

WYMAGANIA TECHNICZNE

Numer kodowy

PSE-TS.LKEM_HVAC.NN.PL/2022v1

TYTUŁ:

**LINIE EKSPORTOWE HVAC DO WYPROWADZENIA MOCY Z
MORSKICH FARM WIATROWYCH**

OPRACOWANO:

DEPARTAMENT STANDARDÓW TECHNICZNYCH

**ZATWIERDZONO
DO STOSOWANIA**

Data

Konstancin-Jeziorna, marzec 2022 r.

Spis treści

1.	WPROWADZENIE	5
2.	DOKUMENTY REFERENCYJNE	6
2.1	Definicje (terminologia) zastosowane w wymaganiach	9
2.2	Wykaz skrótów	9
3.	WYMAGANIA TECHNICZNE	11
3.1	Podstawowe założenia projektowe w zakresie eksportowych linii kablowych najwyższego napięcia prądu przemiennego	11
3.1.1	Obciążalność prądowa (prąd znamionowy) – metody wyznaczania prądu znamionowego poszczególnych linii kablowych w zależności od mocy farmy wiatrowej i liczby linii kablowych niezbędnych do przesłania mocy z farmy wiatrowej	11
3.1.2	Poziomy napięcie (znamionowego, i wytrzymywanego)	12
3.1.3	Warunki środowiskowe, w tym sposób ich określania, oraz zakres badań do wykonania (zarówno dla morskich, jak i lądowych części linii)	12
3.1.4	Metodologia doboru elementów linii kablowej do wymaganej obciążalności prądowej	16
3.1.5	Dobór elementów linii kablowej pod kątem wymaganej wytrzymałości zwarciowej	17
3.1.6	Wymagania dotyczące ochrony przeciwprzebiegowej linii kablowej	17
3.1.7	Projekt łączenia powłoki w linii kablowej z uwzględnieniem konieczności zastosowania kabla ECC oraz dobór ograniczników przepięciowych	18
3.1.8	Metody znakowania kabli	20
3.2	Układanie linii kablowych na odcinkach morskich i lądowych	21
3.2.1	Układanie odcinka morskiego	21
3.2.2	Układanie odcinka lądowego	25
3.2.3	Zabezpieczanie morskiej linii kablowej	29
3.2.4	Konfiguracje układania kabli, odległości między kablami jednej linii oraz między liniami kablami ułożonymi na morzu i lądzie, z uwzględnieniem oddzielnych kabli światłowodowych	31
3.2.5	Wytyczne dotyczące stosowania horyzontalnych przewiertów sterowanych (HDD) lub innych technologii bezwykopowych i ich wpływ na pracę kabla	32
3.2.6	Skrzyżowanie kabli z inną infrastrukturą	33
3.2.7	Metody oznaczania tras kablowych	37
3.2.8	Metody ograniczania oddziaływania na środowisko, pola elektromagnetycznego i innych oddziaływań linii	38
3.2.9	Ograniczenia w użytkowaniu terenów lądowych i morskich nad liniami kablami oraz w bezpośrednim sąsiedztwie tras kablowych	39

3.3	Wymagania techniczne dla eksportowego systemu kablowego.....	39
3.3.1	Morskie kable elektroenergetyczne	39
3.3.2	Morskie kable światłowodowe	42
3.3.3	Lądowe kable elektroenergetyczne	44
3.3.4	Lądowy kabel światłowodowy.....	45
3.3.5	Osprzęt do kabli morskich	46
3.3.6	Osprzęt do kabli lądowych.....	47
3.3.7	Złącza kabli światłowodowych.....	48
3.4	Badania.....	48
3.4.1	Badanie wyrobu na odcinkach fabrykacyjnych	48
3.4.2	Badania wyrobu w zakresie połączeń kablowych wykonanych w fabryce.....	49
3.4.3	Badanie wyrobu na dostarczanych odcinkach.....	49
3.4.4	Badania wyrobu w zakresie muf naprawczych	49
3.4.5	Próby na głowicach kablowych.....	49
3.4.6	Badania kontrolno-odbiorcze.....	49
3.4.7	Badania kontrolno-odbiorcze połączeń kablowych wykonanych w fabryce.....	51
3.4.8	Badania kontrolno-odbiorcze muf naprawczych i głowic kablowych	51
3.4.9	Badanie typu systemu kablowego	52
3.4.10	Badania prekwalfikacyjne	55
3.4.11	Badania elektryczne po ułożeniu i przekazaniu	55
3.4.12	Próba morska.....	57
3.4.13	Próba kabli światłowodowych.....	57
3.5	Konserwacja kabla morskiego i lądowego	58
3.5.1	Konserwacja lądowego systemu kablowego	59
3.5.2	Konserwacja odcinka morskiego	60
3.5.3	Badania konserwacyjne po naprawie linii kablowej (zakres badań, procedury badawcze, kryteria odbioru).....	61
3.5.4	Badania konserwacyjne po długich okresach odłączenia spod napięcia (zakres badań, procedury badawcze, kryteria odbiorowe, okres ważności próby).....	61
3.5.5	Wymagania dotyczące systemów monitorowania	61
3.6	Dane gwarantowane dotyczące kabli morskich i lądowych oraz osprzętu kablowego	62
3.6.1	Trzyżyłowy kabel morski NN	62
3.6.2	Morskie kable światłowodowe	65
3.6.3	Lądowy jednożyłowy kabel eksportowy	67
3.6.4	Lądowy kabel światłowodowy.....	68
3.6.5	Systemy monitorowania	69
3.7	Zapewnianie jakości.....	69

3.8	Dokumentacja techniczna linii kablowej – dokumenty do przedstawienia w projekcie wykonawczym oraz w dokumentacji powykonawczej	72
3.8.1	Projekt eksportowego systemu kablowego.....	73
3.8.2	Prowadzenie kabli	73
3.8.3	Układanie/montaż systemu kablowego.....	73
3.8.4	Eksploatacja i konserwacja systemu kablowego	74
3.8.5	Badanie systemów kablowych.....	74
3.8.6	System jakości	74
3.8.7	Dokumentacja powykonawcza	75
3.9	Zalecany okres i zakres gwarancji na wykonaną linię.....	75
3.10	Części zamienne.....	76
3.11	Ogólne wymagania dotyczące pakowania, transportu i przechowywania kabli i osprzętu.....	76
4.	BIBLIOGRAFIA	77

1. WPROWADZENIE

Dokument zawiera wymagania techniczne, jakie powinny spełniać wszystkie linie kablowe eksportowe prądu przemiennego o napięciu znamionowym 220 i 275 kV i częstotliwości 50 Hz, służące do przesyłu mocy z morskich farm wiatrowych. Zakres dokumentu obejmuje wszystkie typowe aspekty napotymane podczas podłączania morskich farm wiatrowych, tj. trasowanie linii, założenia projektowe i konstrukcyjne, produkcja elementów linii, montaż linii, próby, zapewnianie jakości i niezawodności, oddziaływanie na środowisko i środki zaradcze. Wymagania techniczne obejmują morskie i lądowe odcinki linii kablowej wraz ze sposobem ich łączenia. Zapisy dotyczą ogólnych wymagań technicznych, jakie muszą spełniać elementy eksportowej linii kablowej najwyższego napięcia prądu przemiennego: kable i osprzęt kablowy (główny i pomocniczy).

Wymagania przygotowano w oparciu o wytyczne zawarte w aktualnych normach IEC, broszurach CIGRE, dokumentacjach technicznych oraz wiedzę techniczną.

Eksportowy system kablowy składa się z kabla lądowego wraz z osprzętem oraz kabla morskiego wraz z mufami i głowicami kablowymi.

Zakres niniejszego dokumentu obejmuje morskie i lądowe odcinki eksportowego systemu kablowego. Ponieważ linia eksportowa na odcinku lądowym zbudowana jest z jednożyłowych kabli najwyższego napięcia prądu przemiennego stosowanych w sieciach przesyłowych, w stosownych przypadkach odniesiono się również do istniejących Specyfikacji Technicznych PSE S.A. tj.:

- Linie kablowe 220 kV i 400 kV,
- Linie kablowe 220 kV i 400 kV Załącznik 1 - Kable elektroenergetyczne i osprzęt kablowy 220 kV i 400 kV.

Wszystkie informacje zawarte w dokumencie odnoszą się do wymagań ogólnych. Specyficzne i szczególne wymagania należy dostosować do poszczególnych projektów inwestycyjnych. Takie wymagania można określić dopiero po przeprowadzeniu specjalnych badań i analiz dotyczących konkretnego projektu kabla eksportowego, zarówno pod względem technicznym, jak i środowiskowym (np. analiza dokumentacji, badanie i wybór trasy kablowej, wstępne badania geofizyczne i geotechniczne, oceny ryzyka związanego z zakopywaniem kabli i uzyskanie wszystkich niezbędnych zezwoleń).

2. DOKUMENTY REFERENCYJNE

- [1] Cigre TB 610 "Offshore generation cable connections (WG B1.40, 2015)" [Przyłącza kablowe morskich elektrowni wiatrowych]
- [2] Cigre TB 490 "Recommendations for Testing of Long AC Submarine Cables with Extruded Insulation for System Voltage above 30 (36) to 500 (550) kV" [Zalecenia dotyczące badania długich kabli morskich prądu przemiennego z izolacją wytłaczaną na napięcie instalacji powyżej 30 (36) do 500 (550) kV]
- [3] Cigre TB 623 "Recommendations for mechanical testing of submarine cables" [Zalecenia dotyczące badań mechanicznych kabli morskich]
- [4] Cigre TB 559 "Impact of EMF on current ratings and cable systems" [Wpływ pola elektromagnetycznego na parametry prądowe znamionowe i systemy kablowe]
- [5] Cigre TB 797 "Sheath bonding systems of AC transmission cables-design testing and maintenance" [Systemy łączenia powłok kabli przesyłowych prądu przemiennego – Konstrukcja i konserwacja]
- [6] Cigre TB 640 "A guide for rating calculations of insulated cables" [Przewodnik obliczeń wartości znamionowych kabli izolowanych]
- [7] Cigre TB 770 "Trenchless technologies" [Technologie bezwykopowe]
- [8] Cigre TB 714 "Long term performance of soil and backfill systems" [Długa żywotność instalacji podziemnych i zasypywanych]
- [9] DNVGL-RP-0360 "Subsea power cables in shallow water (Ed. March 2016)" [Morskie kable elektroenergetyczne w wodach płytkich (wyd. z marca 2016)]
- [10] IEC 60287 "Electric cables – Calculation of the current rating" [Kable elektryczne – Obliczanie znamionowych parametrów prądowych]
- [11] IEC 60840 "Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV) - Test methods and requirements" [Kable elektroenergetyczne z izolacją wytłaczaną i osprzętem na napięcia znamionowe powyżej 30 kV ($U_m = 36$ kV) do 150 kV ($U_m = 170$ kV) – Metody badań i wymagania]
- [12] IEC 62067 "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" [Kable elektroenergetyczne z izolacją wytłaczaną i osprzętem na napięcia znamionowe powyżej 150 kV ($U_m = 170$ kV) do 500 kV ($U_m = 550$ kV) – Metody badań i wymagania]
- [13] IEC 60228 "Conductors of insulated cables" [Żyły kabli izolowanych]
- [14] IEC 61443 Wyd. 1.0: Shortcircuit temperature limits of electric cables with rated voltages above 30 kV ($U_m = 36$ kV)) [Dopuszczalne temperatury na skutek zwarcia kabli elektroenergetycznych o napięciu znamionowym powyżej 30 kV ($U_m = 36$ kV)]
- [15] Zalecenia Międzynarodowego Komitetu Ochrony Kabli (ICPC – International Cable Protection Committee)
- [16] "Submarine Power Cables. Design, Installation, Repair, Environmental Aspects" Thomas Worzyk [Morskie kable elektroenergetyczne. Projektowanie, montaż, naprawa, aspekty środowiskowe]
- [17] "Offshore Electrical Cable Burial for Wind Farms: State of the Art, Standards and Guidance & Acceptable Burial Depths, Separation Distances and Sand Wave Effect" [Układanie morskich kabli elektrycznych pod dnem na potrzeby przyłączenia farm wiatrowych: Aktualny stan techniki, normy i wytyczne oraz dopuszczalne głębokości układania, pod dnem, odległość separacji i efekt fali piaskowej] – dokument przygotowany dla Bureau of Ocean Energy Management, Regulation & Enforcement – Department of the Interior, USA, listopad 2011 r.
- [18] Specyfikacja techniczna PSE „PSE-ST. Linie kablowe 220 kV i 400 kV”
- [19] Specyfikacja techniczna PSE „Linie kablowe 220 kV i 400 kV Załącznik 1 - Kable elektroenergetyczne i osprzęt kablowy 220 kV i 400 kV”.
- [20] IEEE P2862 - IEEE Draft Recommended Practice for Partial Discharge Measurements under AC Voltage with VHF/UHF Sensors during Routine Tests on Factory and Pre-moulded Joints of HVDC Extruded Cable Systems up to 800 kV [Projekt zalecanych praktyk w zakresie pomiarów wyładowań niepełnych pod napięciem przemiennym przy użyciu czujników VHF/UHF podczas fabrycznych badań wyrobu i wstępnie uformowanych]

- muf do systemów kablowych wysokiego napięcia prądu stałego do 800 kV z izolacją wytłaczaną]
- [21] IEC 61936-2 “Power installations exceeding 1 kV a.c. and 1,5 kV d.c. - Part 2: d.c.” [Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV i prądu stałego 1,5 kV – Część 2: Prąd stały]
 - [22] IEC 60230 IEC 230 “Impulse tests on cables and their accessories” [Badania udarowe kabli i ich osprzętu]
 - [23] IEC 60793-1-1 “Optical fibres - Part 1-1: Measurement methods and test procedures - General and guidance” [Światłowody -- Część 1-1: Metody pomiarów i procedury badań - - Postanowienia ogólne i przewodnik]
 - [24] IEC 60793-2 “Optical fibres - Part 2: Product specifications – General” [Światłowody -- Część 2: Specyfikacja wyrobu -- Postanowienia ogólne]
 - [25] IEC 60794-1-1 “Optical fibre cables - Part 1-1: Generic specification – General” [Kable światłowodowe -- Część 1-1: Wymagania wspólne - Postanowienia ogólne]
 - [26] IEC 60794-1-2 “Optical fibre cables - Part 1-2: Generic specification - Basic optical cable test procedures - General guidance” [Kable światłowodowe -- Część 1-2: Specyfikacja ogólna -- Podstawowe procedury badań kabli światłowodowych -- Wytyczne ogólne]
 - [27] ITU-T G.652 “Characteristics of a single-mode optical fibre and cable” [Charakterystyka światłowodu i kabla jednomodowego]
 - [28] ITU-T G.650.1 “Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable” [Definicje i metody badań w zakresie liniowych, deterministycznych atrybutów światłowodu i kabla jednomodowego]
 - [29] ITU-T G.650.2 “Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable” [Definicje i metody badań statystycznych i nieliniowych powiązanych atrybutów światłowodu i kabla jednomodowego]
 - [30] ITU-T G.650.3 “Test methods for installed single-mode optical fibre cable links” [Metody badań zamontowanych jednomodowych łączy światłowodowych]
 - [31] ITU-T G.976 “Test methods applicable to optical fibre submarine cable systems” [Metody badań stosowane w morskich światłowodowych systemach kablowych]
 - [32] ITU-T G.978 “Characteristics of optical fibre submarine cables” [Charakterystyka morskich kabli światłowodowych]
 - [33] HD 632 “Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages above 36 kV ($U_m = 42$ kV) up to 150 kV ($U_m = 170$ kV)” [Kable elektroenergetyczne z izolacją wytłaczaną i osprzętem na napięcia znamionowe powyżej 36 kV ($U_m = 42$ kV) do 150 kV ($U_m = 170$ kV)]
 - [34] EN 50307-2002 “Lead and lead alloys - Lead and lead alloy sheaths and sleeves of electric cables” [Ołów i stopy ołowiu -- Powłoki i mufy do kabli elektroenergetycznych wykonane z ołowiu lub stopów ołowiu]
 - [35] Cigre TB 403 “Cable systems in multi purposes or shared structures” [Systemy kablowe w konstrukcjach wielofunkcyjnych lub wspólnych]
 - [36] Cigre TB 446 “Advanced design of metal laminated coverings: recommendations for tests, guide to use, operational feedback” [Zaawansowana konstrukcja metalowych pokryć laminowanych: Zalecenia dotyczące badań, wytyczne w zakresie użytkowania, informacje dotyczące eksploatacji]
 - [37] DIN EN 60332-1-2 “Tests on electric and fiber cables under fire conditions” [Badania palności kabli elektroenergetycznych oraz światłowodowych]
 - [38] IEC 60228 “Conductors of insulated cables” [Żyły kabli izolowanych]
 - [39] IEC 60229 “Tests on extruded oversheaths with a special protective function” [Kable elektryczne -- Badania wytłaczanych osłon zewnętrznych o szczególnych funkcjach ochronnych]
 - [40] IEC 60587:2007 “Electrical insulating materials used under severe ambient conditions - Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion” [Materiały elektroizolacyjne stosowane w trudnych warunkach otoczenia – Metody badań do oceny odporności na tworzenie ścieżek przewodzących i erozję]
 - [41] IEC 61462:2007 “Composite hollow insulators - Pressurized and unpressurized insulators for use in electrical equipment with rated voltage greater than 1 000 V” [Kompozytowe

- izolatory osłonowe – Izolatory ciśnieniowe i bezciśnieniowe do urządzeń elektrycznych na znamionowe napięcie powyżej 1000 V]
- [42] IEC 62217:2012 “Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use - General definitions, test methods and acceptance criteria” [Wnętrzowe i napowietrzne izolatory polimerowe na znamionowe napięcie powyżej 1 000 V -- Ogólne definicje, metody badań i kryteria oceny wyników]
- [43] IEC 62271-209:2019 “High-voltage switchgear and controlgear - Part 209: Cable connections for gas-insulated metal-enclosed switchgear for rated voltages above 52 kV - Fluid-filled and extruded insulation cables - Fluid-filled and dry-type cable-terminations” [Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza -- Część 209: Przyłącza kablowe do rozdzielnic z izolacją gazową w osłonach metalowych na napięcia znamionowe powyżej 52 kV -- Kable o izolacji olejowej, gazowej oraz wytłaczanej -- Głowice kablowe olejowe, gazowe i suche]
- [44] IEC 60949 “Calculation of thermally permissible short-circuit currents, taking into account non-adiabatic heating effects” [Obliczenia prądów zwarciovych dopuszczalnych pod względem termicznym, z uwzględnieniem zjawisk cieplnych nieadiabaticznych]
- [45] IEC 60853 “Calculation of the cyclic and emergency current rating of cables” [Obliczanie obciążalności prądowej kabli dla obciążenia cyklicznego lub dla stanów awaryjnych]
- [46] IEC 63026 “Submarine power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 60 kV ($U_m = 72,5$ kV) - Test methods and requirements” [Morskie kable elektroenergetyczne z izolacją wytłaczaną i osprzętem na napięcia znamionowe od 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) do 60 kV ($U_m = 72,5$ kV) – Metody badań i wymagania]
- [47] Cigre TB 825 “Maintenance of HV Cable Systems” [Konserwacja systemów kablowych WN]
- [48] CEI 11-17 “Generation, transmission and public distribution systems of electric power - Cable lines” [Wytwarzanie, przesył i publiczne sieci dystrybucji energii elektrycznej – Linie kablowe]
- [49] IEC 60071 “Insulation Co-ordination” [Koordynacja izolacji]
- [50] JICABLE B2.1 2015 “AC Transmission Systems for Large and Remote Offshore Wind Farms” [Systemy przesyłowe prądu przemiennego do dużych i oddalonych morskich farm wiatrowych]
- [51] Cigre Electra n. 47 “The design of specially bonded cable circuits (Part II)” [Projektowanie specjalnie połączonych obwodów kablowych (Część II)]
- [52] Cigre n. 95 “Guide on the influence of high voltage AC power systems on metallic pipelines” (1995) [Wpływ instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego wysokiego napięcia na rurociągi metalowe]
- [53] EN 50443 “Effects of electromagnetic interference on pipelines caused by high voltage a.c. electric traction systems and/or high voltage a.c. power supply systems” [Skutki zakłóceń elektromagnetycznych w rurociągach wywoływane oddziaływaniem wysokonapięciowych systemów kolejowej trakcji elektrycznej prądu przemiennego i/lub wysokonapięciowych systemów zasilania prądu przemiennego]
- [54] Cigre TB 728 “On-site partial discharge assessment of HV and EHV cable systems” [Ocena wyładowań niezupełnych na miejscu systemów kablowych WN i NN]
- [55] Carbon Trust - Cable Burial Risk Assessment Methodology - Guidance for the Preparation of Cable Burial Depth of Lowering Specification [Carbon Trust – Metodologia oceny ryzyka związanego z zakopywaniem kabli – Wytyczne w zakresie przygotowywania specyfikacji obniżania głębokości układania kabli] CTC835, luty 2015
- [56] Cigre TB 556 “Power System Technical Performance Issues Related to the Application of Long HVAC Cables” [Problemy z parametrami technicznymi instalacji elektroenergetycznej związane z zastosowaniem długich kabli wysokiego napięcia prądu przemiennego]
- [57] IEC 60099-4 “Surge Arresters: Part 4: Metal Oxide surge arresters without gaps for AC systems [Ograniczniki przepięć -- Część 4: Beziskiernikowe ograniczniki przepięć z tlenków metali do sieci prądu przemiennego]

- [58] Cigre Electra n. 128 "Guide to the protection of specially bonded cable systems against sheath overvoltages" [Ochrona specjalnie łączonych systemów kablowych przed przepięciami w powłoce]
- [59] DNVGL-ST-0359 "Subsea power cables for wind power plants" [Morskie kable energetyczne do elektrowni wiatrowych]
- [60] Cigre TB 801 "Guidelines for safe work on cable systems under induced voltages or currents" [Wytyczne dotyczące bezpiecznej pracy w systemach kablowych pod napięciem lub prądem indukowanym]
- [61] Cigre TB 194 "Construction, laying and installation techniques for extruded and self contained fluid filled cable systems" [Techniki budowy, układania i montażu kabli w izolacji wytłaczanej i systemów kablowych z kablami ciśnieniowymi w powłoce metalowej]
- [62] Cigre TB 483 "Guidelines for the Design and Construction of AC Offshore Substations for Wind Power Plants" [Wytyczne dotyczące projektowania i budowy morskich stacji elektroenergetycznej prądu przemiennego do elektrowni wiatrowych]
- [63] Cigre Electra n. 171 "Recommendations for mechanical test on submarine cables" [Zalecenia dotyczące badań mechanicznych kabli morskich]

W razie niezgodności między specyfikacją techniczną a jednym z dokumentów odniesienia lub norm wymienionych powyżej obowiązuje Kontraktowa specyfikacja projektowa.

