym przechodzące przez studzienki rozmieszczone zgodnie z długością fabrykacyjną odcinków rur osłonowych. Dopuszcza się łączenia odcinków kabli światłowodowych w mufie połączeniowej w studzienkach przy długich trasach.

Liczbę rurociągów kablowych układanych równolegle w jednym wykopie określa każdorazowo Zamawiający. Kanalizację kablową, co najmniej jedną, należy układać wzdłuż linii kablowej, w tym samym wykopie, nad linią kablową po zewnętrznej stronie wykopu (patrząc od osi toru). Należy układać minimum dwa, oddalone od siebie co najmniej o 1,5 m, rurociągi tworzące ciągi dla kabli światłowodowych, przy czym w uzasadnionych przypadkach Zamawiający może zaakceptować inne rozwiązanie.

Jako rurociąg kablowy należy stosować rury HDPE Ø 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 5.



Rysunek 5. Przykładowe ułożenie rurociągów kabli światłowodowych w wykopie.

Łączenia rur należy wykonywać za pomocą złączek rurowych o wymiarach dostosowanych do średnicy rur. Zaleca się stosowanie złączek 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 (zblieżeń, 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 minimum \varnothing 110 mm i grubości ścianek nie mniejszej od 3 mm, w której umieszcza się kanalizację wtórną HDPE minimum \varnothing 32mm o grubości ścianki minimum 2,9 mm stanowiącą osłonę kabli światłowodowych.

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

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 należy umieszczać w odległości odcinka fabrykacyjnego rury osłonowej HDPE tak, by złączka rury znajdowała się wewnątrz studzienki.

W miejscach odgałęzień światłowodów i miejscach łączeń kabli światłowodowych należy stosować studzienki o większych rozmiarach umożliwiającym montaż odpowiednich konstrukcji dla umieszczenia zapasów kabla o długości minimum 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. Osłony te powinny umożliwiać wielokrotny dostęp oraz być dostosowane do pojemności danego przekroju kabla światłowodowego. Osłona powinna posiadać dedykowany uchwyt do miejsca instalacji (słup kratowy, ściana studni kablowej).

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

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.

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 oraz ciągłości 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, 1550 nm oraz 1625 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 pomiary zgodnie ze specyfikacją „Badanie traktu światłowodowego”.

10.3. Wprowadzenie kabli światłowodowych na konstrukcje i słupy

Przed wciąganiem kabli światłowodowych na konstrukcje wsporcze kablowe lub na słup linii napowietrznych należy nałożyć dodatkowe 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).

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.

- 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 zwarciova (prąd zwarcia, czas trwania zwarcia), sposób ułożenia kabli, układ połączeń żył powrotnych, schemat podziału linii kablowej na odcinki cross-bondingowe (jeśli dotyczy), oznakowanie linii kablowej, oddziaływanie na środowisko, całkowita długość linii kablowej.
- 2) Zakres i wyniki badań gruntu wraz ze sposobem ustalenia rezystywności gruntu na potrzeby doboru kabli.
- 3) 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 zwarciova żyły roboczej oraz żyły powrotnej wraz z przyjętymi założeniami odnośnie temperatury początkowej oraz końcowej (dopuszcza się

- pominięcie tych obliczeń, jeśli wartości tych obciążalności są zawarte w Karcie Katalogowej Producenta kabla, łącznie z wartościami temperatury początkowej i temperatury końcowej przyjętymi do obliczeń),
- d) dobór ograniczników przepięć żyły roboczej kabla,
- e) dobór układu uziemienia żyły powrotnej:
- wartości napięć indukowanych w żyłach powrotnych,
 - w przypadku zastosowania crossbondingu – obliczenia długości elektrycznej (pozornej) poszczególnych odcinków sekcji wraz ze współczynnikiem nieskompensowania oraz jeśli dotyczy obliczenia prądów w żyłach powrotnych i wynikających stąd strat oraz zmniejszenia obciążalności prądowej linii,
 - dobór przekroju kabli wyprowadzających żyły powrotne z muf oraz kabli/przewodów uziemiających,
 - dobór przekroju i izolacji przewodu/przewodów ECC (jeśli dotyczy),
 - 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,
- g) dobór uchwytów kablowych.
- 4) Trasa linii na mapie topograficznej wraz (jeśli dotyczy) z podziałem na odcinki crossbondingowe.
- 5) Trasa linii na tle mapy zasadniczej sytuacyjno-wysokościowej z pomiarami do elementów istniejącej infrastruktury.
- 6) Dotyczy przypadku zapewnienia zapasu kabli na końcach linii kablowej: przedstawienie zmiany trasy poszczególnych kabli na podejściu do konstrukcji wsporczych głowic na stacji i/lub do słupa kablowego w przypadku konieczności wykorzystania zapasu na potrzeby wymiany uszkodzonej głowicy.
- 7) Sposób wykonania stanowisk muf kablowych ze skrzynkami połączeniowymi (crossbondingowymi/uziemiającymi) oraz układu uziemiającego.
- 8) Sposób oznakowania skrzynek (na obudowie i w środku).
- 9) Usytuowanie skrzynek połączeniowych i ewentualnie innych elementów w studzienkach.
- 10) Sposób wykonania stanowisk muf kablowych (jeśli dotyczy).
- 11) Przekroje poprzeczne ułożenia linii kablowej w wykopie, przepustach, kanale kablowym itd.
- 12) Sposób wykonania skrzyżowań z innymi obiektami/infrastrukturą: opis i przekroje poprzeczne ułożenia linii kablowej względem każdego z krzyżowanych obiektów.
- 13) Wprowadzenie linii do budynku oraz prowadzenie linii wewnątrz budynku (jeśli dotyczy).

- 14) 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.
- 15) Projekt wykonawczy słupa kablowego, jego fundamentów i uziemienia.
- 16) Projekt wykonawczy konstrukcji wsporczej (na stacji elektroenergetycznej) pod głowice wraz z fundamentami i połączeniami uziemiającymi.
- 17) Wprowadzenie linii na słup kablowy wraz ze szczegółowymi rysunkami przedstawiającymi odstępy izolacyjne, zabezpieczenie kabli, osłony ochronne, miejsca montażu głowic, ograniczników przepięć żyły głównej i liczników ich zadziałań, skrzynek uziemiających żył powrotnych oraz sposobu uziemienia kabla ECC itp.
- 18) 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.
- 19) Detale wykonania połączeń uziemiających elementów linii kablowej na słupie, konstrukcji wsporczej na stacji i na wejściu do GIS.
- 20) Zestawienie zawierające:
 - długości odcinków kabli z koniecznymi zapasami montażowymi (niezbędnymi do wykonania łączenia kabli, montażu głowic, wprowadzenia kabli na słup lub konstrukcję wsporczą na stacji itp.) oraz długości bez tych zapasów
 - przypisane do każdego odcinka kabla oznaczenie bębna kablowego.
- 21) Wykaz materiałów.
- 22) Karty katalogowe, dane gwarantowane, wyniki prób, badań i pomiarów określonych w Załączniku 1, instrukcje montażu osprzętu kablowego, wytyczne Producenta kabla co do sposobu jego układania.
- 23) Karty katalogowe i dane gwarantowane, o których mowa w Załączniku 2.
- 24) Część światłowodowa (jeśli dotyczy).

- 25) Wykaz współrzędnych geograficznych punktów charakterystycznych trasy kabla.
- 26) Sposób oznakowania bębnow kablowych i opakowań osprzętu.