2.1 Definicje (terminologia) zastosowane w wymaganiach

- Eksportowa linia kablowa: kompletna linia kablowa, w tym odcinki morskie i lądowe
- Realizujący/Właściciel/Operator: Organizacja odpowiedzialna za realizację, własność lub eksploatację całości lub części elektrowni wiatrowej. W niektórych przypadkach może to być ta sama organizacja, która pełni wszystkie trzy funkcje, podczas gdy w innych okolicznościach mogą to być trzy oddzielne organizacje [62].
- Wykonawca: podmiot, któremu przyznano określony Kontrakt. Liczba i zakres kontraktów na kable eksportowe (tj. projektowanie, zaopatrzenie, budowa...) zależą od strategii Realizującego/Właściciela.
- Producent: Producent eksportowego systemu kablowego
- Długość wytłaczania: długość żyły kabla z izolacją i warstwami półprzewodzącymi wytłaczanymi w sposób ciągły w tej samej nieprzerwanej czynności wytłaczania
- Odcinek fabrykacyjny: cała długość wytłaczana (lub jej części, jeśli są cięte), na której zastosowano elementy konstrukcyjne (poza zewnętrzną warstwą półprzewodzącą)
- Długość dostawy: kompletna długość kabla, zwykle na bębnie, w zwoju lub na stole obrotowym
- Połączenie kablowe wykonane w fabryce: połączenie między długościami wytłaczanymi/odcinkami fabrykacyjnymi, które jest produkowane w kontrolowanych warunkach fabrycznych

2.2 Wykaz skrótów

Skrót	Definicja
AIS	System automatycznej identyfikacji
A&R	Opuszczanie i wydobywanie
CB	Krzyżowanie ekranów
Cigre	Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques
CLB	Barka do układania kabli
CLV	Statek do układania kabli
DC	Prąd stały
DP	Pozycjonowanie dynamiczne
DTS	Studium trasy kabla albo rozproszone czujniki temperatury, w zależności od kontekstu
EBA	Kopolimer akrylanu etylenu i butylu
ECC	Przewód ciągłości uziemienia
NN/EHV	Najwyższe Napięcie
EMF	Pole elektromagnetyczne

EPC	Generalne wykonawstwo/Projektowanie, dostawa i budowa
FAT	Fabryczny Test Odbiorowy
FO	Światłowód
GIS	Rozdzielnica GIS
GPS	Globalny system pozycjonowania
HDD	Horyzontalny przewiert sterowany
HDPE	Polietylen wysokiej gęstości
WN	Wysokie napięcie
HVAC	Prąd przemienny wysokiego napięcia
HVDC	Prąd stały wysokiego napięcia
ICPC	Międzynarodowy Komitet Ochrony Kabli
IEC	Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna
IEEE	Instytut Inżynierów Elektryków i Elektroników
PKiB	Plany kontroli i badań
LTMA	Długoterminowa umowa serwisowa
LWP	Wzdłużna penetracja wody
MBES	Echosonda wielowiązkowa
MBR	Minimalny promień gięcia
MBES	Echosonda wielowiązkowa
MPA	Morski obszar chroniony
SN	Średnie napięcie
OSS	Morska stacja elektroenergetyczna
OTDR	Metoda reflektometrii optycznej w dziedzinie czasu
MFW/OWF	Morska farma wiatrowa
PD	Wyładowania niezupełne
PE	Polietylen
PLB	Zakopywanie po ułożeniu
PPY	Przędza polipropylenowa
PQ	Prekwalifikacja
PKJ/QCP	Plan kontroli jakości
ROV	Pojazd zdalnie sterowany
RWP	Promieniowa penetracja wody
SAT	Badania pomontażowe/ Test odbiorowy na terenie budowy
SB	Obustronne uziemienie żył powrotnych
SBP	Profil dna
SLB	Jednoczesne układanie i zakopywanie
SM	Morski/Podmorski
SPB	Jednostronne uziemienie żył powrotnych
SSS	Sonar boczny
SVL	Ogranicznik przepięć do ochrony powłoki kabla
TB	Broszura techniczna
TDM	Monitorowanie układania na dnie (punktu zetknięcia się kabla z dnem)
TDR	Metoda reflektometrii optycznej w dziedzinie czasu dla kabli miedzianych
ST	Specyfikacje techniczne
UXO	Niewybuchy
XLPE	Polietylen usieciowany

3. WYMAGANIA TECHNICZNE

W punktach poniżej przedstawiono wymagania techniczne dotyczące różnych aspektów związanych z eksportową linią kablową.

3.1 Podstawowe założenia projektowe w zakresie eksportowych linii kablowych najwyższego napięcia prądu przemiennego

3.1.1 Obciążalność prądowa (prąd znamionowy) – metody wyznaczania prądu znamionowego poszczególnych linii kablowych w zależności od mocy farmy wiatrowej i liczby linii kablowych niezbędnych do przesłania mocy z farmy wiatrowej.

Projekt systemu kablowego powinien opierać się na dokładnej i szczegółowej analizie aspektów uwzględniających odpowiednie krajowe i międzynarodowe normy i przepisy. Dobór parametrów technicznych kablowej linii eksportowej poprzedza się wykonaniem szczegółowych analiz i badań dotyczących wieloletnich rozkładów warunków wiatrowych i przewidywanych najbardziej niekorzystnych scenariuszy obciążenia, a także badań geotechnicznych gruntu wzdłuż trasy kablowej linii eksportowej, w szczególności w celu określenia rezystancji cieplnej gruntu przyjmowanej do obliczeń dopuszczalnej obciążalności żyły roboczej kabla. Parametry kablowej linii eksportowej wyznacza się z uwzględnieniem przesyłu mocy w stanie normalnym (N-0) na poziomie 100% mocy przyłączeniowej morskiej farmy wiatrowej oraz wartości prądu zwarcia 1-fazowego i 3-fazowego, dla czasu trwania zwarcia wynoszącego co najmniej 0,6 s, nie mniejszego jednak niż wynikający z analiz zwarciovych. Przy wyznaczaniu przekroju poprzecznego żyły roboczej kabla powinien opierać się na założeniu, że maksymalna temperatura żyły roboczej nie będzie wyższa niż 90°C (z wyjątkiem zwarć, dla których maksymalna temperatura żyły roboczej nie może przekroczyć 250°C).

Obciążalność prądową kabli należy oceniać zarówno w warunkach letnich, jak i zimowych zgodnie z określonymi warunkami środowiskowymi projektu, takimi jak temperatura otoczenia i gruntu, oraz na różnych odcinkach eksportowej linii kablowej, obejmujących odcinek lądowy, odcinek wyjścia na ląd, obszar przybrzeżny i morski. W przypadku każdego odcinka należy wziąć pod uwagę odpowiednie parametry środowiskowe wynikające ze szczegółowych analiz i badań. Cigre TB 640 [6] zawiera zalecenia dotyczące określania takich parametrów i może służyć jako źródło wytycznych w tym zakresie. Patrz także punkt 4.4.1.4 – Rysunek 4-2 b w [9]. Na etapie projektowania systemu kablowego Wykonawca zweryfikuje, czy kryterium obciążalności prądowej kabla jest spełnione w odniesieniu do każdego konkretnego warunku układania kabla wzdłuż końcowej trasy, biorąc pod uwagę wszystkie ostateczne szczegóły projektowe i trudności (rura w kształcie litery J (J-tube), wyjście na ląd, inne źródła ciepła itp.). W przypadku gdy jeden kabel nie wystarcza do przesyłu całego prądu linii eksportowej, należy zastosować dwa lub więcej kabli połączonych równolegle. Kable połączone równolegle do tej samej morskiej stacji elektroenergetycznej powinny mieć ten sam rozmiar, długość i typ. Stosowanie równoległych kabli o różnych właściwościach (np. o różnych przekrojach poprzecznych żył) jest niedozwolone: aby uzyskać równy podział całkowitego prądu linii kablowej, unikając nierównomiernie obciążonych kabli, należy stosować kable o takiej samej impedancji składowej zgodnej.

Kable morskie powinny być tego samego typu (trójżyłowe o takiej samej budowie). Równoległe, jednożyłowe linie kabli lądowych powinny być układane tak samo (np. wszystkie linie powinny mieć układ trójkątny lub płaski).

Gdy łącze ma więcej kabli ułożonych równolegle, do oceny mocy możliwej do przesłania w razie awarii należy również obliczyć poziom przeciążenia i czas jego trwania (zgodnie z IEC 60853 [45]) w odniesieniu do wszystkich różnych stref termicznych (np. począwszy od początkowego ciągłego obciążenia wynoszącego 50 do 90% obciążenia) bez przekraczania maksymalnej temperatury żyły kabla na poziomie 90°C.

3.1.2 Poziomy napięcie (znamionowego, i wytrzymawanego)

System kablowy należy zaprojektować na następujący poziom napięcia instalacji 50 Hz: $U_0/U (U_{max}) = 127/220 (245)$ kV i wytrzymawaną wartość napięcia udaru piorunowego na poziomie 1050 kV (odniesienie do IEC 60071 [49] w przypadku wszystkich urządzeń i IEC 62067 specjalnie dla kabli zasilających NN).

Jako alternatywa dopuszczalny może być również następujący poziom napięcia w instalacji: $U_0/U (U_{max}) = 160/275 (300)$ kV z wytrzymawaną wartością napięcia udaru piorunowego na poziomie 1050 kV i wytrzymawaną wartością napięcia udaru łączeniowego 850 kV, pod warunkiem że Producent jest w stanie wykazać prekwalfikowany kompletny system kablowy, w tym połączenie kablowe wykonane w fabryce i cały osprzęt.

3.1.3 Warunki środowiskowe, w tym sposób ich określania, oraz zakres badań do wykonania (zarówno dla morskich, jak i lądowych części linii)

Warunki środowiskowe dotyczące lądowych i morskich części połączenia są początkowo określane na podstawie Desk Top Study (DTS). Na podstawie tej analizy określa się występowanie wszelkich problemów, które mogłyby wpłynąć na zachowanie kabla podczas układania i eksploatacji.

W dokumencie ICPC nr 9 „Minimum technical requirement for a Desk Top Study [Minimalne wymagania techniczne analizy dokumentacji] (zwanej również analizą trasy kablowej)” określa się główne wymagania dotyczące wykonania DTS [15] na potrzeby połączenia morskiego. Zgodnie z tym „przewodnikiem”, aspekty, które należy poddać analizie, to „Wybór trasy i wyjścia na ląd”, „czynniki geologiczne”, „klimatyczne”, „sejsmiczne”, „oceanograficzne”, „związane z eksploatacją komercyjną, obszarami o ograniczonym dostępie i przeszkodami”, „czynniki biologiczne” i „czynniki regulacyjne”. Każdy z tych głównych punktów wymaga zgłębienia kilku aspektów. Należy również przeprowadzić wizje lokalne w punktach wyjścia na ląd (w tym we wszystkich możliwych alternatywnych punktach wyjścia na ląd). Wynik analizy DTS powinien składać się z szeregu zaleceń dotyczących oceny potencjalnych tras kablowych, minimalizujących ryzyko dla kabla, takich jak m.in. z: wymagań dotyczących zakopywania, metodologii podejścia do punktu wyjścia na ląd, przecinania się z instalacjami zewnętrznymi wykonywanymi zgodnie z odpowiednimi procedurami, przy uwzględnieniu przyszłej konserwacji kabla i ze wskazaniem na propozycje dotyczące przyszłych czynności pomiarowych.

Analiza DTS zostanie przeprowadzona na początkowym etapie projektu, ponieważ jej ustalenia, oprócz przyszłego przebiegu, mają bezpośredni wpływ na projekt eksportowego systemu kablowego. Ponadto zgromadzenie dostępnych informacji uzyskanych za pośrednictwem analizy DTS pomoże ukierunkować wstępne badanie na morzu wzdłuż pierwszej wstępnej trasy i będzie stanowił dane wejściowe do specyfikacji technicznych do przetargów na projekty kabli eksportowych.

Do typowych parametrów środowiskowych, które należy zastosować przy projektowaniu systemu kablowego, zalicza się:

- maksymalną i minimalną temperaturę (powietrza, gruntu, wody) zimą i latem. W przypadku temperatury wody należy wziąć pod uwagę przewidywaną głębokość układania,
- rezystancję cieplną (gruntu i osadów),
- poziom zanieczyszczeń (dla obszaru stacji elektroenergetycznej),
- wiatr i warunki sejsmiczne (dla uszczelnienia kabli i konstrukcji mechanicznej).

Dane meteorologiczne i oceanograficzne są również potrzebne głównie do układania na odcinku morskim i projektowania mechanicznego kabli morskich. Dane te dotyczą określonych lokalizacji i odnoszą się do następujących czynników:

- wiatr (prędkość i kierunek),
- fala (wysokość, okres i kierunek fali),
- prądy (pływowe, szczytkowe),
- poziom wody (podnoszenie z pływami, kołysanie postępowe),
- dynamika dna morskiego/osadów.

Należy przeprowadzić kontrolę wzrokową dna morskiego i siedlisk (pojazd ROV lub nagranie wykonywane przez nurków).

Biorąc pod uwagę wyniki analizy DTS, Właściciel przed przystąpieniem do przetargu ma przeprowadzić wstępne badania terenu (preliminary site surveys) w celu zidentyfikowania wszystkich niezbędnych informacji dotyczących korytarza trasy kabla eksportowego. Wyniki badania zostaną wykorzystane do określenia przebiegu kabli morskich, obszarów wyjścia na ląd i odpowiedniej metodologii, położenia muf przejściowych (morze-ląd) z wykonalnymi technikami realizacji, wskazań do przyszłych szczegółowych pomiarów morskich itp.

Przy projektowaniu termicznym kabla lądowego ważna jest znajomość wartości rezystancji cieplnej gruntu. Nawet jeśli w większości przypadków wartości odniesienia dla rezystancji cieplnej i temperatury gruntu można znaleźć w normie IEC 60287-3-1, rzeczywiste wartości (z dodatkową zawartością wilgoci) określonego obszaru projektowego (w tym obszarze wyjścia na ląd) są bardziej odpowiednie, ponieważ uwzględniają rzeczywiste właściwości gruntu. Metodologię pomiaru charakterystyki cieplnej gruntu ma zaproponować Wykonawca, a zatwierdza ją Właściciel. Zastosowanie zasypki o dobrze znanych właściwościach termicznych w wystarczającej ilości może skompensować niepewność dotyczącą właściwości gruntu rodzimego [8].

Przy określaniu trasy lądowego odcinka linii eksportowej należy wziąć pod uwagę następujące aspekty:

- istniejące instalacje (drogi, rurociągi, kable elektroenergetyczne, linie napowietrzne, linie TLC itp.),
- obecność drzew, obszarów uprawnych, obszarów o ograniczonym dostępie/chronionych,
- obecność źródeł ciepła (rury grzewcze),
- temperaturę gruntu i rezystywność/oporność cieplną właściwą,
- pozycje stanowiska na mufę przejściową pomiędzy częścią morską a lądową i możliwe rozwiązania alternatywne,

przy czym do określania trasy odcinka morskiego pod uwagę należy wziąć przynajmniej następujące aspekty (bardziej szczegółowy opis [9] znajduje się w punkcie 3.3.4.1):

- ryzyko związane z wpływem żeglugi (kanały żeglugowe, miejsca kotwiczenia itp.),
- działalność handlowa i badawcza (rybołówstwo, poszukiwanie ropy i gazu itp.),
- obszary chronione (obszary o przydzielonych kategoriach środowiskowych itp.),
- obszary o ograniczonym dostępie (wojskowe, obszary skażone itp.),
- obecność dużych przeszkód (pola głazów, wraki itp.),
- systemy obrony wybrzeża.

Położenie każdego przejścia (skrzyżowania) morskiego z istniejącymi instalacjami (takimi jak kable światłowodowe, rurociągi itp.) należy potwierdzić na podstawie ustalonych danych dostarczonych przez Właściciela instalacji. W tym celu należy przy użyciu pojazdu ROV wykonać nagranie odpowiedniego obszaru. W przypadku gdy przecinająca trasę instalacja nie jest widoczna, należy zastosować odpowiedni system śledzenia. Potrzeba takiej analizy powinna być zrównoważona kosztem mobilizacji i użytkowania zdalnie sterowanego pojazdu ROV.

Trasa morskiego kabla eksportowego musi być zgodna z planem zagospodarowania obszaru morskiego. Wyznaczanie trasy należy przeprowadzić tak, aby zminimalizować długości kabli, liczby punktów przecinania się instalacji i ryzyka zewnętrznych uszkodzeń kabli wynikających z zagrożeń antropogenicznych (np. żegluga, rybołówstwa itp.) lub naturalnych, aby zachować odpowiednią bezpieczną odległość między kablami (w przypadku równoległych kabli/instalacji) oraz unikać dna morskiego o stromych zboczach lub obszarach narażonych na erozję lub ruchliwość dna morskiego oraz minimalizować wpływ na obszary chronione środowiskowo. Szerokość korytarza pomiarowego ma umożliwiać przyszłe odchylenia od trasy wstępnej, w zależności od głębokości wody, profilu dna morskiego i elastyczności zmiany trasy. Szerokość korytarza pomiarowego należy ustalić dla każdego konkretnego projektu, biorąc pod uwagę lokalne wymagania obszaru projektu i liczbę równoległych kabli do ułożenia.

Poniżej przedstawiono wymagania techniczne dotyczące wstępnych badań morskich.

Badanie geofizyczne

Ma ono na celu ustalenie dokładnej batymetrii, ogólnej morfologii dna morskiego oraz mapowanie jego istotnych cech. Ponadto zostanie wykonany płytki pomiar geologiczny profilu dna na obszarze proponowanej trasy.

Podczas operacji pomiarowych, które mają być prowadzone przy użyciu jednego lub kilku statków, prędkość powinna być ograniczona, aby poprawić jakość pozyskiwanych danych. W odniesieniu do (głównej) trasy określonej podczas DTS. Szerokość korytarza pomiarowego należy ustalić dla każdego konkretnego projektu, biorąc pod uwagę lokalne wymagania obszaru projektu i liczbę równoległych kabli do ułożenia.

Badanie przeprowadza się również wzdłuż równoległych linii („skrzydeł”). W celu uzyskania danych batymetrycznych (za pomocą echosondy wielowiązkowej) należy zaplanować linie z osią prostopadłą do linii głównych, umożliwiając kalibrację równoległych linii. Badanie przy użyciu sonaru bocznego (SSS) należy przeprowadzić na wszystkich równoległych liniach w odpowiednich odstępach, tak by pokryć pełny obszar badania. Plany linii i ustawienia urządzeń należy zaprojektować w taki sposób, aby w badaniu ująć odpowiednio określone dane jakościowe do wstępnego planowania tras. Na tych samych liniach należy przeprowadzić również badanie profilu dna (SBP).

Wykonawca przeprowadzający badanie powinien wykazać wcześniejsze doświadczenie w podobnych pracach oraz zastosowanie odpowiedniego sprzętu (przetestowanego i skalibrowanego przed użyciem). Statki do badania (na płytkich i głębokich wodach, z wyjątkiem statku/pojazdu do wód odległych) powinny być poddane przeglądowi w celu zweryfikowania ich zdolności do przeprowadzenia badania: przedstawiciel Właściciela powinien znajdować się na pokładzie podczas badania, ewentualnie przedstawicielowi Właściciela na lądzie należy udostępnić wystarczającą ilość danych, aby umożliwić weryfikację jakości pozyskiwanych danych.

Poniżej przedstawiono główne cechy urządzeń, które mają być użyte. W każdym przypadku wykaz proponowanych urządzeń należy przedłożyć Właścicielowi do zatwierdzenia.

Należy przekazać batymetrię, nachylenie dna morskiego i istotne szczątki dna morskiego.

- MBES (echosonda wielowiązkowa) ma mieć opcję kompensacji w celu uwzględnienia ruchów statku. Nawet jeśli dostępne mogą być mapy morskie, ze względu na możliwy do osiągnięcia wyższy poziom dokładności obowiązkowe jest korzystanie z nowoczesnych urządzeń. Rozdzielczość cyfrowego modelu terenu powinna mieścić się w zakresie 0,5 x 0,5 m.

Geologia, morfologia i przeszkody

- Dwukanałowy cyfrowy rejestrator SSS do analizy przeszkód na dnie morskim. Należy zagwarantować rozdzielczość SSS umożliwiającą rozpoznawanie obiektów o wymiarach 0,5÷1,0 m. Dane z SSS muszą być dokładnie przypisane do lokalizacji. Dane SSS będą poddawane weryfikacji w czasie rzeczywistym w celu oznaczenia z minimalnym opóźnieniem wszelkich poważnych ograniczeń w trasowaniu kabli.

Płytką geologia dna morskiego

- Analizę profilu dna (SBP) należy przeprowadzić w celu określenia przewidywanej głębokości zakopywania kabli. W zależności od konkretnego projektu głębokość penetracji może wynosić do 5÷10 m. Aby spełnić wymóg dotyczący tej docelowej głębokości w przewidywanych warunkach gruntowych, należy wybrać odpowiednie urządzenia. Wybór systemu do zastosowania powinien być uzasadniony przez Wykonawcę badania.
- Obiekty ferromagnetyczne, takie jak ewentualne niewybuchy, obiekty archeologiczne, rurociągi, kotwice, skały wulkaniczne i przeszkody, można rozpoznać za pomocą magnetometru. Dokładność analizy zależy również od zakresu badania wstępnego i wyników DTS.
- Badanie niewybuchów (UXO) powinno odbywać się indywidualnie dla konkretnego przedsięwzięcia z uwzględnieniem lokalnych warunków na obszarze przedsięwzięcia i powinno być zorganizowane z uwzględnieniem aspektów bezpieczeństwa i ryzyka opóźnienia przedsięwzięcia.

Do badań przybrzeżnych Wykonawca może zaproponować różne techniki mające na celu uzyskanie dokładnej batymetrii i poziomu topografii, takie jak użycie statków o bardzo płytkim zanurzeniu, zmodyfikowane techniki lądowe, batymetria satelitarna, pomiary wykonywane przez nurków itp.

W miejscu wyjścia na ląd w obszarze wyznaczonym jako lokalizacja stanowiska mufy przejściowej należy przeprowadzić badanie rozciągające się na pewną długość po obu stronach w celu określenia innych możliwych alternatywnych lokalizacji i tras połączeń. Podczas badania należy wykonać nagranie (lub zdjęcia) przedmiotowych obszarów oraz sporządzić szczegółowe informacje na temat obecności istniejących budynków i infrastruktury, takich jak drogi, rurociągi, kable itp. Badanie wyjścia na ląd powinno pokrywać się z granicami badania przybrzeżnego. W przypadku gdy wyjście kabla na ląd będzie wykonywane techniką HDD, należy przeprowadzić specjalne badania geotechniczne (otwory wiertnicze) w celu uzyskania informacji istotnych pod kątem rodzaju gruntu, w którym wiercone będą otwory (więcej szczegółów na temat badań geotechnicznych HDD można znaleźć w pkt 2.6 w [7]).

Po udzieleniu zamówienia na kabel eksportowy może być wymagane szczegółowe badanie przeprowadzane przed jego ułożeniem, jeśli z poprzednich badań geotechnicznych nie uzyskano wystarczających informacji.

Badanie należy przeprowadzić na uprzednio wyznaczonej trasie i określić/potwierdzić ostateczną pozycję na trasie oraz wszystkie przecięcia/skrzyżowania. Dla każdego skrzyżowania wymagany jest szczegółowy projekt wskazujący pozycję, rodzaj przecinanej instalacji (i jej status) oraz środki zastosowane do realizacji separacji i zabezpieczenia.

Badanie geotechniczne

Po zakończeniu DTS i uzyskaniu wyników z badań geofizycznych przeprowadzonych wzdłuż trasy kablowej należy przeprowadzić badania geotechniczne. Zakres badań ma na celu uzyskanie informacji istotnych pod kątem właściwości gruntu. Rodzaj analizy zależy od konkretnego zakresu badania i może ograniczać się do potwierdzenia wyników uzyskanych z badań geofizycznych lub do dostarczenia przydatnych informacji dla późniejszego układania, zakopywania i długoterminowej eksploatacji kabla. Zwykle przeprowadza się pomiary terenu (w tym pobieranie płytkich próbek i badania terenowe (in situ)), jak również późniejsze badania laboratoryjne. Szczegółowość analizy jest zgodna z tymi samymi kryteriami, które zastosowano w poprzednim badaniu SBP. Częstotliwość pobierania próbek zależy od charakteru dna morskiego (uzyskanego z DTS i badań geofizycznych) oraz od długości połączenia i ogólnie mieści się w zakresie od 1 do 10 km, przy czym niższa wartość jest konieczna w przypadku mniej jednorodnej charakterystyki gruntu.

Badania geofizyczne i geotechniczne powinny być wykonywane z odpowiedniego statku, w tym m.in. ze statku wyposażonego w radar, GPS i automatyczny system pozycjonowania, gwarantując tym samym wystarczającą precyzję również w warunkach silnych wiatrów i fal.

Ogólnie rzecz biorąc, Wykonawcy pozostawia się pewien stopień swobody, jeśli chodzi o propozycje dotyczące najbardziej odpowiednich urządzeń zależnie od danego obszaru badania.

Ponieważ końcowy raport z badania należy wykorzystać do określenia trasy kablowej, powinien on również zawierać wszystkie przydatne informacje zawarte w dokumencie DTS, aby zapewnić pełny przegląd scenariusza środowiskowego. Wyniki badań należy wykorzystać do oceny ryzyka uszkodzenia kabla w wyniku działalności naturalnej i antropogenicznej, proponując odpowiednie środki ochrony w zależności od rodzaju kabla i gruntu.

3.1.4 Metodologia doboru elementów linii kablowej do wymaganej obciążalności prądowej

Ocenę obciążalności prądowej kabla należy przeprowadzić przy założeniu trójżyłowego kabla morskiego i jednożyłowego kabla lądowego. Konstrukcja (budowa) kabla powinna być zgodna z pkt 3.3 niniejszego raportu.

Obciążalność prądową systemu kablowego należy obliczać zgodnie z najnowszym wydaniem publikacji IEC 60287 [10] oraz IEC 60853 [45], które powinny być stosowane również do oceny obciążalności prądowej kilku równoległych kabli na fazę oraz do krzyżujących się kabli.

Główne etapy obliczania obciążalności prądowej kabla są następujące:

- Określenie parametrów obliczeniowych
 - Rezystancja żyły przy prądzie stałym (formularz według normy IEC 60228)
 - Układ i budowa kabla
 - Parametry środowiskowe
- Obliczanie rezystancji żyły przy prądzie stałym
- Obliczanie strat (straty dielektryczne i straty w ekranie i pancerzu kabla)
- Obliczanie rezystancji cieplnej (T1, T2, T3 i T4)
- Obliczanie obciążalności prądowej kabla

W przypadku szczególnych aspektów nieuwzględnionych w normach IEC należy wziąć pod uwagę zalecenia zawarte w publikacji Cigré TB 640 [6].

Zgodnie z IEC nie jest możliwa eksploatacja kabli XLPE przy temperaturze powyżej 90°C.

Wykonawca dostarczy dokument zawierający ocenę obciążalności prądowej kabli na wszystkich różnych odcinkach cieplnych linii kablowej, na częściach zarówno lądowych, jak i morskich. W przypadku każdego odcinka cieplnego należy zastosować parametry podane w Specyfikacji technicznej projektu inwestycyjnego (lub uzyskane z badań terenu) i należy je podać w dokumencie technicznym obliczania obciążalności prądowej.

Ryzyko wysychania gruntu należy omówić i w razie potrzeby uwzględnić w obliczeniach zgodnie z normą IEC 60287 – Część 2-1 [10].

W odniesieniu do części morskiej zwykle najbardziej wymagającymi konfiguracjami są te, które dotyczą układania w rurach w kształcie litery J (J-Tubes) (szyb centralny na kabel na platformie morskiej) oraz w punktach wyjścia na ląd, gdzie wartości temperatury i rezystancji cieplnej gruntu zwykle są wyższe w odniesieniu do środowiska morskiego.

W przypadku odcinka lądowego obciążalność prądową kabla należy również obliczyć w wąskich gardłach, które występują przykładowo, gdy kabel ma być ułożony na dużej głębokości (np. żeby przejść pod innymi instalacjami za pomocą HDD lub innych technik) w przypadku skrzyżowania lub w pobliżu źródeł ciepła lub w przypadku gdy wymagane są środki ekranowania pola magnetycznego.

W przypadku gdy linia kablowa składa się z dwóch lub więcej kabli, ocenę obciążalności należy również przeprowadzić we wszystkich miejscach, w których odległość między kablami się zmniejsza, podobnie jak w przypadku kabli morskich na punktach wyjścia na ląd. Przy ocenie obciążalności prądowej należy wziąć pod uwagę cały osprzęt systemu kablowego WN.

Przekrój poprzeczny żyły (i materiał) wzdłuż eksportowej linii kablowej może się zmieniać, na przykład gdy kabel ziemny przechodzi w kabel morski lub kabel morski przechodzi z dużej głębokości do punktu wyjścia na ląd. Obciążalność prądową kabla eksportowego należy zweryfikować w każdej konfiguracji.

Budowa kabla (rozmiar żyły) powinna uwzględniać długość kablowej linii eksportowej (tj. prąd pojemnościowy, spadek napięcia itp.). Należy wykonać specjalne obliczenia (patrz przykład w [50]). Obciążalność prądowa kabla musi być zagwarantowana na całej trasie kabla eksportowego, biorąc pod uwagę różne środowiska termiczne (w tym wąskie gardła).

W przypadku każdego kabla eksportowego należy przeprowadzić analizę mającą na celu ocenę rzeczywistego prądu, biorąc pod uwagę prąd obciążenia, prąd ładowania w kablu i inne rodzaje prądu biernego w szerszym systemie elektroenergetycznym.

Zapotrzebowanie na moc bierną kabla prądu przemiennego zależy zarówno od długości, jak i częstotliwości i zajmie pewną część zdolności przesyłowych kabla. W celu skompensowania takiego zapotrzebowania na moc bierną w tak długich kablach prądu przemiennego zwykle montuje się układ kompensacji mocy biernej. Wpływ takich układów kompensacji należy uwzględnić przy ocenie zdolności przesyłowych kabla (patrz przykład w [1]).

Należy zauważyć, że ponieważ prąd ładowania będzie się zmieniać na całej długości trasy kablowej, wąskie gardło termiczne systemu kablowego może nie znajdować się na końcu obwodu. Wymaganą obciążalność prądową (biorąc pod uwagę zarówno prąd ładowania, jak i prąd pojemnościowy) należy zweryfikować w miejscu, w którym występuje wąskie gardło termiczne.

W przypadku określonych konfiguracji o nietypowej geometrii lub materiałach można zastosować techniki numeryczne (takie jak metoda elementów skończonych). Przyjęte założenia i zastosowaną procedurę oceny obciążalności prądowej należy przed układaniem/montażem przedłożyć i zatwierdzić.

Niedawne pomiary strat stali w trójżyłowych kablach opancerzonych wykazały, że wzory z normy IEC 60287 zapewniają wyniki obliczeń z bezpieczną rezerwą i wyższe niż faktycznie zmierzone. Metody obliczania strat magnetycznych w stalowym panczerze kabli trójżyłowych mogą wymagać ponownej oceny na podstawie IEC.

Jednak na razie w sposób opisany w rozdziale 6.6.1 CIGRE TB 640 zalecane jest stosowanie procedury IEC i należy jej przestrzegać. Jeżeli projekt systemu kablowego wykorzystywałby zmniejszoną wartość strat w panczerze kabla trójżyłowego, należy to wykazać poprzez odpowiednie obliczenia i badania.

Przepisy dotyczące stref ograniczeń temperaturowych mogą wymagać na przykład zastosowania materiałów zasypek o ulepszonych właściwościach, zwiększenia odległości między kablami (ładowymi) i obwodami kablami, przyjęcia większego przekroju żyły lub wybrania na pancierz kabla stali nierdzewnej zamiast stali ocynkowanej.

3.1.5 Dobór elementów linii kablowej pod kątem wymaganej wytrzymałości zwarciowej

Szczegółowy opis elementów systemu kablowego można znaleźć w rozdziale 3.3.

Obliczeniowy prąd zwarciowy, wyrażony jako wartość skuteczna i czas trwania zwarcia, Właściciel podaje na etapie przetargu.

Dopuszczalny prąd zwarciowy w żyłach roboczej i powłoce metalicznej Wykonawca obliczy zgodnie z normami IEC 61443 [14] i 60949 [44].

3.1.6 Wymagania dotyczące ochrony przeciwprzebiegowej linii kablowej

Morskie linie kablowe 220 lub 275 kV do podłączenia MFW nie są narażone na zjawiska wyładowań atmosferycznych, ewentualne przebiegi mogą zachodzić na kablu lądowym w przypadku zainstalowania głowic zewnętrznych.

Aby izolację kabla po stronie pierwotnej zabezpieczyć przed wyładowaniami atmosferycznymi i udarami łączeniowymi (w sieciach 275 kV), w stacji elektroenergetycznej w pobliżu głowic

kablowych należy zamontować ograniczniki przepięć. Ograniczniki przepięć powinny być w stanie zabezpieczyć kabel, ograniczając w sieci 275 kV maksymalny udar piorunowy do 1050 kV i napięcie udaru łączeniowego do 850 kV.

Ponieważ eksportowe linie kablowe są często dość długie i wymagają zamontowania dodatkowych urządzeń (np. do kompensacji mocy biernej), w ramach konkretnego projektu należy przeprowadzić specjalne badania mające na celu ocenę przepięć, gdy znana jest charakterystyka generatorów farmy wiatrowej i podłączonej sieci. Konieczne jest przeprowadzenie badań łączeniowych stanów przejściowych i charakterystyki częstotliwościowej harmonicznych z odpowiednimi weryfikacjami czułości.

Cigre TB 556 [56] zawiera przykłady różnych badań systemu elektroenergetycznego, które mogą wskazać ewentualne problemy w systemie kablowym i sieci.

Informacje na temat przepięć udarowych na osłonie zewnętrznej kabla lądowego przedstawiono w następnym punkcie.

3.1.7 Projekt łączenia powłoki w linii kablowej z uwzględnieniem konieczności zastosowania kabla ECC oraz dobór ograniczników przepięciowych

Łączenie ekranów metalicznych kabli wymagane jest we wszystkich liniach kablowych w celu zapewnienia skutecznego ich uziemienia.

Część lądową linii kablowej należy połączyć według jednego z trzech poniższych schematów:

- Obustronne uziemienie żył powrotnych / ekranów (SB)
- Jednostronne uziemienie żył powrotnych / ekranów (SPB)
- Krzyżowanie ekranów / cross-bonding (CB)

Kombinacja SPB i CB może być konieczna w zależności od długości kabli na odcinku lądowym. Generalnie dla odcinków lądowych dłuższych niż 1÷1,5 km należy przyjąć schemat CB.

Na Rysunek 3-1 z CIGRE TB 797 [5] przedstawiono ogólny układ wspomnianych powyżej schematów łączenia żył powrotnych / ekranów kabli na odcinku lądowym oraz rozkład indukowanych napięć w ekranach metalicznych układu z krzyżowaniem ekranów (cross-bonding).

W szczególnych przypadkach stosowane są inne konfiguracje połączenia żył powrotnych/ekranów, np. krzyżowanie ciągłe lub układ połączenia w punkcie środkowym (midpoint bonding), a ich zastosowanie powinno być uzasadnione przez projektanta.

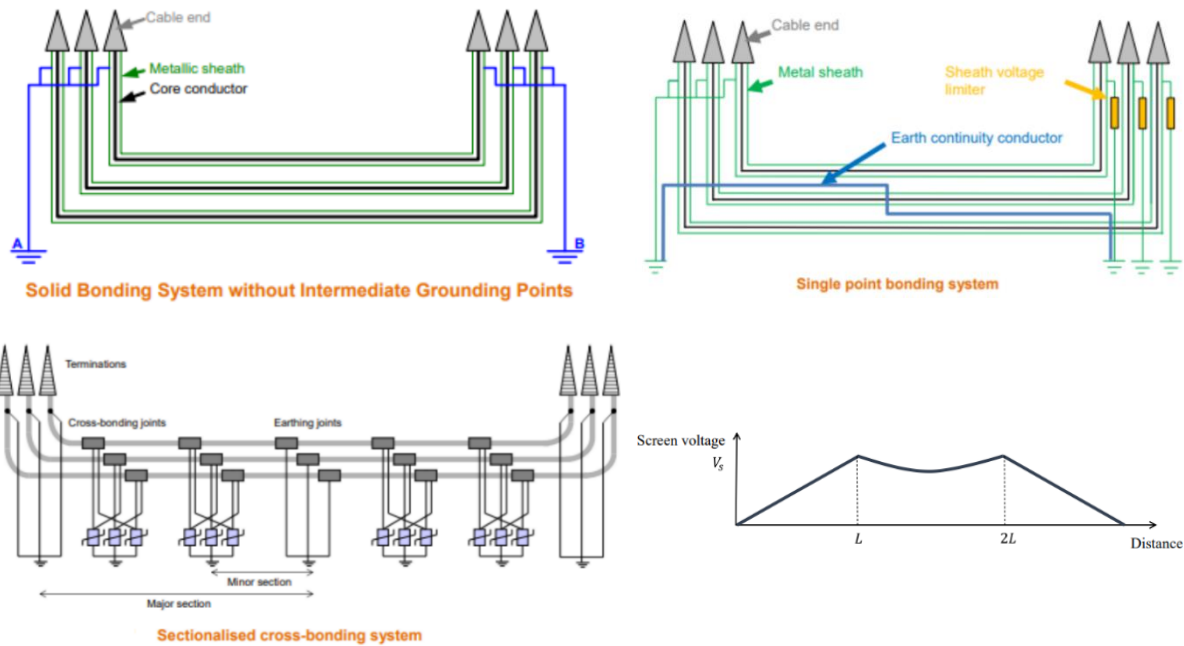
Zastosowanie muf z separacją ekranu jest ważnym sposobem zmniejszenia prądów indukowanych i strat w ekranach metalicznych, co pozwala na optymalizację obciążalności prądowej systemu kablowego w odniesieniu do obustronnie uziemionych żył powrotnych.

Kable morskie (zarówno zasilające, jak i światłowodowe) należy łączyć za pomocą schematu obustronnego uziemienia żył powrotnych, patrz Rysunek 3-2: żadne inne rozwiązanie nie umożliwi utrzymania metalicznej powłoki kabla na tym samym potencjale co otaczające środowisko, a tym samym uniknięcia niebezpiecznych napięć indukowanych na powłoce.

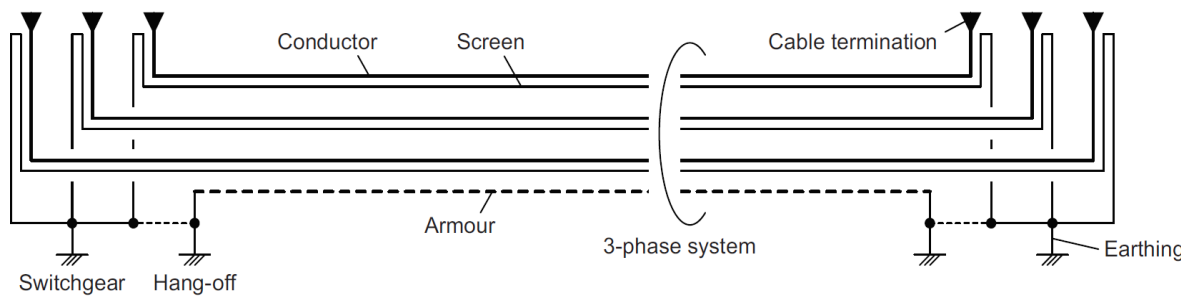
Wykonawca szczegółowo przedstawi schemat łączenia przyjęty do podziemnej części połączenia, ze wskazaniem położenia i odległości stanowiska mufy przejściowej oraz połączenia powłok metalicznych.

Metaliczne powłoki kabli lądowych i morskich mają być uziemione w kanale na mufę przejściową, gdzie mufy przejściowe mają być mufami z separacją ekranu.

Rodzaje systemów łączenia szczegółowo określono w specyfikacji technicznej PSE [19].



Rysunek 3-1: Układy łączenia (Cigre TB 797 [5])



Rysunek 3-2: Schemat uziemienia morskiego kabla prądu przemiennego (DNVGL-RP-0360 [9])

EN	PL
Cable end	Końcówka kabla
Metallic sheath	Metaliczna powłoka
Core conductor	Przewód żyłowy
Solid Bonding System without Intermediate Grounding Points	Układ łączenia trwałego bez pośrednich punktów uziemienia
A	A
B	B
Sheath voltage limiter	Ogranicznik przepięć do ochrony powłoki kabla
Earth continuity conductor	Przewód ciągłości uziemienia
Single point bonding system	Układ uziemienia ekranów w jednym punkcie
Terminations	Głowice
Cross-bonding joints	Mufy cross-bondingowe
Earthing joints	Mufy uziemieniowe
Minor section	Krótszy odcinek
Major section	Dłuższy odcinek
Sectionalised cross-bonding system	Układ krzyżowania ekranów podzielonych
Screen voltage V_s	Napięcie ekranu V_s
Distance	Odległość
Conductor	Żyła
Screen	Ekran
Cable termination	Głowica kablowa

Switchgear	Rozdzielnica
Hang-off	Uchwyt mocujący pancerz
Armour	Pancerz
3-phase system	Instalacja trzyczfazowa
Earthing	Uziemienie

Oprócz transpozycji ekranów można na stanowiskach muf przejściowych przeprowadzić transpozycję geometryczną kabli również w celu zmniejszenia indukowanego napięcia w powłoce zewnętrznej (i odpowiednich prądów w ekranach metalicznych).

Schemat łączenia/uziemienia należy zrealizować poprzez zastosowanie odpowiednich skrzynek połączeniowych, które należy zamontować w dedykowanych studzienkach (zamkniętych i niedostępnych) umieszczonych w stanowiskach muf przejściowych, odpowiednie dławnice powinny być uszczelnione przed wnikaniem wody i zanieczyszczeń, zapewniając skrzynce połączeniowej stopień ochrony IP68.

Skrzynki połączeniowe poddaje się badaniu typu w celu zweryfikowania ich właściwości wytrzymałościowych zgodnie z zaleceniami Cigre [5].

Siatkę uziemiającą stanowiska muf przejściowych należy wykonać w celu uzyskania rezystancji uziemienia nie większej niż 10 omów, określonej w rozdziale 6.4 w [18] i [19]. Wymagane jest opracowanie studyjne w celu potwierdzenia projektu konfiguracji siatki uziemiającej zaproponowanej przez Wykonawcę w związku z lokalnymi charakterystykami elektrycznymi gruntu.

W przypadku gdy nie da się osiągnąć rezystancji uziemienia na poziomie 10 Ω [18], należy przeprowadzić analizę ryzyka bezpieczeństwa (analiza weryfikacyjna napięcia dotykowego) zgodnie z normą IEC 61936-2[21]. Należy zauważyć, że w Cigre Electra 47 podano, że przy projektowaniu systemu kablowego wartość rezystancji uziemienia stanowisk muf przejściowych zazwyczaj przyjmuje się na poziomie 20 Ω .

Podłączenie ekranów kablowych ze skrzynkami połączeniowymi (link boxes) należy wykonać kablami SN o przekroju żyły zdolnym do przenoszenia prądu zwarciovego przewidzianego dla linii kablowej i długości nie większej niż 10 m [58]. Izolację kabla łączącego należy dobrać tak, aby wytrzymała napięcia indukowane podczas zjawisk przejściowych [12]. Jak określono w [21] kabel połączeniowy powinien być typu koncentrycznego: w przypadku wyboru kabli połączeniowych jednożyłowych Wykonawca uzasadni taki wybór.

Rezystancja styku każdego połączenia uziemienia systemu kablowego (zarówno dla systemu kablowego morskiego, jak i lądowego) powinna być taka, jak określono w pkt 3.4.11.5 (HD 632 [33]).

Ograniczniki przepięć powłoki (SVL) stosuje się do ochrony powłok kabli WN (a także muf z separacją ekranu, kabli łączących itp.) przed przejściowymi przepięciami występującymi w przypadku uderzeń pioruna lub przepięciami łączeniowymi [57].

Należy je dobierać w oparciu o wartość napięcia indukowanego podczas zwarcia, tak by uniknąć zadziań SVL i wynikającego z tego ryzyka jego wybuchu.

SVL należy zamontować w skrzynkach połączeniowych, które umożliwią przyszłą kontrolę dla celów konserwacyjnych w celu sprawdzenia stanu połączeń rozłączalnych i SVL.

Procedurę projektowania SVL opisano w CIGRE TB 797 [5].

Żyły powrotne / ekran kabla morskiego są obustronnie uziemione, dlatego nie ma on wpływu na system uziemienia kabla lądowego.

3.1.8 Metody znakowania kabli

3.1.8.1 Kable lądowe

Kable lądowe powinny być trwale i czytelnie oznakowane znakiem wyróżniającym, umieszczonym na powłoce zewnętrznej kabla na całej jego długości, umożliwiającym jego identyfikację. W oznakowaniu powinny znaleźć się następujące informacje:

- nazwa producenta,

- typ, oznaczenie kabla,
- data produkcji,
- napięcie U_0 , U , U_m ,
- przekrój i rodzaj żyły,
- przekrój ekranu metalicznego,
- długość kabla należy oznaczyć kolejnymi numerami metrów co 1 metr.

Odległość między końcem jednego pełnego znaku a początkiem drugiego nie powinna przekraczać 1,5 metra (nie dotyczy oznaczenia długości kabla).

Wymagania minimalne podano w [49].

Wymagane jest oznaczenie wskazujące położenie stanowisk muf przejściowych i skrzynek połączeniowych.

3.1.8.2 Kable morskie

Kable morskie powinny mieć dobrze widoczne żółte (lub pomarańczowe) paski, na zewnętrznej przędzy polipropylenowej (PPY) w kolorze czarnym. Jeśli kabli równoległych jest więcej, należy je oznaczyć różną liczbą żółtych pasków na PPY.

Każda żyła kabla trójżyłowego powinna być oznaczona ze wskazaniem oznakowania na półprzewodzącej powłoce zewnętrznej (patrz również zalecenie ICPC 16 [15]) oraz poprzez kolorową taśmę pod metaliczną powłoką.

Etykiety należy przymocować do zewnętrznej powierzchni kabla co 1000 m, powinny one być trwałe i możliwe do przeczytania z pojazdu ROV (pojazd zdalnie sterowany). Położenie połączeń kablowych wykonanych w fabryce również należy oznaczyć etykietami w różnych kolorach.

3.2 Układanie linii kablowych na odcinkach morskich i lądowych

3.2.1 Układanie odcinka morskiego

W przypadku morskiego kabla eksportowego można rozważyć następującą ogólną kolejność układania:

1. Ładowanie kabli w fabryce bezpośrednio na CLV (statek do układania kabli).
2. Transport kabli za pomocą CLV z fabryki kabli na miejsce realizacji przedsięwzięcia.
3. Pierwsze wciągnięcie: zwykle wykonuje się je na odcinku lądowym, aby nie mieć zbyt dużej długości kabla do spławienia.
4. Układanie kabli z lądu do lokalizacji platformy morskiej.
5. Drugie wciągnięcie: zwykle po stronie platformy. Operacja ta jest wykonywana w celu przeniesienia końca kabla ze statku na platformę.

Kolejność układania kabli (z lądu na platformę morską) może zostać odwrócona w zależności od warunków środowiskowych w ramach przedsięwzięcia i powinna być dokładnie oceniona na etapie układania przez Wykonawcę. Wykonawca będzie odpowiedzialny za operacje wciągania, zarówno na morzu, jak i na lądzie, w tym za wciągarkę, i bezpieczne przymocowanie.

Kabel morski będzie transportowany i układany przez statek do układania kabli (CLV) o odpowiednich zdolnościach i właściwościach. Statek taki powinien być wyposażony w stół obrotowy (platformę obrotową) o odpowiednich wymiarach pod względem pojemności kablowej (zarówno objętości, jak i masy) oraz średnicy, aby umożliwić ułożenie kabla na całej długości bez stosowania mufy. Takie wymaganie należy oceniać indywidualnie dla każdego przypadku, przy uwzględnieniu długości kabla morskiego i rozmiaru kabla.

Jeżeli Producent zadeklaruje kabel jako możliwy do nawijania, statek CLV można wyposażyć w przymocowany kosz (zamiast obrotnicy) o odpowiednich wymiarach, aby zachować podaną przez Producenta minimalną średnicę nawijania. Należy również przestrzegać kierunku zwijania i podanej minimalnej wysokości spadku (patrz tabela danych mechanicznych).

Należy w możliwie największym stopniu unikać przekładania kabli z jednego bębna na drugi, najlepiej kabel załadować w fabryce bezpośrednio na CLV. W przypadku przekładania kabli

z jednego bębna na drugi wszystkie procedury muszą być wcześniej uzgodnione, a działania monitorowane.

Statek CLV i znajdujące się na nim maszyny do układania (gąsienica, napinacz, kabestan, ramię podnoszące, krążek lub koło do układania, prowadnica rolkowa itp.) nie powinny przekraczać minimalnego promienia gięcia kabla podczas wszystkich operacji związanych z układaniem, w tym ładowania kabli, układania, transportu, przenoszenia, naprawy awaryjnej, opuszczania kabla itp. Należy zauważyć, że „nieprzekraczanie minimalnego promienia gięcia kabla” oznacza niezginanie kabla przy promieniu mniejszym niż minimalny promień gięcia. Podczas wszystkich operacji należy utrzymywać bezpieczną siłę ciągnącą.

Statek do układania kabla (CLV) powinien być odpowiedni do konkretnej instalacji, biorąc pod uwagę zarówno charakterystykę środowiska morskiego (wiatr, fale, prąd itp.), jak i trasy, w szczególności jeśli chodzi o przewidywaną maksymalną głębokość układania. Statek CLV musi być w stanie wytrzymać maksymalną przewidywaną siłę ciągnącą (naciąg górny przy krążku/kole do układania) z odpowiednim marginesem bezpieczeństwa i bez ryzyka uszkodzenia kabla. W związku z tym wybór o zastosowaniu wyłącznie napinaczy bez kabestanu możliwy jest tylko w przypadku instalacji na małej głębokości (kilkaset metrów głębokości wody).

Statek CLV musi mieć odpowiednie oprzyrządowanie do ciągłego monitorowania i kontroli operacji układania.

Statek CLV musi mieć redundantny system dynamicznego pozycjonowania (DP) co najmniej typu DP2 i być w stanie pracować w pobliżu platformy morskiej (stąd konieczność trzech różnych niezależnych systemów pozycjonowania).

Układanie powinno być wykonywane w sposób profesjonalny i bezpieczny przez zespół wykwalifikowanych i doświadczonych operatorów wraz z załogą statku.

Podczas układania kabla morskiego należy monitorować następujące parametry układania:

- Długość układanego kabla
- Prędkość układania kabla
- Naciąg kabla na kole do układania i odchylenie od poziom docelowego
- Kąt kabla przy kole do układania
- Długość krzywej łańcuchowej kabla w wodzie
- Długość i prędkość wykładania/rozwijania kabla
- Maksymalny nacisk
- Naciąg kabla na dnie morskim
- Głębokość wody w punkcie statku i w punkcie zetknięcia się kabla z dnem
- Pozycja statku
- Pozycja stykania się kabla z dnem względem koła układającego
- Przesunięcie układanego kabla względem osi planowanej trasy
- Pozycja pojazdu ROV
- Monitorowanie wzrokowe: kamery we wszystkich potencjalnie krytycznych częściach maszyn do układania kabli, takich jak stół obrotowy, kabestan, wejście do maszyny liniowej, koło do układania itp., a także na dnie morza
- Warunki wiatrowe i falowe oraz aktualne warunki
- Zanurzenie i przegłębienie statku
- Ruchy statku na fali, takie jak kołysanie, kiwanie, kołysanie boczne, kołysanie pionowe
- Rejestrator naciągu i długości linii do systemu A&R
- Przechowywanie kabla (bębny, zbiorniki, stoły obrotowe):
 - sterowanie układem napędowym, jeśli dotyczy, np. prędkością stołu obrotowego
 - sterowanie ramieniem ładującym, jeśli dotyczy, np. prędkością silnika napędu kabla
 - przeciwnaciąg, jeśli dotyczy
- Komunikacja między urządzeniami

Wszystkie urządzenia pomiarowe kalibrowane są zgodnie z zaleceniami producenta, a na pokładzie statku przed rozpoczęciem pracy i podczas całej operacji musi znajdować się odpowiednia dokumentacja kalibracji.

Maksymalny szczytowy naciąg podczas układania (na krążku/kole) nie może w żadnym momencie przekraczać wartości podanej przez Producenta dla określonego promienia gięcia, ponadto maksymalny naciąg przy ciągnięciu prostym przyłożony do liny nie może przekraczać wartości podanej przez Producenta.

Morskie kable elektroenergetyczne zwykle układa się z monitorowaniem punktu stykania się kabla z dnem (TDM) za pomocą pojazdu ROV. Monitorowanie TDM jest wymagane do zweryfikowania obliczeń krzywej łańcuchowej i sposobu ułożenia kabla na dnie morskim, w szczególności w trudnym gruncie, aby uniknąć fragmentów zawieszonych. Jest to wymagane również w przypadku krzyżowania się z innymi instalacjami. Konieczność monitorowania TDM należy każdorazowo zweryfikować w zależności od instalacji i wyposażenia ochronnego, procedury, trudności i wymagań. Z systemu pojazdu ROV należy podczas operacji układania wykonać ciągłe nagranie wzdłuż trasy. Kabel należy kłaść na dnie morskim bez odcinków swobodnie zwisających bez podparcia i fragmentów zawieszonych.

Wykonawca określi dolny naciąg kabla w celu uniknięcia ryzyka jego uszkodzenia i uniknięcia jego zawieszenia. Dolny naciąg należy dobrać również z uwzględnieniem sposobu zabezpieczenia kabla, które należy przyjąć dla danego obszaru.

Prędkość układania kabla Wykonawca musi określić z uwzględnieniem sprzętu do układania, statku CLV, warunków pogodowych (fala, wiatr, prądy, widoczność), konstrukcji kabla, warunków środowiskowych (głębokość wody, profil dna morskiego itp.), a w każdym razie z uwzględnieniem wszystkich środków ostrożności mających na celu uniknięcie fragmentów zawieszonych kabla i ryzyka jego uszkodzenia.

W przypadku bardzo płytkich wód, na których statek CLV nie może działać, można użyć barki do układania (CLB – Cable Laying Barge), odpowiedniej do określonej głębokości wody morskiej na danym obszarze.

W ramach procedury układania Wykonawca przedstawi zakres dopuszczalnych tolerancji parametrów środowiskowych (wiatr, fala, prąd, widzialność) dla różnych operacji układania (załadunek kabli, wciąganie, układanie, naprawa, łączenie, opuszczanie pojazdu ROV i wydobywanie).

Podczas operacji układania warunki pogodowe powinny mieścić się w granicach tolerancji podanych przez Wykonawcę z uwzględnieniem zastosowanego statku CLV, a do obliczenia naprężeń mechanicznych wywieranych na kabel do celów projektowych i testowych należy zastosować określone parametry instalacyjne.

Na pokładzie statku do układania Wykonawca zapewni wszystkie niezbędne urządzenia do wszelkich awaryjnych operacji odcinania i opuszczania kabla oraz kolejnych napraw, w tym podnoszenia i układania kabla na wszystkich odcinkach trasy.

Wykonawca powinien wykazać się doświadczeniem w podobnych czynnościach układania kabli. W tym celu na etapie przetargu należy przedstawić historię dotychczas zrealizowanych projektów. Powyższe doświadczenie należy wykazać również w odniesieniu do sprzętu do układania i proponowanej procedury.

Na platformie morskiej i od strony lądu końce kabla muszą być zabezpieczone przed przenikaniem wody, a na końcówkę do ciągnięcia należy nałożyć głowicę; ucho musi wytrzymywać maksymalne naprężenie rozciągające od ciągnięcia i powinno być objęte programem badań typu. Można również użyć odpowiedniej pończochy do ciągnięcia (np. „Chinese finger” jest często używaną pończochą do ciągnięcia). W każdym przypadku urządzenia ciągnące należy poddawać badaniu zgodnie z CIGRE TB 623 [3].

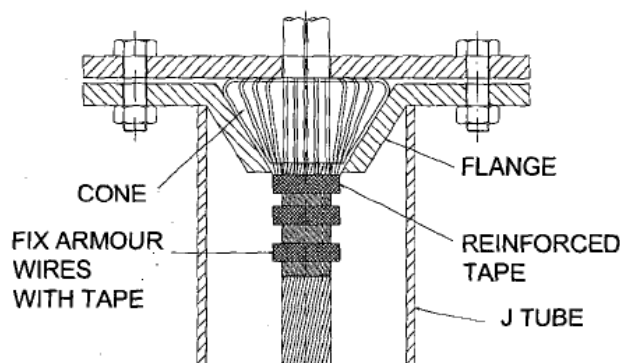
Platformy morskie ze stałymi fundamentami są zwykle wyposażone w rury w kształcie J (J-tube) lub I (I-tube). Rura tego rodzaju jest wykonana ze stali lub materiałów polimerowych i sięga od dna morskiego do pokładu platformy. Rura jest w górnej części otwarta i na dolnym końcu ma otwór w kształcie dzwonu służący do prowadzenia kabla z dna morskiego do rury. Głowica do ciągnięcia to urządzenie służące do zakładania na końcówkę kabla, dzięki czemu można go ładować/zdejmować ze statku i przeciągać przez rurę HDD, w kształcie I lub J.

Głowica do ciągnięcia powinna być zaprojektowana w taki sposób, aby wytrzymać obciążenia przy układaniu, takie jak:

- Naprężenie podczas opuszczania i wciągania (w tym wzrost naprężenia spowodowany tarcie w rurze w kształcie I lub J lub rurze HDD)
- Wygięcie na zsuwni/kole do układania
- Wejście do rury w kształcie I lub J oraz wewnątrz rury w kształcie J. Rozmiar głowicy do ciągnięcia jest projektowany w oparciu o górną obwiednię złącza (rozmiar rury w kształcie I, w kształcie J, zagięcia, wyjście na ląd itp.).

Przy określaniu długości głowicy do ciągnięcia należy wziąć pod uwagę przestrzeń dostępną na platformie morskiej podczas wciągania.

Po operacji układania kabel następnie mocuje się w górnej części rury w kształcie J za pomocą urządzenia kotwiącego. Przykład takiego urządzenia podano na Rysunek 3-3.



Rysunek 3-3: Szkic zamocowania [62]

EN	PL
CONE	STOŻEK (LEJ)
FLANGE	KOŁNIERZ
FIX ARMOUR WIRES WITH TAPE	DRUTY PANCERZA PRZYMOCOWANE TAŚMĄ
REINFORCED TAPE	TAŚMA WZMOCNIONA
J TUBE	RURA W KSZTAŁCIE J

W kanale na mufę przejściową pomiędzy częścią morską a lądową pancerz kabla należy przymocować do betonowego cumowiska, stosując uchwyt podobny do tego, który stosuje się na górze rury w kształcie J. Patrz Rysunek 3-4. W zależności od danego projektu blok pancerza kabla podmorskiego może być zainstalowany wewnątrz stanowiska mufy przejściowej lub nie. W każdym przypadku blok powinien być odpowiednio zakotwiczony. Natomiast specjalne fundamenty należy zaprojektować z uwzględnieniem przewidywanych sił.



Rysunek 3-4: Blok pancerza w kanale na mufę przejściową pomiędzy częścią morską a lądowa [16]

Wymagania dotyczące ochrony kabli opisano w punkcie 3.2.3.

3.2.2 Układanie odcinka lądowego

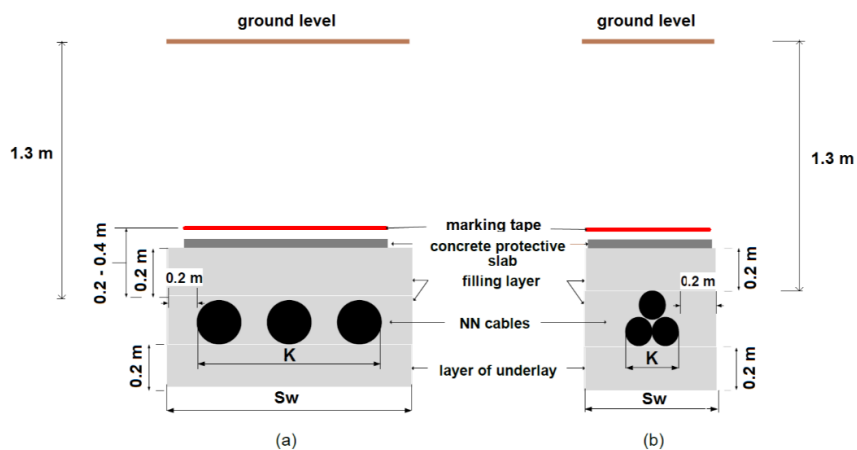
Poniżej przedstawiono wymagania dotyczące układania linii kablowej na odcinku lądowym. Należy uwzględnić Standardowe Specyfikacje Techniczne PSE S.A. dotyczące kabla podziemnego NN 220 kV [18] i [19] oraz wymagania norm krajowych.

3.2.2.1 Kable zakopane bezpośrednio w wykopie

Technologia układania i montowania kabli lądowych powinna być zgodna z zaleceniami producenta systemu kablowego i nadzorowana przez przedstawiciela Producenta (jest to standardowa praktyka, o której można decydować indywidualnie w każdym przypadku, biorąc pod uwagę obowiązki umowne każdego z podmiotów; w każdym razie należy stosować wszystkie ustalone i uzgodnione procedury). Położenie muf kablowych należy wybrać wzdłuż trasy w miejscu, które nie koliduje z istniejącymi instalacjami, powinno być cały czas dostępne na potrzeby przyszłej konserwacji lub naprawy. Umieszczenie muf kablowych powinno również uwzględniać takie czynniki jak dostęp dla bębnow kablowych, topografia i maksymalizacja odległości między stanowiskami.

Kable podziemne układane w wykopach wzdłuż dróg lub terenów publicznych należy układać na głębokości nie mniejszej niż 1,3 metra, mierząc od górnej powierzchni najwyższego kabla do powierzchni poziomego gruntu. Na terenie stacji elektroenergetycznej minimalna głębokość układania kabli mierzona od górnej powierzchni najwyższego kabla do powierzchni poziomego terenu nie powinna być mniejsza niż 1 metr. Wymóg ten nie dotyczy kabli umieszczanych w korycie betonowym na kable lub w specjalnych tunelach.

Kable podziemne można układać bezpośrednio w wykopie w sposób wskazany na Rysunek 3-5. Kabel należy układać na warstwie gruntu zasypowego o grubości co najmniej 0,2 m o kontrolowanych właściwościach termicznych, a za właściwy uważa się piasek związany cementem o odpowiednim składzie w proporcjach: 14 części wyselekcjonowanego piasku i 1 część cementu. Trzy kable jednożyłowe mogą być ułożone płasko (Rysunek 3-5 (a)) lub w zamkniętym układzie trójkątnym (Rysunek 3-5 (b)).



EN	PL
ground level	poziom gruntu
marking tape	taśma ostrzegawcza
concrete protective slab	betonowa płyta ochronna
filling layer	warstwa wypełniająca
NN cables	kable NN
layer of underlay	warstwa podkładu
1.3 m	1,3 m
0.2 - 0.4 m	0,2 - 0,4 m
0.2 m	0,2 m

Rysunek 3-5: Przykładowe rozmieszczenie kabli z minimalnymi wymiarami wykopu i warstw wypełniających: (a) układ płaski, (b) układ trójkątny.

K to szerokość zajmowana przez kable, natomiast Sw to szerokość wykopu.

3.2.2.2 Kable układane w przepustach podziemnych

Przepust służy do ochrony odcinka kabla i umożliwia wymianę kabla bez konieczności kopania. Przepusty należy stosować np. na skrzyżowaniach linii elektroenergetycznej z innymi instalacjami np.: drogami, torami kolejowymi, przeszkodami wodnymi, pozostałą infrastrukturą podziemną, systemem korzeni drzew i obszarami prac budowlanych. W przypadku pokonywania przeszkód wodnych przepusty należy układać pod dnem i pod warstwą mułu. Przepusty można układać za pomocą wykopów otwartych, przecisków lub metodami bezwykopowymi. Przepusty będą się składać z rur z tworzywa HDPE o gładkich ściankach. Wewnętrzna średnica przepustu powinna być co najmniej 1,5 razy większa od zewnętrznej średnicy kabla, umożliwiając w ten sposób łatwe przeciąganie. W przypadku przepustów o długości większej niż 20 m średnicę wewnętrzną rur należy zwiększyć o co najmniej jeden rozmiar z szeregu. W jednym przepuscie należy zamontować tylko jeden kabel. Rury użyte do wykonania przepustu powinny być ze sobą szczelnie połączone. Nadmiar powstałego nagaru wewnątrz przepustu należy usunąć. Przed wciągnięciem kabla do przepustu należy zadbać o to, aby do środka nie dostała się ziemia i inne zanieczyszczenia. W przypadku przepustów o długości nieprzekraczającej 10 m, ułożonych poza terenem stacji elektroenergetycznej dopuszcza się ich wypełnianie materiałem o odpowiedniej rezystywności i przewodności cieplnej, np. bentonitem do kabli (mieszanina naturalnej skały osadowej i wody). Wypełnianie przepustów znajdujących się poza terenem stacji elektroenergetycznej oraz dłuższych przepustów znajdujących się na terenie stacji elektroenergetycznej wymaga uzgodnienia z Właścicielem i jego zgody. Wartość rezystancji cieplnej każdego wypełnienia bentonitowego w stanie suchym musi być zgodna z projektem kabla i nie powinna być większa niż 1,0 K.m/W. Każda partia użytego bentonitu powinna być certyfikowana pod względem prawidłowego składu i parametrów. Kable na wyjściu z przepustu należy wycentrować za pomocą lin, np. konopnych lub syntetycznych, po czym końce przepustów należy zabezpieczyć (uszczelnić) przed wnikaniem wody i ciał obcych. Na każdym odcinku trasy kablowej, na którym kable są ułożone w przepustach, należy przewidzieć co najmniej jeden przepust rezerwowy, który pozostanie jako zapasowy, a jego końce również muszą być uszczelnione przed wnikaniem wody i ciał obcych. Właściciel zastrzega sobie prawo do zażądania w momencie zatwierdzania projektu budowlanego aby końce przepustów rezerwowych umieścić w studniach kablowych.

3.2.2.3 Linia kablowa ułożona w betonowym kanale kablowym

Rozwiązanie to przeznaczone jest do stosowania w stacjach elektroenergetycznych, w miejscach wskazanych lub zaakceptowanych przez Właściciela. Wymagany rozmiar kanału kablowego należy dobrać indywidualnie do konkretnej linii kablowej w taki sposób, aby zapewnić spełnienie warunków odprowadzania ciepła według wartości przyjętej przy doborze kabli do wymaganej obciążalności prądowej. W korycie należy układać tylko kable należące do tej samej linii. W uzasadnionych przypadkach za zgodą Właściciela dopuszcza się umieszczenie w jednym korycie kablowym większej liczby linii kablowych, przy czym taki układ zostanie zaprojektowany z zachowaniem wymogów w zakresie rozwiązań uwzględniających wszelkie możliwe zakłócenia (np. termiczne, elektromagnetyczne, rozprzestrzenianie się ognia, rozerwanie).

Kable w kanale należy montować i mocować za pomocą przewidzianych do tego celu uchwytów kablowych i układać w sposób umożliwiający termiczne przemieszczenia wzdłużne pod wpływem zmian temperatury. Kanał powinien mieć naturalną wentylację, aby zapewnić odpowiednie chłodzenie w warunkach pracy ciągłej i w warunkach przeciążenia. Obliczenia projektowe kabli powinny być zgodne z IEC 60287-2-1 [10] i Cigre TB 640 [6]. Kanał kablowy należy budować powyżej poziomu wód gruntowych. Jeżeli znajduje się poniżej poziomu wód gruntowych lub w warunkach niekorzystnych pod względem wód gruntowych (grunty nieprzepuszczalne), należy je wyposażyć w instalację odwadniającą. Kable montowane

w kanałach powinny mieć zewnętrzną powłokę niepodtrzymującą płomienia (patrz IEC 62067, klauzula 12.5.13 i IEC EN 60332-1-2 [37]). W uzasadnionych przypadkach Właściciel może zaakceptować zastosowanie innych środków zapobiegających rozprzestrzenianiu się ognia w kanale.

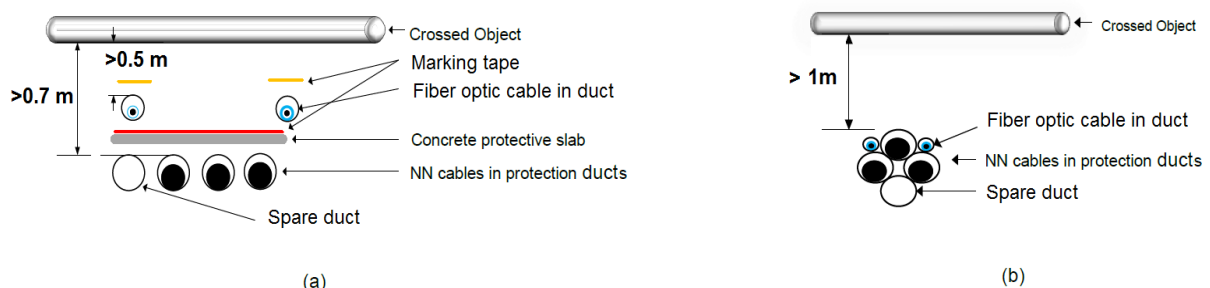
3.2.2.4 Linia kablowa układana w tunelu

Wymagania dotyczące wymiarów tunelu, konstrukcji, sposobu układania, montażu i mocowania kabli, parametrów warunków chłodzenia z obiegiem wymuszonym, dostępu dla personelu obsługującego i konserwacyjnego ustalane są indywidualnie dla każdego konkretnego zastosowania tunelu kablowego. Tunele kablowe będą wyposażone w instalację odwadniającą wody deszczowe i gruntowe, wejścia i wyjścia kablowe będą zabezpieczone przed wnikaniem wody i zapewnią naturalną wentylację zgodnie z obliczeniami zapewniającymi odpowiednie warunki chłodzenia kabli i z danymi wykorzystanymi do obliczania długotrwałego obciążenia prądowego linii kablowej. Podczas projektowania tunelu kablowego należy również uwzględnić wymagania norm i przepisów krajowych. Kable układane w tunelu powinny mieć zewnętrzną powłokę niepodtrzymującą płomienia (patrz IEC 62067, klauzula 12.5.13 i IEC EN 60332-1-2 [37]). Należy również uwzględnić wymagania Cigre TB 403 [35]. Należy wziąć pod uwagę obowiązujące krajowe i europejskie wymagania dotyczące zagrożenia pożarowego.

Kabel lądowy należy układać z zachowaniem zalecanej siły ciągnięcia i promienia gięcia w każdym punkcie trasy. Obliczenia obciążalności prądowej należy przeprowadzać zgodnie z IEC 60287-2-3 [10] i Cigre TB 640 [6].

3.2.2.5 Skrzyżowanie linii kabli energetycznych z innymi podziemnymi instalacjami lub infrastrukturą

Skrzyżowanie eksportowej linii kablowej i kabla światłowodowego z inną infrastrukturą podziemną musi być wykonane przez przeprowadzenie nowej linii kabla elektroenergetycznego i kabla światłowodowego poniżej przecinanej instalacji w sposób pokazany na Rysunek 3-6.



EN	PL
Crossed Object	Przecinana instalacja
Marking tape	Taśma ostrzegawcza
Fiber optic cable in duct	Kabel światłowodowy w rurze osłonowej (kanale)
Concrete protective slab	Betonowa płyta ochronna
NN cables in protection ducts	Kable NN w rurach osłonowych
Spare duct	Przepust zapasowy

Rysunek 3-6: Skrzyżowanie z innymi instalacjami: a) wykop otwarty, b) metoda przewiertu sterowanego

Metoda skrzyżowania z instalacją:

- Podczas układania kabli eksportowych metodą wykopu otwartego (Rysunek 3-6 a))
- Podczas układania kabli eksportowych przez przewiertu sterowane (Rysunek 3-6 b))

- Kable elektroenergetyczne, światłowodowe i kable ECC (przewody ciągłości uziemienia), jeśli są stosowane, należy układać w oddzielnych rurach osłonowych
- Przy zastosowaniu metody wykopu otwartego pionowa odległość między rurą osłonową (kanałem) z kablem elektroenergetycznym a krzyżowanym obiektem powinna wynosić co najmniej 0,7 metra a rury osłonowej (kanału) z kablem światłowodowym co najmniej 0,5 metra.
- Jeżeli przecinającymi się instalacjami są rurociągi przesyłowe ciepłownicze, wodociągowe, ściekowe, gazowe z gazami niepalnymi, minimalne odległości określone powyżej należy zwiększyć o średnicę przecinanego rurociągu.
- W przypadku przejazdów kolejowych odległość pionowa od rury osłonowej (kanału) z kablem elektroenergetycznym i światłowodem do poziomu główki szyny powinna wynosić co najmniej 1,5 metra.
- Pionowa odległość od rury osłonowej (kanału) z kablem elektroenergetycznym do dna rowu melioracyjnego powinna wynosić co najmniej 1,3 metra, a rury z kablem światłowodowym (kanału światłowodowego) co najmniej 0,8 metra.

Powyższe odległości wzięto ze Specyfikacji technicznej PSE: zapewnienia większych odległości może zażądać Właściciel infrastruktury krzyżowanej i należy je wcześniej uzgodnić, mogą również wynikać z przepisów prawa.

3.2.2.6 Linia kablowa w budynku stacji elektroenergetycznej

Kable należy mocować za pomocą uchwytów kablowych do podłogi lub ściany, przeznaczonych do tego celu konstrukcji. Pionowy odcinek wprowadzony i zamontowany na konstrukcji do rozdzielnic GIS należy zamocować do konstrukcji wsporczej w taki sposób, aby ciężar kabla nie obciążał główicy kabla.

Te uchwyty montażowe należy dobrać i zamontować zgodnie z zaleceniami dostawcy systemu kablowego. Konstrukcje wsporcze i uchwyty kablowe nie mogą tworzyć zamkniętego obwodu magnetycznego wokół kabli.

Wsporniki kablowe i uchwyty instalacyjne/uchwyty muszą być w stanie wytrzymać siły działające podczas maksymalnych warunków zwarciovych.

3.2.2.7 Studnia kablowa

Studnie kablowe należy projektować z uwzględnieniem istniejących warunków terenowych, w tym obciążeń mechanicznych. Pokrywy studni kablowej powinny być zdejmowane z możliwością podnoszenia, zabezpieczone blokadą i śrubami. Studnia kablowa ma być zaprojektowana tak, aby zachować wymagany promień gięcia kabli.

Należy zapewnić bezpieczny dostęp do zamontowanych wewnątrz studni urządzeń, ponadto nie powinno być możliwości gromadzenia się w niej wody. Studnia kablowa nie powinna być umieszczona bezpośrednio nad mufami kablowymi i innymi krzyżowanymi instalacjami.

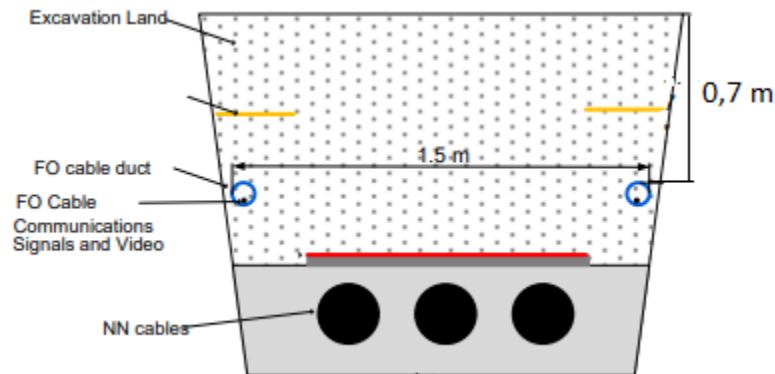
3.2.2.8 Lądowa instalacja światłowodowa

Kabel światłowodowy należy układać w rurze ułożonej wzdłuż lądowej trasy kabla eksportowego: bezpośrednio układanie kabla w ziemi jest niedozwolone. Odcinki fabryczne nie powinny mieć żadnych połączeń. Łączenie odcinków fabrycznych powinno odbywać się w przewidzianych do tego celu studzienkach na mufy przejściowe.

Liczbę rurociągów światłowodowych do ułożenia w każdym wykopie Właściciel wskazuje indywidualnie dla każdego konkretnego projektu. Zasadniczo należy ułożyć dwie rury w odległości co najmniej 1,5 m od siebie, po przeciwnej stronie wykopu. Rura powinna być wykonana z HDPE Ø 40 mm z wewnętrzną warstwą poślizgową lub rowkowaną o grubości ścianki co najmniej 3,7 mm, o dużej gęstości i odporności na ściskanie, nadająca się do układania bezpośrednio w gruncie. Rurę należy układać na głębokości co najmniej 70 cm

od poziomu gruntu. Przykładowe układanie kabla światłowodowego w rurach wzdłuż linii kablowej NN przedstawiono na

Rysunek 3-7. Łączenia rur należy wykonywać za pomocą złączek rurowych o wymiarach dostosowanych do średnicy rur. Zaleca się stosowanie złączek rozbiernalnych.



EN	PL
Excavation Land	Teren wykopu
FO cable duct	Rurociąg kablowy światłowodowy
FO Cable	Kabel światłowodowy
Communications Signals and Video	Sygnały komunikacyjne i sygnał wideo
NN cables	kable NN

Rysunek 3-7: Ułożenie kabla światłowodowego w wykopie

W przypadku instalacji systemu kablowego w układzie trójkątnym miejsce ułożenia kabla światłowodowego należy wcześniej uzgodnić z Właścicielem.

Opisany powyżej kabel światłowodowy służy do komunikacji. Jeżeli do celów monitorowania temperatury (np. system DTS) wymagany jest kabel światłowodowy, należy go zamontować jak najbliżej centralnego kabla elektroenergetycznego.

W przypadku kabla lądowego można wziąć pod uwagę również SST PSE dotyczącą kabla podziemnego NN 220 kV [18] i [19].

3.2.3 Zabezpieczenie morskiej linii kablowej

Na obszarach o bardziej miękkim gruncie najczęściej stosuje się wplukiwanie kabla w dno morskie po ułożeniu. Jeśli dno morskie składa się z zagęszczonego piasku lub na przykład twardej gliny, można wcześniej wykonać wykopy. Jako kompromis między określonym poziomem ochrony a możliwością odprowadzania ciepła przez kabel elektroenergetyczny należy również wybrać odpowiednią głębokość zakopywania. Typowa głębokość zakopywania w piasku to 1-2 m. Na obszarach ze skałami, gdzie wykopy są trudne i niepraktyczne, kabel można zabezpieczać przez zwałowanie materiału skalnego lub betonowe materace. Na twardszych gruntach mniejsza głębokość zakopywania może być wystarczająca, ale jest akceptowana tylko na obszarach o niskim ryzyku uszkodzenia mechanicznego przez kotwicę, sieci rybackie itp. (w zależności od wyników badań i analizy ryzyka związanego z zakopywaniem kabla (CBRA)).

Bardziej szczegółowy opis zabezpieczania kabli można znaleźć w [17].

Zabezpieczenia kabli na szlakach żeglugowych powinny być dobrane z uwzględnieniem wielkości statków i ich kotwic w połączeniu ze znajomością właściwego poziomu ochrony dna morskiego przed potencjalnym przebicciem przez kotwicę.

Wymagania w zakresie zabezpieczania kabli powinny być oceniane indywidualnie dla każdego przypadku wraz z oceną ryzyka związanego z zakopywaniem kabla (Cable Burial Risk Assessment - CBRA), która ma być wykonana po wstępnych badaniach. W celu określenia głębokości i metody zakopywania na poszczególnych obszarach, na których ma być zakopany kabel należy wykonać studium wykonalności zakopania (Burial Assessment Study).

Ponieważ zabezpieczenie kabli morskich stanowi znaczną część kosztów inwestycji, dlatego też decyzja o sposobie zabezpieczenia powinna być podjęta dopiero po przeprowadzeniu szczegółowych analiz w tym analizy ryzyka.

W takiej analizie porównuje się koszty zabezpieczania i koszty naprawy. W analizie tej należy uwzględnić wszelkiego rodzaju zagrożenia uszkodzenia kabla (spowodowane rybołówstwem, kotwiczeniem statków, ruchami dna morskiego, czynnikami geologicznymi itp.). W ocenie należy również uwzględnić rodzaj podłoża gruntowego dna morskiego wzdłuż trasy. CBRA zwykle wykonuje się na etapie przedsięwzięcia, gdy określana jest trasa kablowa. Wskazane jest przeprowadzenie takiej analizy przed przetargiem aby dostarczyć oferentom danych do przygotowania wiarygodnej oferty.

Przykładowo podejście do zabezpieczania zakopywanego kabla oparte na ryzyku związanym ze szkodliwym oddziaływaniem czynników zewnętrznych na względnie stabilnym dnie morskim opisano w Zalecanych praktykach [9] i obejmuje opisane poniżej etapy:

- określenie ryzyka szkodliwego oddziaływania czynników zewnętrznych wzdłuż trasy kablowej (rzucana kotwica, wleczona kotwica, oddziaływanie ze strony narzędzi połowowych),
- określenie właściwości gruntu (analiza danych pomiarowych wzdłuż trasy kablowej) w celu oceny potencjalnych głębokości penetracji – w przypadku długich kabli trasę kablową można podzielić na odcinki o podobnym profilu ryzyka,
- zastosowanie metody jakościowej, ilościowej lub ilościowej w celu określenia minimalnej głębokości zakopywania, która jest zgodna z założeniami projektu kablowego.

Wytyczne dotyczące analizy CBRA przekazuje Carbon Trust [55].

Metodę ochrony kabli należy określić z wyprzedzeniem, uwzględniając ewentualne ograniczenia i wymagania środowiskowe (np. organy ds. rybołówstwa i odpowiednie przepisy, morski obszar chroniony itp.).

Niezależnie od wybranego sposobu zabezpieczania Wykonawca określi procedury układania i sprzęt w celu uzyskania wymaganego w umowie poziomu ochrony (np. głębokość zakopywania określonego odcinka) bez ryzyka uszkodzenia kabla.

Procedurę montażu zabezpieczeń kabla należy wcześniej uzgodnić z Właścicielem.

Na odcinku zakopywania Wykonawca przeprowadzi pomiary w stanie po ułożeniu/zabezpieczeniu kabla w celu wykazania, że osiągnięto poziom ochrony wskazany w kontrakcie i uzgodnionej procedurze montażu.

Wykonawca powinien wykazać się doświadczeniem w podobnych pracach zabezpieczających kable. W tym celu na etapie przetargu należy przedstawić historię dotychczas zrealizowanych projektów. Powyższe doświadczenie należy wykazać również w odniesieniu do sprzętu zabezpieczającego i proponowanej procedury.

Dwie podstawowe metody układania i zakopywania kabla to:

- Jednoczesne układanie i zakopywanie (SLB): układanie i zakopywanie kabla w ramach jednej operacji.
- Zakopywanie po ułożeniu (PLB): metoda układania kabla po przez ułożenie kabla na powierzchni ziemi wzdłuż trasy, a następnie wprowadzenie do uprzednio wykonanego wykopu lub zakopanie przez inne urządzenie np. metodą płuzenia.

W przypadku zakopywania po ułożeniu Wykonawca zapewni właściwy nadzór nad kablem morskim położonym na dnie morskim (ale nadal niezabezpieczonym) w celu uniknięcia ewentualnych szkód ze strony osób trzecich (np. na skutek kotwiczenia, rybołówstwa, prac morskich itp.).

Należy określić wymagania w zakresie mechanicznego zabezpieczania kabla między wyjściem rury w kształcie J a głowicą kablową, ze szczególnym uwzględnieniem „podmywania” falami i wibracjami. Taki aspekt należy określić w odniesieniu do każdego konkretnego przedsięwzięcia. Patrz również DNVGL-RP-0360 [9] punkt 4.7.3.3.

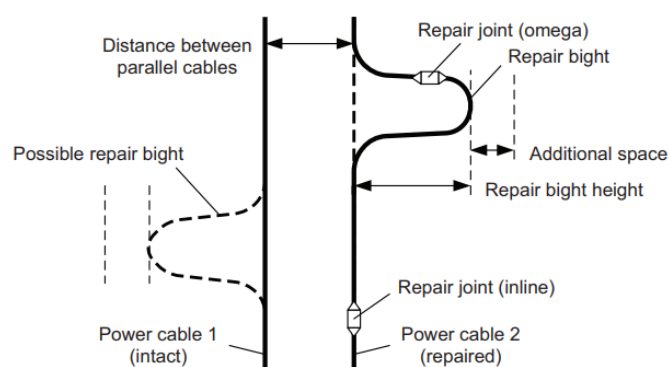
W przypadku rury w kształcie J niezbędnej do wprowadzenia kabla do stacji morskiej parametry takie jak np.:

- średnica zewnętrzna,
- kąty zginania,
- odległości między rurami itp.

zostaną określone przez Wykonawcę zgodnie z najlepszymi praktykami i będą technicznie uzasadnione.

3.2.4 Konfiguracje układania kabli, odległości między kablami jednej linii oraz między liniami kablowymi ułożonymi na morzu i lądzie, z uwzględnieniem oddzielnych kabli światłowodowych

W przypadku odcinka morskiego odległość między dwoma kablami (zarówno elektroenergetycznymi, jak i światłowodowymi) powinna być wystarczająca, aby w przyszłości umożliwić ewentualne naprawy. Jako wstępna wartość szacunkowa taka odległość powinna być co najmniej dwukrotnością głębokości wody, niemniej jednak należy ją określić z uwzględnieniem lokalnych warunków środowiskowych oraz procedur układania i naprawy. Niektóre zalecenia i wytyczne, które należy wziąć pod uwagę przy ocenie odległości między równoległe ułożonymi morskimi kablami, są szczegółowo opisane w dokumencie DNVGL-RP-0360 [9]. Poniższy rysunek przedstawia przykładowy sposób wykonania naprawy w przypadku dwóch równoległych kabli.



EN	PL
Distance between parallel cables	Odległość między kablami równoległymi
Repair joint (omega)	Mufa naprawcza (omega)
Repair bight	Pętla naprawcza
Additional space	Dodatkowa przestrzeń
Possible repair bight	Potencjalna pętla naprawcza
Repair bight height	Wysokość pętli naprawczej
Repair joint (inline)	Mufa naprawcza (w linii)
Power cable 1 (intact)	Kabel elektroenergetyczny 1 (nienaruszony)
Power cable 2 (repaired)	Kabel elektroenergetyczny 2 (naprawiony)

Rysunek 3-8: Odległość między dwoma równoległe ułożonymi kablami do naprawy [9]

W odniesieniu do Rysunek 3-8 minimalna odległość między dwoma równoległymi kablami zależy od niezależności termicznej (kilka metrów) kabli i ewentualnych czynności konserwacyjnych z uwzględnieniem głębokości wody. Typowy zakres odległości kabla w części morskiej może wynosić około 50 m [9] i w obszarze wyjścia na ląd należy go zmniejszyć. Należy zauważyć, że 50 m to typowa odległość tylko dla dwóch kabli, a ostateczny wybór odległości będzie zależał od głębokości wody i liczby równoległych kabli. Ze względu na potencjalne jednoczesne uszkodzenia mechaniczne nie zaleca się układania kabli zbyt blisko siebie.

Jeśli ułożono więcej niż dwa równoległe kable, przestrzeń wymagana do ułożenia „pętli” jest głównym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę przy ustalaniu odległości między kablami. Te same uwagi można zastosować w przypadku obecności niezależnego kabla światłowodowego.

W przypadku odcinka lądowego nie ma szczególnych ograniczeń co do odległości między liniami kablowymi, a odległość tę należy rozpatrywać z punktu widzenia projektu termicznego i aspektów naprawy. Odległość między liniami kablowymi należy określać podczas

wyznaczania trasy z uwzględnieniem lokalnych aspektów środowiskowych. Skrzynki cross-bondingowe do krzyżowania ekranów i ich uziemienie należy uwzględnić w fazie projektowania przedsięwzięcia.

3.2.5 Wytyczne dotyczące stosowania horyzontalnych przewiertów sterowanych (HDD) lub innych technologii bezwykopowych i ich wpływ na pracę kabla

Ogólne zalecenia dotyczące technik układania kabli lądowych są zawarte w [61]: niniejszy dokument zawiera pewne wymagania dotyczące technologii bezwykopowych w zakresie kabli energetycznych zarówno w ramach instalacji morskich (punkt wyjścia na ląd), jak i na lądzie. Obszerniejsze i bardziej wyczerpujące wytyczne na ten temat można znaleźć w Cigre TB 770 [7].

Horyzontalne przewiertu sterowane (HDD) są najczęściej stosowanym bezwykopowym rozwiązaniem w przypadku kabla morskiego w rejonie wyjścia na ląd, a stosuje się je, gdy nie jest możliwe wykonanie wyjścia na ląd kabla metodami tradycyjnymi, które przewidują wykop otwarty na wybrzeżu. W kilku szczególnych przypadkach zastosowano również mikrotunelowanie. W przypadku odcinka kabla lądowego przewiert HDD jest najczęściej stosowanym rozwiązaniem w razie skrzyżowania z inną infrastrukturą, taką jak rzeki, drogi lub linie kolejowe. Niemniej jednak zgodnie z Cigre [7] w określonych przypadkach można stosować też inne technologie, ale ze względu na ogólnie wysoki stopień złożoności powinny podlegać ocenie i mogą być rozważane w przypadku specjalnych wymagań dotyczących przecinania innych instalacji lub skutków ekonomicznych.

Decyzję o zastosowaniu przewiertów HDD (lub innych technik bezwykopowych) należy oceniać indywidualnie dla każdego przypadku z uwzględnieniem warunków lokalnych, aspektów środowiskowych i technicznych. Wykonanie lądowania kabla morskiego za pomocą otwartego wykopu można uznać za najbardziej praktyczne, również biorąc pod uwagę wpływ kosztów prac w ramach przewiertów HDD.

W przypadku wyjścia na ląd kabla morskiego kabel trójżyłowy powinien być ułożony w jednym przepuście, podczas gdy w części lądowej może być jeden przepust na każdą fazę albo – w zależności od długości, naprężeń rozciągających podczas ciągnięcia lub szczególnych wymagań – wszystkie trzy fazy mogą być układane bezpośrednio w jednym przepuście. W takim wypadku trzy przepusty można umieścić w jednej dużej obudowie do przewiertów HDD [7].

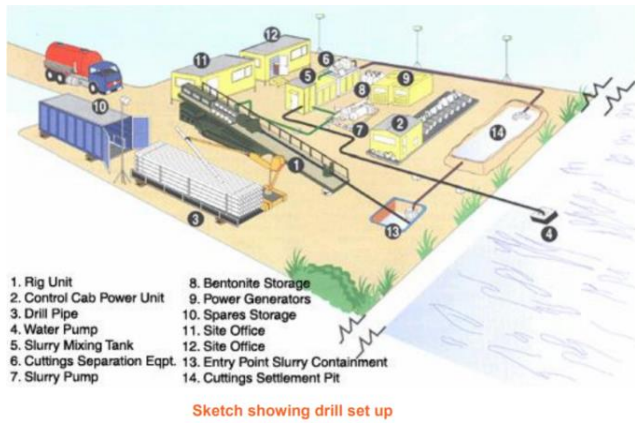
Przepust HDD powinien być wykonany z HDPE, a jego rozmiar powinien mieścić się w zakresie 2,0-2,5-krotności średnicy zewnętrznej kabla odpowiednio w przypadku kabla lądowego

i morskiego. Grubość przepustów powinna być odpowiednio dobrana przez Wykonawcę do konkretnych prac instalacyjnych z uwzględnieniem wymagań mechanicznych (długość i profil przewiertów HDD itp.).

Długość i profil przewiertów HDD określa się z uwzględnieniem lokalnej konfiguracji środowiskowej; w zależności od geologii i konstrukcji kabla możliwe jest osiągnięcie długości przewiertów HDD do 2000 m [7]. W przypadku układania przy użyciu przewiertów HDD Wykonawca ocenia zachowanie mechaniczne kabla (szczególnie w przypadku długiego przewiertu HDD), a podczas układania nie należy przekraczać maksymalnego naciągu kabla podanego przez Wykonawcę (patrz dane gwarantowane w pkt 3.6).

W celu określenia wykonalności przewiertu HDD należy z wyprzedzeniem w ramach analizy dokumentacji przeprowadzić specjalne studium wykonalności obszaru lokalnego wraz z badaniami geotechnicznymi. Wykonalność należy ocenić zarówno z technicznego, jak i środowiskowego punktu widzenia.

W studium wykonalności należy również uwzględnić przestrzeń wymaganą do układania w obszarze roboczym wszystkich urządzeń do przewiertów HDD (patrz Rysunek 3-9).



EN	PL
Rig Unit	Wiertnica
Control Cab Power Unit	Jednostka zasilająca kabiny sterowniczej
Drill Pipe	Żerdź wiertnicza
Water Pump	Pompy wody
Slurry Mixing Tank	Zbiornik do mieszania płuczki
Cuttings Separation Eqpt.	Urządzenia do oddzielenia urobku
Slurry Pump	Pompa zawiesiny
Bentonite Storage	Magazyn bentonitu
Power Generators	Agregaty prądowłórcze
Spares Storage	Magazyn na części zamienne
Site Office	Zaplecze biurowe
Entry Point Slurry Containment	Zbiornik na płuczkę w punkcie wejścia
Cuttings Settlement Pit	Osadnik na urobek
Sketch showing drill set up	Szkieł przedstawiający konfigurację wiertła
Typical site setup at launch pit	Typowa konfiguracja placu montażowego przy wyrobisku początkowym

Rysunek 3-9: Szkic przedstawiający układ elementów do przewierć HDD (po lewej), typowa konfiguracja placu przy wyrobisku początkowym [7]

Profil przewierć HDD pod względem głębokości i odległości między kablami należy określić z uwzględnieniem aspektu termicznego kabla, tj. należy sprawdzić parametry znamionowe kabla. W tym celu Wykonawca oceni, czy rura musi być wypełniona, czy nie.

Wykonawca powinien wykazać się doświadczeniem w podobnych pracach z przewierciami HDD. W tym celu należy przedstawić historię poprzednich zrealizowanych projektów.

Przewierć HDD są jednym z dostępnych bezwykopowych rozwiązań w przypadku kabla morskiego w rejonie wyjścia na ląd, stosowanym zazwyczaj w sytuacji, gdy nie jest możliwe wykonanie wyjścia kabla na ląd metodami tradycyjnymi, które przewidują wykop otwarty na wybrzeżu.

3.2.6 Skrzyżowanie kabli z inną infrastrukturą

ODCINEK MORSKI

W oceanie znajduje się już istniejąca infrastruktura, taka jak kable telekomunikacyjne, rury i kable elektroenergetyczne. Podczas określania trasy kablowej należy wziąć pod uwagę taką infrastrukturę, aby zmniejszyć liczbę skrzyżowań z nowym kablem, jednak czasami nie jest możliwe uniknięcie takiego skrzyżowania, dlatego każde z nich musi zostać zaprojektowane, wymagane jest także porozumienie prawne. Każde skrzyżowanie z istniejącą infrastrukturą (rurociąg, kabel telekomunikacyjny, kabel elektroenergetyczny) ma swoją własną charakterystykę i podlega osobnej ocenie.

Najlepsze praktyki dotyczące skrzyżowań omówiono w dokumentacji ICPC. Wytyczne dotyczące kwestii projektowych w zakresie skrzyżowań między kablami

elektroenergetycznymi a istniejącymi lub nowymi kablami telekomunikacyjnymi można znaleźć w Zaleceniach ICPC 2 i 3 [15].

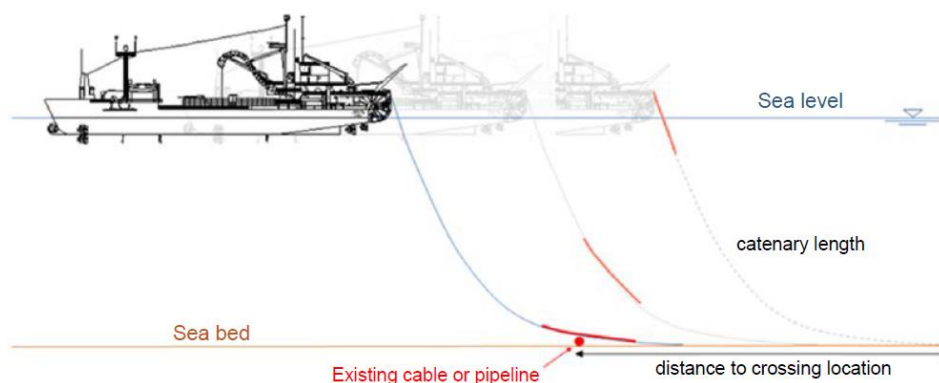
Wymagania dotyczące skrzyżowań zależą od rodzaju przecinanej infrastruktury.

W przypadku gdy przecinana infrastruktura to kabel telekomunikacyjny, ze względu na jego mały rozmiar zwykle wystarczy zamontować przegubową rurę z tworzywa sztucznego, aby zapewnić odpowiednią ochronę i odstęp między dwoma kablami. Ma to na celu zachowanie minimalnego wymogu fizycznej i galwanicznej separacji między dwiema instalacjami. Powszechnie stosowanym rozwiązaniem są połówkowe powłoki poliuretanowe, wykonywane poprzez owinięcie wokół kabla i zabezpieczenie taśmami ze stali nierdzewnej. Izolacja termiczna rury z tworzywa sztucznego powinna być uwzględniona w obliczeniach obciążalności kabla.



Rysunek 3-10: Rura z tworzywa sztucznego [1]

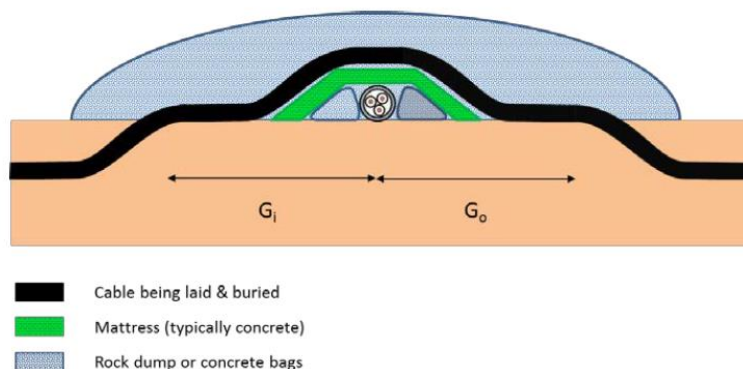
Podczas prac montażowych należy wziąć pod uwagę głębokość wody w każdym miejscu przecięcia instalacji, tak aby umiejscowienie osłon ochronnych zostało prawidłowo dobrane, biorąc pod uwagę położenie statku i długość krzywej łańcuchowej kabla. Długość odcinka rury należy dobrać tak, aby uzyskać montaż w prawidłowej pozycji. Taka długość mieści się w przedziale 25-50 m i należy ją uzgodnić z właścicielem kabla telekomunikacyjnego (patrz Rysunek 3-11).



EN	PL
Sea level	Poziom morza
catenary length	Długość krzywej łańcuchowej
Sea bed	Dno morskie
Existing cable or pipeline	Istniejący kabel lub rurociąg
distance to crossing location	Odległość do miejsca skrzyżowania

Rysunek 3-11: Montaż osłon na skrzyżowaniach kabli [1]

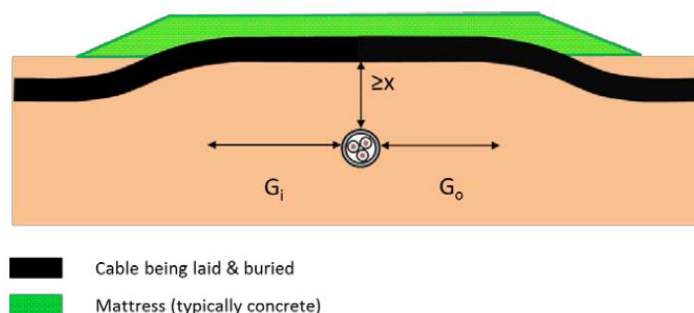
Jeśli kabel przecina większą instalację (taką jak rurociągi naftowe/gazowe lub kabel elektroenergetyczny), konieczne jest zaprojektowanie skrzyżowania w taki sposób, aby uniknąć kabla swobodnie zwisającego bez podparcia. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu worków z piaskiem, kamieni lub betonowych materacy. Warstwa ochronna składająca się z tych samych środków powinna być zastosowana na wierzchu kabla po jego ułożeniu (patrz Rysunek 3-12).



EN	PL
Cable being laid & buried	Kabel będący układany i zakopywany
Mattress (typically concrete)	Materac (zazwyczaj betonowy)
Rock dump or concrete bags	Hałda kamieni lub worki z betonem

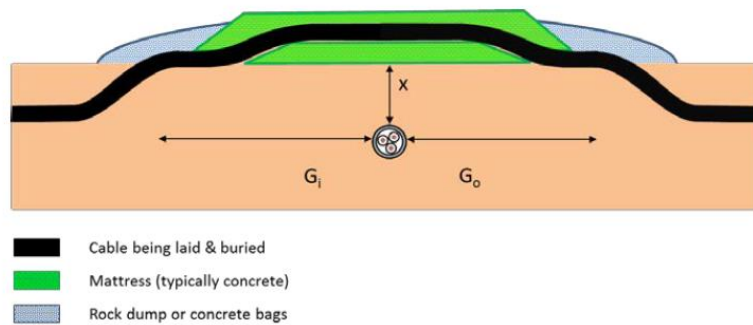
Rysunek 3-12: Skrzyżowanie instalacji położonej na powierzchni, szkic główny [1]

W przypadku gdy skrzyżowanie znajduje się w miejscu zakopywania istniejącej instalacji, aby uniknąć ewentualnych uszkodzeń podczas układania kabla, kabel eksportowy należy położyć na dnie morskim z dodatkową ochroną w postaci materacy betonowych (patrz Rysunek 3-13). Odległość „x” między kablem eksportowym a istniejącą infrastrukturą jest uzgadniana z jej właścicielem, ale w każdym przypadku musi wynosić co najmniej 30 cm. Może być wymagana dodatkowa ochrona (patrz Rysunek 3-14). Odległość po każdej stronie przecinanej instalacji (G_0 i G_1) należy uwzględnić na etapie projektowania i uzgodnić z jej właścicielem. Takie odległości zostaną określone przez Wykonawcę w celu uniknięcia ewentualnego ryzyka uszkodzenia istniejącej infrastruktury. Proponowana metoda układania, jak również lokalne warunki środowiskowe będą brane pod uwagę przy ocenie indywidualnie dla każdego przypadku.



EN	PL
Cable being laid & buried	Kabel będący układany i zakopywany
Mattress (typically concrete)	Materac (zazwyczaj betonowy)

Rysunek 3-13: Skrzyżowanie z dużą instalacją (kabel, rura itp.) bez dodatkowej ochrony między instalacjami, szkic główny [1]



EN	PL
Cable being laid & buried	Kabel będący układany i zakopywany
Mattress (typically concrete)	Materac (zazwyczaj betonowy)
Rock dump or concrete bags	Hałda kamieni lub worki z betonem

Rysunek 3-14: Skrzyżowanie z dużą instalacją z dodatkową ochroną między instalacjami, szkic główny [1]

W ramach wstępnej analizy należy od samego początku zbadać aspekty dotyczące skrzyżowań i wstępne ułożenie kabli. Rozmowy z właścicielami infrastruktury należy rozpocząć jak najszybciej, aby rozpoznać potencjalne ograniczenia.

Również w tym przypadku przy ocenie kabla należy uwzględnić izolację termiczną materiału ochronnego.

Niezależnie od rodzaju infrastruktury skrzyżowania należy wykonywać jak najbardziej zbliżone do kąta prostego (90°). Wymóg ten zostanie uwzględniony przez Wykonawcę podczas określania ostatecznej trasy kablowej oraz podczas prac montażowych. Jeśli skrzyżowanie jest wykonywane pod kątem $> 45^\circ$, wpływ napięć indukowanych jest znikomy.

Należy zauważyć, że w projekcie należy uwzględnić aspekty elektryczne (np. indukcja), termiczne, mechaniczne i uziemienie (np. korozja). Wykonawca wykaże, że ostateczny projekt skrzyżowania nie będzie stanowić problemu dla morskiego kabla eksportowego ani dla infrastruktury, z którą będzie się krzyżować.

Specyfikacja projektowa skrzyżowania powinna określać wymagania dotyczące następujących kwestii [9]:

- minimalna (pionowa) odległość między istniejącą instalacją a kablem,
- współrzędne skrzyżowania,
- oznaczenie istniejącej instalacji,
- potwierdzenie położenia i orientacji istniejących instalacji po obu stronach skrzyżowania,
- układ i profil skrzyżowania,
- grubość osłony,
- montaż konstrukcji wsporczych lub podsypek żwirowych,
- stabilność zabezpieczenia, w tym metody zapobiegania podmywaniu/wypłukiwaniu i erozji wokół podpór,
- pozycjonowanie/kotwiczenie statków,
- techniki instalowania/zakopywania i minimalne odległości, w tym strefy bezpieczeństwa,
- metody monitorowania i kontroli,
- wymagania dotyczące tolerancji, marginesy bezpieczeństwa,
- wszelkie inne wymagania niezbędne w danym przypadku.

Przewidywane położenie przecinanego elementu należy zweryfikować z uwzględnieniem trasy kablowej istniejącej infrastruktury po ułożeniu. Takie dane powinien z wyprzedzeniem przekazać Właściciel infrastruktury. Właściciel przedstawi również stan instalacji i odpowiednie szczegóły (tj. czy i w jaki sposób dany składnik infrastruktury jest zabezpieczony za pomocą zakopywania lub innych metod).

Ponieważ może wystąpić różnica między położeniem oczekiwanym a faktycznym, przed przystąpieniem do prac montażowych należy zweryfikować lokalizację (położenie i głębokość)

istniejącej infrastruktury, np. wizualnie za pomocą pojazdu ROV/sonaru lub –jeśli jest ona zakopana – za pomocą systemu śledzenia. Weryfikacji takiej Wykonawca dokona podczas szczegółowego badania morskiego mającego na celu określenie ostatecznej trasy kablowej. Zgodnie z zaleceniem 3 ICPC [15] minimalny czas na powiadomienie operatorów telekomunikacyjnych wynosi 2 tygodnie przed rozpoczęciem jakiejkolwiek działalności operacyjnej, która może mieć wpływ na funkcjonowanie infrastruktury będącej w eksploatacji. Przygotowania do wykonania skrzyżowania rurociągów i kabli należy przeprowadzić zgodnie ze specyfikacją uzgodnioną i opisaną w umowie dotyczącej skrzyżowania.

Czynności związane z realizacją skrzyżowania powinny być monitorowane wizualnie (należy wykonać nagranie), aby potwierdzić prawidłowe umieszczenie i konfigurację podpór, stanowiących część zakresu prac Wykonawcy, nagranie może zostać wykorzystane do wykazania Właścicielowi infrastruktury prawidłowego montażu w miejscu skrzyżowania.

W przypadku równoległego położenia względem innej infrastruktury minimalna odległość powinna być co najmniej dwukrotnością głębokości wody. W celu weryfikacji zakłóceń pomiędzy dwoma kablami/infrastrukturami Wykonawca przedstawi specjalne obliczenia. Metodę oceny wpływu kabli prądu przemiennego na inną infrastrukturę (rurociągi, instalacje telekomunikacyjne lub kable prądu przemiennego lub stałego) należy rozpatrywać zgodnie z następującymi dokumentami:

- CIGRE n. 95 “Guide on the influence of high voltage AC power systems on metallic pipelines” (1995) [Wpływ instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego wysokiego napięcia na rurociągi metalowe] [52]
- EN 50443 “Effects of electromagnetic interference on pipelines caused by high voltage a.c. electric traction systems and/or high voltage a.c. power supply systems” [Skutki zakłóceń elektromagnetycznych w rurociągach wywoływane oddziaływaniem wysokonapięciowych systemów kolejowej trakcji elektrycznej prądu przemiennego i/lub wysokonapięciowych systemów zasilania prądu przemiennego] [53]
- CIGRE TB 801 “Guidelines for safe work on cable systems under induced voltages or currents” [Wytyczne dotyczące bezpiecznej pracy w systemach kablowych pod napięciem lub prądem indukowanym] [60]

Dopuszczalne odległości zbliżenia między linią kablową a istniejącą infrastrukturą zostaną określone na wstępnym etapie projektowym. Odległości te mogą się różnić w zależności od danego przypadku i zależą od wielu czynników takich jak:

- metody i procedury układania i naprawy,
- lokalne uwarunkowania i ograniczenia środowiskowe,
- przepisy krajowe lub regionalne,
- konieczność unikania ryzyka wzajemnych szkód podczas pracy obu infrastruktur, biorąc pod uwagę cały okres eksploatacji.

3.2.7 Metody oznaczania tras kablowych

Trasa kabla morskiego musi być odpowiednio wskazana na urzędowych mapach morskich. Już po zakończeniu układania/montażu kabla należy oficjalnie powiadomić władze morskie, aby umożliwić prawidłowe oznaczenie trasy kablowej na urzędowych mapach morskich. Należy podać dane dotyczące położenia kabla po jego ułożeniu. Realizujący projekt inwestycyjny dostarczy odpowiednim władzom dokumentację powykonawczą kabla w celu wprowadzenia trasy kabla na mapach morskich.

Na określonych obszarach oprócz oznaczenia obecności kabla można dodać dodatkowe znaki, szczególnie w obszarze kotwiczenia, w celu wyraźnego wskazania ograniczeń w tym zakresie.

Na płytkiej wodzie lub na określonym obszarze (np. w przypadku dużego ruchu morskiego) kable morskie mogą być oznaczone za pomocą odpowiednio oznakowanych i oświetlonych pław.

W rejonie wyjścia na ląd morska linia kablowa musi być oznaczona odpowiednimi słupkami oznaczeniowymi. Ponadto w wykopie analogicznie należy zamontować taśmę ostrzegawczą

do oznakowania kabla lądowego. Należy zaznaczyć, że słupków oznaczeniowych nie można umieszczać wszędzie, ale przynajmniej w rogach pól i na granicy dróg. Można również zastosować oznaczenia w chodnikach.

Na obszarze lądowym, trasa kabla eksportowego powinna być oznaczona odpowiednimi oznaczeniami i słupkami.

3.2.8 Metody ograniczania oddziaływania na środowisko, pola elektromagnetycznego i innych oddziaływań linii

3.2.8.1 Wpływ związany z układaniem linii

Oddziaływanie morskich kabli energetycznych na środowisko jest na ogół bardzo ograniczone. Podczas układania kabli występuje wpływ na dno morskie, jeśli są one zakopywane. Aspekt ten należy wcześniej ocenić podczas analizy wstępnej (wchodzi to w zakres DTS), ponieważ trasa kablowa musi być oceniona również z punktu widzenia ochrony środowiska.

W przypadku gdy kabel układany jest na dnie morskim, oddziaływanie na środowisko podczas układania jest związane wyłącznie z pracą statku układającego (tj. zanieczyszczenie, hałas), którą można uznać za standardową pracę morską. Pod względem hałasu układanie kabli nie jest uważane za problematyczne. Kable energetyczne układane są na dnie morskim w bardzo delikatny sposób z prędkością około 400-500 m/h, bez szczególnego oddziaływania na dno morskie. Na obszarach, na których występują chronione gatunki flory i fauny (np. koralowce lub trawa morska), należy wziąć pod uwagę szczególne środki ostrożności, na przykład na obszarze tym unikać zakopywania kabli (w zależności od lokalnych przepisów) i stosować alternatywne metody zabezpieczania kabla (np. żeliwne osłony lub przewiertu HDD, jeśli obszar znajduje się blisko brzegu).

Jeśli chodzi o technikę horyzontalnego przewiertu sterowanego (HDD), zwłaszcza jeśli jest to rozwiązanie w miejscu wyjścia na ląd służące przejściu między odcinkiem morskim a lądowym, należy wziąć pod uwagę aspekty środowiskowe, takie jak wyciek bentonitu do morza itp. Takie aspekty podlegają ocenie w ramach DTS.

W przypadku kabli lądowych podczas badań trasowania należy wyznaczyć obszary ekologicznie chronione i w możliwie największym stopniu unikać ingerowania w nie. Wykonywanie wykopów jest na ogół najbardziej istotną czynnością wpływającą na środowisko, ale większość urobku jest ponownie wykorzystywana do zakopywania wykopów.

3.2.8.2 Oddziaływanie pola magnetycznego

Podczas eksploatacji linii kablowej głównym oddziaływaniem kabla na środowisko jest oddziaływanie związane z wytwarzaniem pola magnetycznego. Kable elektroenergetyczne nie emitują pola elektrycznego, ponieważ są ekranowane za pomocą ekranu metalicznego/powłoki.

W Polsce obowiązują następujące przepisy dotyczące pól magnetycznych:

- *“ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA z dnia 17 grudnia 2019 r. w sprawie dopuszczalnych poziomów pól elektromagnetycznych w środowisku”*

Przepisy te przewidują, że w miejscach dostępnych dla ludzi natężenie pola magnetycznego nie powinno przekraczać 60 A/m (ok. 75 μ T). Oznacza to, że wymóg ten należy uwzględnić na odcinku lądowym.

Jeśli nie jest możliwe ograniczenie pola magnetycznego do akceptowalnego poziomu, nawet w przypadku stosowania kabli w układzie trójkątnym, należy rozważyć specjalne środki zaradcze, np. w postaci ekranu magnetycznego, układów/pętli pasywnych lub aktywnych, które redukują pole magnetyczne w wyniku działania prądów indukowanych. Jeśli środki takie zostaną zaproponowane, Wykonawca musi sprawdzić, czy kabel jest w stanie przenosić prąd znamionowy linii, ponieważ występuje efekt termiczny (więcej informacji na temat wpływu pól elektromagnetycznych na obciążalność i systemy kablowe można znaleźć w Cigre TB 559 [4]).

3.2.8.3 Wpływ termiczny

Innym aspektem, który należy wziąć pod uwagę z punktu widzenia ochrony środowiska, jest wytwarzanie ciepła przez kable elektroenergetyczne: straty w kablach (zjawisko Joule'a i straty dielektryczne) powodują wzrost temperatury, przez co grunt wokół kabla się nagrzewa, zwłaszcza tam, gdzie kabel jest zakopany. Taki wzrost temperatury jest bardzo ograniczony (zwykle o kilka stopni), ale w niektórych krajach istnieją wymogi w tym względzie. Przykładowo w Niemczech maksymalny wzrost temperatury gruntu na dnie morskim wokół kabla nie może przekraczać 2°C i należy to uwzględnić przy projektowaniu kabla. W Polsce nie ma podobnych ograniczeń, stąd wymóg ten nie ma zastosowania. Wzrost temperatury gruntu na odcinku lądowym jest również ograniczony i nie jest traktowany jako problem z punktu widzenia ochrony środowiska.

3.2.9 Ograniczenia w użytkowaniu terenów lądowych i morskich nad liniami kablowymi oraz w bezpośrednim sąsiedztwie tras kablowych

W przypadku kabli lądowych żadne konstrukcje nie mogą znajdować się nad linią kablową. Teren tuż nad kablem można wykorzystać do celów rolniczych, ale tylko do uprawy małych roślin, takich jak zboża itp. W każdym przypadku kabel powinien być dostępny dla przyszłej konserwacji i naprawy, jeśli zajdzie taka potrzeba.

W przypadku kabli morskich kotwiczenie ma być zabronione na całej trasie morskiej kabla eksportowego. Ponieważ kabel musi być wyraźnie wskazany na oficjalnych mapach morskich, jednostki pływające są świadome ograniczeń dotyczących kotwiczenia w danym obszarze, w tym przypadku nie ma konkretnego wskazania korytarza, w którym kotwiczenie jest zabronione. W niektórych szczególnych rejonach, np. w rejonie kotwicowisk, korytarz, w którym kotwiczenie jest zabronione, powinien być wyraźnie zaznaczony na mapach morskich. Szerokość takiego korytarza może wynosić około 200 m, w zależności od głębokości wody i warunków lokalnych. Wymagania w zakresie ochrony kabli mające na celu zapobieganie ewentualnemu kotwiczeniu, powinny zostać ocenione w analizie ryzyka (CBRA). Odległość między kablem eksportowym a inną infrastrukturą, powinna pozwolić na przyszłą naprawę kabla eksportowego i krzyżowanej infrastruktury. ICPC [15] podaje zalecenia dotyczące odległości między równoległymi kablami - na ogół powinna ona być 3 razy większa od głębokości wody lecz nie mniej niż 2 razy większa od głębokości wody.

W rejonie trasy kablowej może być dozwolona również działalność związana z rybołówstwem, dlatego kabel eksportowy powinien być odpowiednio zabezpieczony. Należy z wyprzedzeniem przeprowadzić specjalną analizę mającą na celu zweryfikowanie ewentualnego wpływu narzędzi połowowych na dno morskie na obszarze projektu (analiza CBRA).

Podczas pracy kabla możliwe działania zewnętrzne wykonywane w pobliżu trasy kablowej mogą być monitorowane poprzez systemy DTS/DAS/AIS. Te technologie zabezpieczeń można poddać ocenie w przypadkach, w których przewiduje się potencjalne ryzyko uszkodzenia kabli morskich w wyniku różnych działań morskich, takich jak żeglarstwo, rybołówstwo, kotwiczenie itp.

3.3 Wymagania techniczne dla eksportowego systemu kablowego

3.3.1 Morskie kable elektroenergetyczne

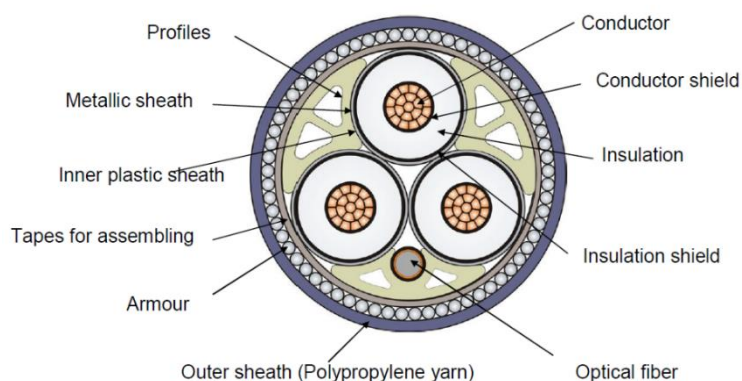
Eksportowe kable morskie do podłączania morskich farm wiatrowych dobierane są zgodnie z następującymi zasadami:

- Kabel trzyżyłowy układa się podczas jednej operacji, natomiast kable jednożyłowe w trzech różnych operacjach.
- Kable trzyżyłowe mają pancierz ze stali ocynkowanej, natomiast kable jednożyłowe pancierz z oplotu miedzianego przy tej samej średnicy żyły, co dodatkowo zwiększa koszty i straty.
- Prąd znamionowy kabla jednożyłowego jest tylko nieznacznie wyższy niż prądu trzyżyłowego.

- W przypadku dużej mocy do przeniesienia pewną liczbę kabli trzyżyłowych można ułożyć równolegle. W przypadku równoległego ułożenia kilku obwodów kabli jednożyłowych zajmowana przestrzeń może być nadmierna i niepraktyczna do realizacji.
- W przypadku kabli trzyżyłowych połączonych równolegle zapewniona jest częściowa redundancja instalacji, natomiast w przypadku trzech kabli jednożyłowych uszkodzenie jednego kabla powoduje całkowitą utratę mocy.
- Należy zauważyć, że redundancję można poprawić przez zastosowanie kabla łączącego między różnymi morskimi stacjami elektroenergetycznymi.

Pod tym względem we wszystkich zrealizowanych do tej pory farmach wiatrowych stosowano wyłącznie trzyżyłowe kable opancerzone. Taki wybór wynika z tego, że koszt ułożenia kabla morskiego jest bardzo wysoki i tego samego lub wyższego rzędu co kabel. Zastosowanie kabli jednożyłowych jest ograniczone do instalacji przesyłowych prądu stałego.

Typowa konstrukcja kabla morskiego



EN	PL
Profiles	Profile
Conductor	Żył
Metallic sheath	Metaliczna powłoka
Conductor shield	Ekran przewodu
Inner plastic sheath	Powłoka wewnętrzna z tworzywa sztucznego
Insulation	Izolacja
Tapes for assembling	Taśmy do montażu
Insulation shield	Ośłona izolacyjna
Armour	Pancerz
Outer sheath (Polypropylene yarn)	Powłoka zewnętrzna (przędza polipropylenowa)
Optical fiber	Światłowód

Rysunek 3-15: Przykładowy projekt trzyżyłowego kabla morskiego [2]

- **Konstrukcja żył:** żyły powinny być okrągłe skręcane zagęszczane z miedzi lub aluminium klasy 2 zgodnie z normą IEC 60228 [13] lub trapezoidalne oraz powinny posiadać uszczelnienie, tak by zabezpieczyć przed wzdłużnym wnikaniem wody. Zabezpieczenie przed wnikaniem wody powinno zostać wykonane w taki sposób, aby zminimalizować wzdłużne rozprzestrzenianie się wody oraz długość kabla do wymiany podczas naprawy. Na żyłę można nałożyć taśmę półprzewodzącą.
- **Układ izolacyjny:** układ izolacyjny powinien być zgodny z wymaganiami normy IEC 62067 [12]. Układ izolacyjny powinien składać się z wewnętrznego wytłaczanego ekranu półprzewodzącego, warstwy izolacyjnej XLPE i zewnętrznego ekranu półprzewodzącego, ściśle połączonego z izolacją. Te trzy warstwy powinny być wytłaczane i utwardzane jednocześnie. Półprzewodzące ekrany wewnętrzne i zewnętrzne jako aktywny wypełniacz przewodzący powinny zawierać drobno zdyspergowaną sadzę. Parametry eksploatacyjne półprzewodzących mieszanek ekranowych i ich wytłaczanie jest bardzo istotne dla kabli WN i NN. Warstwy półprzewodzące powinny być otrzymane z usieciowionej mieszanki

związanej z izolacją na bazie kopolimeru etylenu z akrylanem butylowym (EBA) i kompatybilne z żyłami miedzianymi i aluminiowymi.

Grubość izolacji powinna być określona przez producenta. Grubość izolacji ma wynikać z naprężeń elektrycznych na żyłach i na ekranach na izolacji, mieszczących się w zakresie zatwierdzenia na podstawie badań prekwalityfikacyjnych przeprowadzonych wcześniej (patrz IEC 62067, punkt 13).

- **Ekran metaliczny/powłoka:** powinna składać się z wytłaczanej powłoki ze stopu ołowiu, która jest nakładana na każdą izolowaną żyłę, pod spodem znajduje się pęczniejąca pod wpływem wody taśma, zapobiegająca rozprzestrzenianiu się wody. Stop ołowiu powinien być odpowiedni do zastosowań morskich i pokryty wytłaczaną, półprzewodzącą powłoką z polimeru antykorozyjnego. Grubość powłoki metalicznej ustala się na podstawie kryteriów mechanicznych i elektrycznych ze względu na charakterystykę urządzeń produkcyjnych stosowanych w fabryce oraz w zależności od wymaganej wytrzymałości zwarciowej. Grubość powłoki metalicznej podaje Producent i jest wskazana w karcie katalogowej. Powłoka metaliczna powinna wykazywać wysoki poziom właściwości mechanicznych: spójność, zdolność do zginania podczas produkcji i montażu, a także odporność na zmęczenie podczas montażu i eksploatacyjnych cykli termicznych. Odpowiedniość powłok ze stopów ołowiu pod kątem odporności na zmęczenie musi zostać wykazana na podstawie doświadczenia producenta z kablami morskimi WN i NN. Normy IEC nie wskazują prób, które można przeprowadzić w celu potwierdzenia odporności powłoki na zmęczenie, a producenci opracowali własne procedury wewnętrzne. Odpowiedni dobór konstrukcji i materiału powłoki ołowianej można uzyskać dzięki dotychczasowemu doświadczeniu producenta w podobnych projektach (patrz Cigre TB 490 [2] i TB 610 [1]). Powłoka ze stopu ołowiu powinna być zgodna z normą CENELEC EN 50307-2002 "Lead and lead alloys - Lead and lead alloy sheaths and sleeves of electric cables" [34]. Producent deklaruje rodzaj stopu ołowiu. Minimalny przekrój poprzeczny powłoki metalicznej powinien zapewnić przepływ prądów zwarciowych bez przekraczania maksymalnej dopuszczalnej temperatury podczas zwarcia (IEC 61443 [14] i 60949 [44]). W przypadku zastosowania warstw półprzewodzących nad każdą żyłą kabla trójżyłowego można uwzględnić podział prądów zwarciowych pomiędzy trzy równoległe drogi.
- **Polimerowa antykorozyjna powłoka zewnętrzna pojedynczego kabla:** powinna być typu półprzewodzącego i zwykle wykonana jest z poliolefiny typu ST7 zgodnie z normą IEC 62067. Producent powinien opisać, sposób zagwarantowania integralności powłoki półprzewodzącej podczas produkcji. Maksymalna wartość rezystywności elektrycznej objętościowej powłoki półprzewodzącej nie może przekraczać $1000 \Omega \cdot m$. Wodoszczelność promieniowa kabla zapewniona jest tylko przez metaliczną powłokę. W związku z tym uszczelnienie wzdłużne zapewnione jest wyłącznie pod powłoką metaliczną. W tym celu stosuje się półprzewodzące pęczniejące w wodzie taśmy nakładane spiralnie lub wzdłużnie na każdy kabel jednożyłowy. Zewnętrzną powierzchnię powłoki należy oznaczyć w następujący sposób:
 - nazwa producenta,
 - data produkcji,
 - napięcie U_0 , U , U_m ,
 - przekrój i rodzaj przewodu,
 - numer lub kod identyfikacji fazy.
- **Sposób ułożenia trzech żył w kablu elektroenergetycznym:** przestrzeń wypełnia się wypełniaczami i jednym lub kilkoma włóknami światłowodowymi, tak aby kabel był okrągły, co zapewnia okrągłość ułożenia i odpowiednie podparcie dla pancerza. Przestrzenie między kablami jednożyłowymi wypełnione są przedzą z polipropylenu lub wstępnie uformowanymi wypełniaczami z tworzywa sztucznego. Jako kontrę wyrównawczą można zastosować taśmę miedzianą.

- **Pancerz:** kable morskie powinny być zabezpieczone jedną (lub dwiema) warstwami ocynkowanych ogniowo drutów z powłoką z bitumenu. Jeśli zdolności przesyłowe systemu kablowego mają być zmaksymalizowane, możliwe jest zastąpienie stalowych drutów pancerza drutami ze stali nierdzewnej. Dobór materiału zależy od projektu i różnych warunków, na przykład układania, eksploatacji i kosztów. W przypadku gdy Producent proponuje zastosowanie innych materiałów na pancerz, należy wykazać, że przeprowadzono wszystkie badania typu i że zebrano wcześniejsze doświadczenie eksploatacyjne w odniesieniu do problemów korozyjnych i właściwości mechanicznych, aby zagwarantować oczekiwaną żywotność kabla. Średnicę drutów podaje Producent. Konstrukcja pancerza będzie cechowała się minimalnym skręcaniem przy resztkowym naprężeniu układania i będzie odporna na pętle kabla podczas jego układania i naprawy. Konstrukcja zapewni również naturalną wytrzymałość kabla i wysoką odporność na zgniatanie i uderzenia, a także uszkodzenia mechaniczne. W przypadku kabli morskich stosuje się pancerz z drutu metalowego, aby podczas układania zapewnić wystarczającą wytrzymałość na rozciąganie. Wytrzymałość kabla na rozciąganie należy zweryfikować za pomocą prób mechanicznych zgodnie z zaleceniem CIGRE „Recommendations for mechanical test on submarine cables” [Zalecenia dotyczące badań mechanicznych kabli morskich] opublikowanym w Electra 171, 1997 [63] i najnowszym TB 623, dlatego pancerz musi być zaprojektowany tak, aby spełniał ten wymóg.
- **Zewnętrzna osłona ochronna niewytłaczana:** na warstwę pancerza należy nałożyć dwie warstwy odpornej na ścieranie przędzy z PP. Warstwy te będą nakładane w przeciwnych kierunkach z krótkim, ciasnym ułożeniem. Na warstwę wewnętrzną zostanie nałożona warstwa bitumenu. Warstwa zewnętrzna będzie wykonana z czarnej przędzy z kolorowymi paskami (np. żółtymi lub pomarańczowymi), aby łatwiej było ją dostrzec pod wodą. Zgodnie z umową między producentem kabla a właścicielem na odcinkach kabli wewnątrz rur (wykonanych w ramach przewiertów sterowanych HDD)/rur w kształcie J można rozważyć alternatywną zewnętrzną powłokę z PE w celu zmniejszenia tarcia podczas wciągania.

Jako dokument kontraktowy Wykonawca wypełni arkusze danych technicznych podane w pkt 3.6.

3.3.2 Morskie kable światłowodowe

3.3.2.1 Wbudowany kabel światłowodowy

W takim przypadku kabel światłowodowy powinien być wbudowany w trzyżyłowym morskim kablu elektroenergetycznym (patrz Rysunek 3-15), jest to najwygodniejsze rozwiązanie, ponieważ światłowód jest bardzo delikatny a dzięki takiemu układowi kabel światłowodowy jest dobrze chroniony i jest układany razem z kablem elektroenergetycznym przy minimalnych kosztach. W kablach trzyżyłowych może zmieścić się do trzech wbudowanych kabli światłowodowych. Jednak do podłączenia farmy wiatrowej generalnie przyjmuje się użycie jednego wbudowanego kabla światłowodowego.

Jeśli połączenie z OWF przewiduje więcej kabli elektroenergetycznych ułożonych równolegle, bardziej powszechne i wystarczające do zagwarantowania wymaganej redundancji jest zastosowanie każdego z nich z pojedynczym wbudowanym kablem światłowodowym.

W przypadku podłączenia pojedynczego kabla elektroenergetycznego użycie dwóch wbudowanych kabli światłowodowych gwarantuje redundantne połączenie światłowodowe.

Kilka włókien wbudowanego kabla światłowodowego można przewidzieć dla systemu monitorowania (np. DTS/DAS).

Stosowanie osobnego kabla światłowodowego generalnie nie jest uważane za ekonomiczną alternatywę ze względu na dodatkowe koszty układania i zabezpieczania. W przypadku silnego uderzenia, np. kotwicą, w trzyżyłowy kabel elektroenergetyczny oba kable światłowodowe mogą ulec uszkodzeniu. Połączenie światłowodowe i kabel elektroenergetyczny byłyby nieczynne do czasu naprawy. W związku z tym korzystanie z osobnego kabla światłowodowego może być uzasadnione w przypadku potrzeby

zapewnienia redundancji w instalacjach komunikacyjnych, gdy jedno trzyżyłowe połączenie kablowe zostanie przerwane.

Zewnętrzny kabel światłowodowy dołączony do trzyżyłowego kabla elektroenergetycznego generalnie nie jest zalecany, ponieważ w przypadku poważnego uszkodzenia kabla elektroenergetycznego prawdopodobnie również zewnętrzny kabel światłowodowy zostałby uszkodzony, a także ze względu na dużą różnicę w wadze i wymiarach obu kabli.

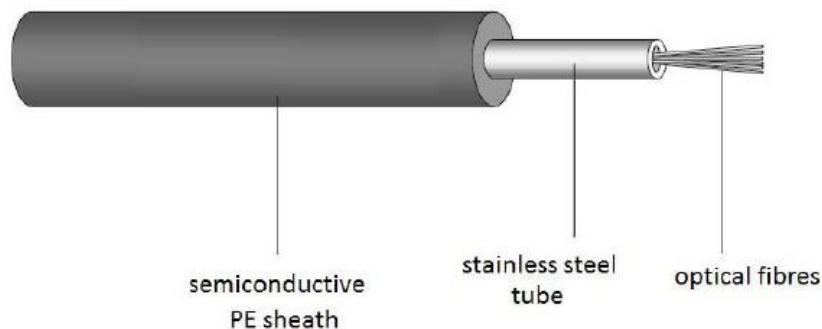
Konstrukcja kabla światłowodowego umieszczanego w szczelinach trzyżyłowego kabla morskiego musi być jednomodowa (zgodnie z normą ITU-T G.652 D [27]). Liczba włókien światłowodowych do wbudowania to 24/36/48 lub więcej zgodnie z określonymi wymaganiami projektu. Włókna powinny znajdować się wewnątrz tuby ze stali nierdzewnej, przy czym należy zastosować żelowy wypełniacz, aby uniknąć kontaktu włókien z wilgocią. Aby zapobiec korozji tuby i wzrostowi napięcia między wbudowanym kablem światłowodowym a żyłami kabla elektroenergetycznego należy zastosować zewnętrzną osłonę z polietylenu półprzewodzącego (Rysunek 3-16). Do monitorowania kabla elektroenergetycznego można użyć ograniczonej liczby włókien (np. 2/4/6). Należy to ocenić, biorąc pod uwagę potrzeby systemu monitorowania kabli w konkretnym projekcie.

Parametry wbudowanych kabli światłowodowych podano w Tabeli 3-6 do wypełnienia przez dostawcę na etapie przetargu.

Charakterystyki transmisji światłowodów należy zweryfikować zgodnie z normami IEC 60793-1 i 60793-2 [23] [24].

Właściwości mechaniczne włókien światłowodowych należy zweryfikować zgodnie z normami IEC 60794-1-1 i 60794-1-2 [25] [26].

Przy projektowaniu i testowaniu kabli światłowodowych należy wziąć pod uwagę normy referencyjne ITU-T [27], [29], [30], [31] i [32].



EN	PL
semiconductive PE sheath	półprzewodząca powłoka z PE
stainless steel tube	rura ze stali nierdzewnej
optical fibres	Światłowody

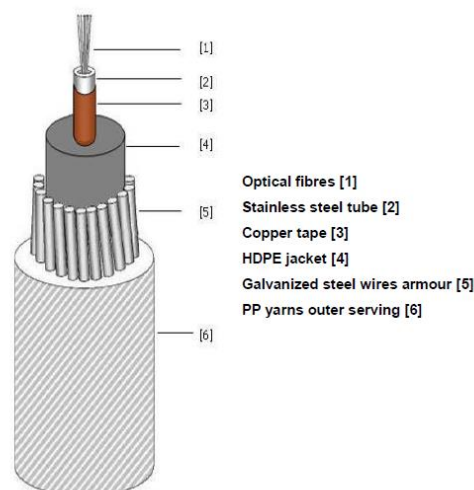
Rysunek 3-16: Wbudowany kabel światłowodowy

3.3.2.2 Oddzielny kabel światłowodowy

Jeżeli jest taka potrzeba można ułożyć niezależny, osobny morski kabel światłowodowy do podłączenia MFW.

Konstrukcja osobnego morskiego kabla światłowodowego musi być jednomodowa (zgodnie z ITU-T G.652 D, normą [43]). Liczba włókien światłowodowych do wbudowania to 24/36/48 lub więcej zgodnie z określonymi wymaganiami projektu.

Konstrukcja osobnego morskiego kabla światłowodowego jest bardziej złożona, co pokazano na poniższym rysunku.



EN	PL
Optical fibres	Światłowody
Stainless steel tube	Rura ze stali nierdzewnej
Copper tape	Taśma miedziana
HDPE jacket	Powłoka HDPE
Galvanized steel wires armour	Pancerz z ocynkowanych drutów stalowych
PP yarns outer serving	Zewnętrzna osłona ochronna niewytłaczana z przędzy polipropylenowej

Rysunek 3-17: Osobny kabel światłowodowy

Wymagania dotyczące osobnego morskiego kabla światłowodowego podano w Tabeli 3-7, do wypełnienia przez dostawcę na etapie przetargu. Na Rysunek 3-17 przedstawiono kabel z pojedynczą warstwą pancerza: w zależności od wymagań montażowych i ochronnych możliwy jest również pancerz dwuwarstwowy.

Charakterystyki transmisji światłowodów należy zweryfikować zgodnie z normami IEC 60793-1 i 60793-2 [23] [24].

Właściwości mechaniczne włókien światłowodowych należy zweryfikować zgodnie z normami IEC 60794-1-1 i 60794-1-2 [25] [26].

Przy projektowaniu i testowaniu kabli światłowodowych należy wziąć pod uwagę normy referencyjne ITU-T [27], [29], [30], [31] i [32].

Głowice i złącza kabli światłowodowych

Głowice i złącza kabli światłowodowych powinny mieć tłumienność nie większą niż 0,05 dB.

3.3.3 Lądowe kable elektroenergetyczne

Poniżej opisano projekt kabla lądowego:

- **Żyłą:** powinna spełniać wymagania IEC EN 60228 [38] okrągła wielodrutowa skręcona zagęszczona klasy 2, wykonana z drutu miedzianego, od przekroju 1200 mm² miedziana, segmentowa typu Milliken. Dopuszcza się okrągłe zagęszczone żyły aluminiowe klasy 2 o przekroju do 1600 mm², żyła aluminiowa większa niż 1600 mm² powinna być segmentowa typu Milliken.
- Wokół żyły można owinać opcjonalną taśmę półprzewodzącą.
- **Układ izolacyjny:** układ izolacyjny powinien być zgodny z wymaganiami normy IEC 62067. Lądowe kable najwyższego napięcia prądu przemiennego z układem izolacji wytłaczanej składają się głównie z usieciowanego polietylenu (XLPE). Układ izolacyjny będzie składać się z wewnętrznego wytłaczanego ekranu półprzewodzącego, warstwy izolacyjnej i zewnętrznego ekranu półprzewodzącego, ściśle połączonego z izolacją. Te trzy warstwy będą wytłaczane i utwardzane jednocześnie. Półprzewodzące ekrany wewnętrzne i zewnętrzne jako aktywny wypełniacz przewodzący powinny zawierać drobno zdyspergowaną sadzę. Parametry eksploatacyjne półprzewodzących mieszanek ekranowych i ich wytłaczanie jest bardzo istotne dla kabli WN i NN. Warstwy

półprzewodzące powinny być otrzymane z usieciowionej mieszanki związanej z izolacją na bazie kopolimeru etylenu z akrylanem butylowym (EBA) i kompatybilne z żyłami miedzianymi i aluminiowymi.

Grubość izolacji powinna być podana przez producenta i wskazana w kontraktowej karcie katalogowej poniżej. Grubość izolacji ma wynikać z naprężeń elektrycznych na żyły i na ekranach na izolacji, mieszczących się w zakresie zatwierdzenia na podstawie badań prekwalifikacyjnych przeprowadzonych wcześniej (patrz IEC 62067, punkt 13).

- **Ekran metaliczny:** składa się z jednej lub kilku warstw spiralnie zwijanych drutów miedzianych i taśmy miedzianej ułożonej ukośnie do drutu miedzianego oraz laminowanej taśmy aluminiowej połączonej z powłoką zewnętrzną kabla, która stanowi promieniową izolację przeciwwilgociową. Powierzchnia przekroju ekranu metalicznego powinna być zaprojektowana tak, aby przenosił on prąd zwarciovowy. Taśma aluminiowa powinna być mocno połączona z powłoką i z miedzianymi drutami przynajmniej na mufach i głowicach. Ewentualnie dopuszcza się zgrzewaną wzdłużnie gładką osłonę aluminiową lub miedzianą. Konstrukcja ekranu metalicznego musi być zgodna z CIGRE 446 [36] i HD 632 [33], o ile ma to zastosowanie.
- Opcjonalnie w obszarze drutów ekranu można umieścić zawierający włókna światłowodowe element ze stali nierdzewnej, wypełniony żelazem. Liczbę tub i światłowodów ustala Właściciel.
- Dodatkowy wbudowany kabel światłowodowy może być dodany do kabla lądowego tylko w celu monitorowania kabla.
- Uszczelnienie wzdłużne zabezpieczające przed przenikaniem wody – należy zastosować warstwę półprzewodzącej, pęczniejącej w wodzie taśmy, nawiniętej pod i na miedzianych drutach ekranu metalicznego, stanowiącą izolację przeciwwilgociową zapobiegającą wzdłużnej migracji wilgoci i wody w kablu.
- **Powłoka zewnętrzna:** będzie wykonana z polietylenu (PE) typu ST7, kolor czarny. Kable do podłączenia do transformatora i kable układane w kanałach kablowych i tunelach powinny mieć niepodtrzymującą płomienia powłokę zewnętrzną zgodną z normą EN 60332-1-2 [37]. W przypadku, gdy Właściciel wskaże tak w zamówieniu, na powłokę zewnętrzną należy nałożyć warstwę półprzewodzącą dla umożliwienia wykonania próby napięciowej w celu sprawdzenia integralności powłoki zewnętrznej.
- **Oznakowanie:** patrz 3.1.8.1

3.3.4 Lądowy kabel światłowodowy

Lądowy kabel światłowodowy układany w tym samym wykopie z kablami elektroenergetycznymi NN będzie miał następującą charakterystykę:

- Liczba światłowodów jednomodowych zgodnie z wymaganiami Właściciela dla konkretnego projektu
- Światłowody układane w tubie wypełnionej żelazem
- Włókna powinny mieć następujące właściwości:
 - Tłumienność przy 1310 nm <0,36 dB/km
 - Tłumienność przy 1550 nm <0,23 dB/km
 - Tłumienność przy 1625 nm <0,25 dB/km
- Kabel powinien być dielektryczny, bez wzdłużnych elementów metalowych, które mogłyby przenosić napięcia indukowane lub napięcia doziemne na końce przyłączy zaciskowych na stacjach.
- Kabel powinien być zabezpieczony przed wnikaniem i rozchodzeniem się wody.
- Do przenoszenia naprężeń mechanicznych podczas montażu należy zastosować linę nośną lub element nośny z syntetycznego włókna aramidowego.

3.3.5 Osprzęt do kabli morskich

3.3.5.1 Mufy elastyczne

Połączenie kablowe wykonane w fabryce jest wytwarzana przed operacją opancerzenia, tak by średnica odcinka kabla zawierającego połączenie nie zwiększała się zasadniczo bez zniekształcania drutów pancerza w pobliżu połączenia. Żyłę należy łączyć za pomocą złązek lub spawania, złączka żyły powinna być odpowiednia do przenoszenia obciążeń podczas układania kabla. Warstwy półprzewodzące i izolacyjne należy odtworzyć przy użyciu tych samych typów materiałów, które zastosowano w kablu. Ciągłość powłoki ołowianej na połączeniach wykonanych w fabryce należy zapewnić poprzez nałożenie na połączenie ołowianej tulei o większej średnicy, a następnie przeciągnięcie tulei do średnicy warstwy spodniej i wsunięcie jej do powłoki ołowianej kabla.

Główną cechą połączenia kablowego wykonanego w fabryce jest to, że nie może ono nakładać żadnych ograniczeń na dalszą obsługę kabli lub czynności instalacyjne, ani też wiązać się ze zmianą parametrów mechanicznych i elektrycznych kabla. Generalnie oznacza to, że połączenia kablowe wykonane w fabryce są w pełni elastyczne, mają ten sam promień gięcia, graniczną siłę ciągnięcia i właściwości w zakresie zwijania (jeśli ma to zastosowanie) w porównaniu z oryginalnym kablem. W przypadku kabli trzyżyłowych długość połączenia kablowego wykonanego w fabryce określa się od początku pierwszego połączenia kabla jednożyłowego do końca połączenia ostatniego kabla jednożyłowego, plus 1 metr na każdym końcu połączenia jednożyłowego.

3.3.5.2 Mufy naprawcze

Mufa naprawcza wykonuje się na całym kablu i zwykle na pokładzie statku lub barki naprawczej (lub w instalacji kablowej w przypadku stosowania mufy naprawczej jako złącza montażowego). Dlatego statek lub barka naprawcza powinna być odpowiednio wyposażona i mieć wystarczającą ilość dostępnej przestrzeni do wykonania operacji na pokładzie. Zgodnie z CIGRE TB 490 mufy naprawcze można podzielić na trzy główne kategorie w zależności od ich właściwości użytkowych:

- Typ A1: Mufy w pełni elastyczne
- Typ A2: Mufy elastyczne z pewnymi ograniczeniami mechanicznymi
- Typ B: Mufy sztywne

W każdym razie mufa naprawcza powinna mieć solidną, wysoce niezawodną konstrukcję i procedurę montażu, aby zapewnić taką samą żywotność projektową jak dla pozostałej części systemu kablowego. Analogicznie, gdy maksymalna siła rozciągająca mufy naprawczej jest mniejsza niż dopuszczalna siła rozciągająca dla kabla, należy podać wszelkie wiążące się z tym ograniczenia w zakresie procedur naprawczych lub warunków środowiskowych (np. maks. fale morskie, prądy lub prędkość wiatru podczas operacji naprawczej) i nie powinny one mieć wpływu na procedurę układania i naprawy.

3.3.5.3 Mufa przejściowa pomiędzy częścią morską a lądową

Mufa przejściowa między kablem morskim a kablem lądowym w danym projekcie jest zwykle sztywnym połączeniem składającym się z prefabrykowanych korpusów mufy. Istnieje możliwość, że kabel lądowy będzie miał inny przekrój lub inny materiał żyły (miedź/aluminium) niż kabel morski. W takim wypadku należy zastosować mufę asymetryczną. Jest wówczas podobna do sztywnej mufy naprawczej do kabla morskiego. Próby mufy przejściowej pomiędzy częścią morską a lądową należy przeprowadzać zgodnie z normą i zaleceniami w zakresie kabli lądowych na odpowiednich odcinkach. Wymagania mechaniczne dotyczące mufy przejściowej pomiędzy częścią morską a lądową mogą się różnić w zależności od przypadku. Jeśli kabel morski jest wpłukiwany w poziome dno morskie, a mufa przejściowa pomiędzy częścią morską a lądową jest umieszczona na brzegu, pancerz może po prostu wymagać zakończenia, podczas gdy sytuacja na stromych zboczach jest inna i może zająć potrzeba przymocowania kabla morskiego przez pancerz. Kwestię tę należy

omówić w zależności od danego projektu. Jeśli trzeba przymocować pancerz, aby utrzymać ciężar kabla, można wziąć pod uwagę różne konstrukcje. Jedną z możliwości jest zakończenie pancerza w stalowym uchwycie połączonym na sztywno (lub zakotwionym) z blokiem kotwiącym wykonanym z betonu. Ten blok lub płyta może służyć jako konstrukcja kanału na mufę. W każdym razie złączka do żyły musi mieć takie same właściwości mechaniczne jak łączące kable lądowe. Dopuszczalne są różne rozwiązania. Propozycja powinna być w pełni kwalifikowana i w żadnym wypadku nie może obniżać niezawodności instalacji.

3.3.5.4 System głowic do kabli morskich

Wszystkie główne urządzenia elektryczne (transformatory, rozdzielnice wysokiego napięcia) powinny być wyposażone w odpowiedni, stały system głowic kablowych zlokalizowanych w łatwo dostępnym miejscu z wystarczającą przestrzenią do demontażu i podłączania zewnętrznych kabli elektroenergetycznych. Światłowody znajdujące się w kablu elektroenergetycznym powinny być zakończone w odpowiednich skrzynkach/szafkach zapewniających odpowiednią ilość miejsca do wykonywania łączenia i przeznaczone są do pracy na morzu. Wejście kabla do obudowy powinno zapewniać skuteczne uszczelnienie. Wszystkie połączenia dla części przewodzących prąd oraz połączenia uziemiające powinny być zamocowane w sposób uniemożliwiający ich poluzowanie w wyniku wibracji. Należy zapewnić odpowiednie punkty uziemienia do mocowania przewodów połączeniowych z głowic kablowych lub ekranu kabla [59].

3.3.6 Osprzęt do kabli lądowych

Osprzęt do kabli powinien stanowić część kompletnego systemu kablowego i spełniać wymagania normy IEC 62067, punkt 6.1. W zależności od konstrukcji i miejsca montażu suche głowice kablowe można stosować wewnątrz lub w zabudowanym systemie rozdzielnicy GIS. Należy stosować konstrukcje głowic, w których izolator jest wykonany z materiałów kompozytowych i silikonowych. Izolator głowicy wykonany z innych materiałów, np. ceramiczny, wymaga uzgodnienia z Właścicielem i jego zgody. Przy projektowaniu izolatora można bazować na następujących normach: IEC 60587 [40], IEC 61462 [41], IEC 62217 [42], IEC 62271-209 [43].

Złącze głowicy powinno być kompatybilne z rozdzielnicą GIS lub wejściem transformatora. Na etapie zatwierdzania danych gwarantowanych Właściciel będzie wymagał pisemnego potwierdzenia od producenta głowic złączy i ich pełnej kompatybilności z gniazdami kablowymi oraz określenia dopuszczalnej liczby cykli załączania/odłączania głowicy złącza poza wejściem. Podłączanie i odłączanie głowicy: liczba cykli nie powinna być mniejsza niż 10.

Osprzęt do kabli NN będzie poddawany próbom i kwalifikowany zgodnie z normą IEC [12].

Izolatory głowic do kabli najwyższego napięcia należy projektować zgodnie z następującymi warunkami środowiskowymi:

- Długość upływu i kształt izolatora.
- Siła wywierana na wspornik przez wiatr, oddziaływania sejsmiczne i dynamiczne ze zwarć (patrz HD 632 [33]).
- Zagrożenie wybuchem spowodowanym przez łuk wewnętrzny (patrz HD 632 [33])

Mufy kablowe: konstrukcja muf kablowych powinna zapewniać parametry elektryczne i mechaniczne nie gorsze od parametrów na odcinkach kablowych oraz zapewniać szczelność konstrukcji w miejscu montażu. Zewnętrzną ochronę mufy bada się zgodnie z załącznikiem G normy IEC 62067. Ze względu na specyficzne wymagania Projektu rodzaj połączenia powłoki metalicznej/ekranu (patrz poprzedni punkt 3.1.7) projektant systemu określi, czy konieczne jest zastosowanie muf z separacją ekranu czy przelotowych oraz układu uziemiającego. Powłoka/ekran metaliczny muf z krzyżowaniem ekranów z separacją musi być połączona kablem koncentrycznym. W szczególnych przypadkach Właściciel po uzgodnieniu może zaakceptować kable jednożyłowe.

3.3.7 Złącza kabli światłowodowych

Wykonawca poda maksymalną tłumienność złączy światłowodowych, która nie powinna być większa niż 0,15 dB dla każdego złącza fabrycznego i 0,2 dB dla każdego złącza naprawczego/montażowego.

Tłumienność złączy kabli światłowodowych linii nie wpływa na gwarantowaną tłumienność linii przesyłowej, biorąc pod uwagę specyficzne właściwości światłowodów.

3.4 Badania

System kablowy najwyższego napięcia (kabel i wszelkiego rodzaju osprzęt) zostanie poddany badaniom i powinien wszystkie z nich przejść pomyślnie zgodnie z wymaganiami normy IEC 62067 [12] oraz zaleceniami CIGRE TB 490 [2] i TB 623 [3]. Badania prekwalitycyjne przeprowadzane wcześniej na systemach kablowych i certyfikowane przez uprawnioną jednostkę (firmy akredytowane jako laboratoria badawcze zgodnie z normą ISO-IEC 17025 lub jako jednostki inspekcyjne zgodnie z normą ISO-IEC 17020 lub jako jednostki certyfikujące zgodnie z normą ISO IEC 17065) uznaje się za dopuszczalne, jeżeli spełniają zakres prekwalityfikacji określony we wcześniej wskazanych normach odniesienia, pod warunkiem że połączenie kablowe wykonane w fabryce również zostało prekwalityfikowane.

Należy spełnić wszystkie wymagania i procedury badawcze wymagane w CIGRE TB 490 i IEC 62067, o ile nie wskazano inaczej i nie jest to wymagane w niniejszej specyfikacji.

Producent kabli musi wykazać się przeprowadzeniem badań prekwalitycyjnych oraz badań typu na etapie przetargu, które powinny być uprzednio zatwierdzone przez Właściciela.

Badania kabli światłowodowych opisano szczegółowo w pkt 3.4.13.

Jeśli nie określono inaczej, poniższy wykaz badań dotyczy morskiego systemu kablowego. Badania kabla lądowego powinny być zgodne z normą IEC 62067.

3.4.1 Badanie wyrobu na odcinkach fabrykacyjnych

Badania wyrobu na odcinkach fabrykacyjnych to badania wykonywane przez producenta na każdym wyprodukowanym elemencie (wyłaczany odcinek kabla lub osprzętu) w celu sprawdzenia, czy element spełnia określone wymagania.

Kable morskie charakteryzują się dużą długością, a przeprowadzenie próby napięcia prądu przemiennego może być trudne i wymagać specjalnych urządzeń.

Badanie wyrobu dzieli się na badania odcinków fabrykacyjnych, badania połączeń kablowych wykonanych w fabryce, badania dostarczanych odcinków (próby odbioru fabrycznego) i badania osprzętu.

Badania wyrobu wymagane w ramach niniejszej specyfikacji są następujące.

3.4.1.1 Pomiar wyładowań niezupełnych

Pomiar wyładowań niezupełnych przeprowadza się zgodnie z normą IEC 62067, pkt 9.2.

Ponieważ przenoszenie długich odcinków kabli do środowiska ekranowanego nie jest możliwe, pomiarów w zakresie wyładowań niezupełnych nie da się przeprowadzać zgodnie z ustalonymi metodami (IEC 60270). W przypadku wykonywania pomiarów wyładowań niezupełnych będą one zatem służyć wyłącznie do celów informacyjnych.

3.4.1.2 Próba napięciem przemiennym

Próbę napięciem przemiennym przeprowadza się w temperaturze otoczenia zgodnie z klauzulą 6 Cigre TB 490.

Napięcie probiercze należy stopniowo podnosić do wartości określonej w tabeli 4 normy IEC 62067 i utrzymywać je przez określony czas 30 minut. Napięcie probiercze należy przyłożyć między żyłą a ekranem metalicznym, a częstotliwość napięcia probierczego powinna zawierać się w przedziale od 10 do 500 Hz. Podczas próby nie może dojść do uszkodzenia (przebiecia) izolacji. Dopuszczalne jest przerwanie badania, na przykład z powodu przegrzania sprzętu badawczego, pod warunkiem zachowania wymaganego czasu trwania próby.

3.4.2 Badania wyrobu w zakresie połączeń kablowych wykonanych w fabryce.

Obecnie istnieją co najmniej trzy metody sprawdzania jakości układu izolacyjnego połączenia kablowego wykonanego w fabryce:

- Pomiar wyładowań niezupełnych
- Badanie rentgenowskie
- Próba napięciem przemiennym

Zaleca się, aby każda mufa wyprodukowana w fabryce została poddana pomiarowi wyładowań niezupełnych zgodnie z normą IEC 60270. Nie może być wykrywalnych wyładowań przekraczających podany poziom czułości 5 pC przy $1,5xU_0$. Pomiar wyładowań niezupełnych można wykonać po przywróceniu zewnętrznego ekranu półprzewodzącego. Jeśli wykonanie pomiaru wyładowań niezupełnych zgodnie z normą IEC 60270 nie jest możliwe, na przykład z powodu środowiska o dużym poziomie szumów, wówczas Producent i Właściciel mogą uzgodnić alternatywne techniki pomiaru wyładowań niezupełnych (akustyczne itp.) lub procedury jakości, patrz dokument referencyjny [20].

Badanie rentgenowskie dostarcza dodatkowych informacji dotyczących jakości połączeń i możliwych wtrąceń metalicznych. Wszystkie spawane złącza żył należy poddać badaniu rentgenowskiemu.

Próbie napięcia przemiennego należy przeprowadzić zgodnie z poprzednim punktem 3.4.1.2.

3.4.3 Badanie wyrobu na dostarczanych odcinkach

Badania te należy traktować jako fabryczne badania odbiorcze (FAT) dla całej długości dostawy wraz z połączeniami kablowymi wykonanymi w fabryce.

Przed dostawą na całym odcinku kabla należy przeprowadzić pomiar wyładowań niezupełnych oraz próbę napięciową w sposób podany w poprzednich punktach 3.4.1.1 i 3.4.1.2.

Jeśli kabel jest zbyt długi, aby poddać go próbie napięciowej, producent i klient mogą uzgodnić mniejsze napięcie i dłuższy czas.

Pomiar TDR w celu uzyskania „widma” charakterystyki propagacji fali w kablu należy przeprowadzić zgodnie z normą IEC 63026, punkt 13.5 [46].

Jeżeli kabel zawiera światłowód, wszystkie włókna należy poddać pomiarowi za pomocą reflektometru optycznego w celu sprawdzenia ciągłości i tłumienności włókien, a pomiary należy przeprowadzić przy długości fali 1310, 1550 i 1625 nm. Wartość tłumienności powinna być zgodna z charakterystyką zastosowanych włókien.

3.4.4 Badania wyrobu w zakresie muf naprawczych

Jeżeli mufa składa się z prefabrykowanych elementów izolacyjnych, które przed montażem można poddać badaniu wyrobu, należy postępować zgodnie z procedurami opisanymi w normie IEC 62067, pkt 9. Jeśli mufa nie jest zbudowana z żadnych prefabrykowanych elementów, producent i Właściciel w miarę możliwości uzgodnią najbardziej praktyczne rozwiązanie, aby sprawdzić jakość połączenia naprawczego.

3.4.5 Próby na głowicach kablowych

Jeżeli głowica kablowa składa się z prefabrykowanych elementów izolacyjnych, które przed montażem można poddać badaniu wyrobu, należy postępować zgodnie z procedurami opisanymi w normie IEC 62067, pkt 9. Jeśli głowica kablowa nie jest zbudowana z żadnych prefabrykowanych elementów, producent i klient w miarę możliwości uzgodnią najbardziej praktyczne rozwiązanie, aby sprawdzić jakość głowicy kablowej.

3.4.6 Badania kontrolno-odbiorcze

Poniższe badania kontrolno-odbiorcze należy przeprowadzić na próbkach reprezentatywnych dla procesu wytwarzania kabla. Badania kontrolno-odbiorcze należy przeprowadzić na próbkach żyły z izolacją lub gotowego kabla zgodnie z określonymi wymaganiami badawczymi.

3.4.6.1 Sprawdzenie żyły roboczej

Patrz IEC 62067, punkt 10.4. oraz arkusz danych technicznych kabla nr ref. Tabela 3-1.

3.4.6.2 *Pomiar elektryczny rezystancji żyły i ekranu / powłoki metalicznej*

Patrz IEC 62067, punkt 10.5. oraz arkusz danych technicznych kabla nr ref. Tabela 3-2.

3.4.6.3 *Pomiar grubości izolacji i osłony zewnętrznej kabla*

Patrz IEC 62067, punkt 10.6. oraz arkusz danych technicznych kabla nr ref. Tabela 3-1.

3.4.6.4 *Pomiar grubości ekranu półprzewodzącego*

Patrz HD 632 [33], część 5, rozdział H, punkt 2

3.4.6.5 *Pomiar grubości powłoki metalicznej*

Patrz IEC 62067, punkt 10.7. oraz arkusz danych technicznych kabla nr ref. Tabela 3-1.

3.4.6.6 *Pomiar średnicy żyły, rdzenia, powłoki metalicznej i całości*

Patrz IEC 62067, punkt 10.8. oraz arkusz danych technicznych kabla nr ref. Tabela 3-1.

3.4.6.7 *Pomiar wydłużenia trwałego izolacji pod obciążeniem w podwyższonej temperaturze*

Patrz IEC 62067, pkt 10.9 .

3.4.6.8 *Pomiar pojemności*

Patrz IEC 62067, punkt 10.10. oraz arkusz danych technicznych kabla nr ref. Tabela 3-2. Pomiar należy przeprowadzić na wszystkich trzech żyłach. Zmierzoną wartość pojemności przelicza się do długości 1 km i nie może przekraczać podanej wartości nominalnej o więcej niż 8%.

3.4.6.9 *Pomiar wyładowań niezupełnych*

Należy wykonać go zgodnie z pkt 7.1.13 Cigre TB 490 na próbkach pobranych z początku i końca wytłaczanych odcinków, na próbce o długości co najmniej 10 metrów, jeśli nie są wykonywane w ramach badania wyrobu (3.4.1.1). Napięcie probiercze należy podnieść i utrzymywać na poziomie $1,75 U_0$ przez 10 sekund, a następnie powoli obniżyć do $1,5 U_0$. Brak wykrywalnych wyładowań przekraczających podany poziom czułości 10 pC przy $1,5 \times U_0$.

3.4.6.10 *Próba napięciem udarowym piorunowym*

Próbkę należy przeprowadzić przy poziomach napięcia probierczego zgodnych z normą IEC 62067, punkt 10.12 i według procedury zgodnej z normą IEC 60230 [22].

Próbkę napięciem udarowym należy przeprowadzić, jeżeli naprężenie elektryczne na ekranie żyły jest większe niż 8 kV/mm lub większe niż 4 kV/mm na ekranie na izolacji.

Próbkę można przeprowadzić na tej samej próbce co w przypadku 3.4.6.9 jeśli próba odbywa się na próbce.

3.4.6.11 *Pomiar rezystywności ekranu żyły, ekranu na izolacji i półprzewodzącej powłoki polimerowej*

Badanie należy przeprowadzić zgodnie z Cigre TB 490, punkt 7.1.15, zgodnie z procedurą z załącznika D normy IEC 62067 (Metoda pomiaru rezystywności ekranów półprzewodzących).

Rezystywność objętościowa półprzewodzącej powłoki polimerowej nie może przekraczać $1000 \Omega\text{m}$.

3.4.6.12 *Badanie gotowego kabla*

Badanie przeprowadza się zgodnie z Cigre 490, punkt 7.1.16.

Próbkę gotowego kabla (długość: więcej niż jeden skok pancerza drucianego) poddaje się kontroli wzrokowej, aby upewnić się, że proces produkcyjny nie spowodował żadnych

uszkodzeń i wad. Na żyłach kabli nie powinno być śladów wgnieceń, przecinających się drutów ekranów lub pancerza, kosзовych przesunięć splotek itp. W każdej warstwie pancerza należy policzyć liczbę drutów i zweryfikować ją zgodnie z projektem. Przed obliczeniem całkowitego pola przekroju poprzecznego należy zmierzyć wymiary pięciu drutów w każdej warstwie i średni przekrój (przekroje) żył (okrągłych lub płaskich). Całkowita powierzchnia przekroju nie może być mniejsza niż podana wartość. Długość skoku warstwy (warstw) pancerza należy zmierzyć i zweryfikować w odniesieniu do podanej wartości (patrz Tabela 3-1) z tolerancją $\pm 10\%$. Weryfikacja zgodności kabla z rysunkami i arkuszem danych. Należy również sprawdzić oznakowanie i oznaczenie faz.

3.4.7 Badania kontrolno-odbiorcze połączeń kablowych wykonanych w fabryce

3.4.7.1 Informacje ogólne

Każdy wyprodukowany odcinek i każde połączenie kablowe wykonane w fabryce należy sprawdzić w ramach badań wyrobu opisanych w 3.4.1. Ponieważ w ramach badania wyrobu sprawdza się jakość całego morskiego systemu kablowego, badania na próbkach wymienione w punktach 3.4.7.2-3.4.7.5 należy przeprowadzić tylko na jednym fabrycznym połączeniu kablowym wykonanym na jednym kablu jednożyłowym, przed rozpoczęciem produkcji połączeń kablowych wykonywanych w fabryce.

Do badań należy przygotować próbkę kabla o długości co najmniej 10 m oraz połączenie kablowe wykonane w fabryce. Jeśli badanie połączenia kablowego wykonanego w fabryce jest wymagane zapisami kontraktu (patrz punkt 3.4.9), badania na próbkach można pominąć.

3.4.7.2 Pomiar wyładowań niepełnych i próba napięciem przemiennym częstotliwości sieciowej

Należy wykonać po przywróceniu zewnętrznej warstwy półprzewodzącej i metalowego przewodu uziemiającego lub osłony zewnętrznej. Pomiar wyładowań niepełnych i próbę napięciem przemiennym częstotliwości sieciowej należy przeprowadzić zgodnie z pkt 6.3.1 i 6.3.2. Maksymalny poziom czułości to 5 pC.

3.4.7.3 Próba napięciem udarowym piorunowym

Należy wykonać zgodnie z 3.4.6.10.

3.4.7.4 Pomiar wydłużenia trwałego izolacji pod obciążeniem w podwyższonej temperaturze

Należy wykonać zgodnie z 3.4.6.7.

3.4.7.5 Próba rozciągania

Próbie rozciągania złączki żyły należy przeprowadzić zgodnie ze specyfikacją producenta. Siła rozciągająca przyłożona do żyły nie powinna być mniejsza niż wartość podana w danych gwarantowanych kabla (patrz Tabela 3-4). Próbie można przeprowadzać wyłącznie na oddzielnej próbce żyły.

3.4.7.6 Kryteria pozytywnego przejścia próby (kryteria dopuszczające)

Jeśli połączenie kablowe wykonane w fabryce nie przejdzie pomyślnie którejkolwiek z prób wymienionych powyżej, należy z wynikiem pozytywnym poddać próbie dwa dodatkowe połączenia.

3.4.8 Badania kontrolno-odbiorcze muf naprawczych i głowic kablowych

Głowice kablowe oraz mufy naprawcze będą poddawane badaniom wyrobu w sposób opisany w pkt 3.4.1. Badania głowic kablowych będą zgodne z wymaganiami określonymi w normie IEC 62067. Wymagania normy IEC 62067 będą stosowane w odniesieniu do muf naprawczych (takich jak prefabrykowane korpusy gumowe jako izolacja elektryczna).

Obowiązujące normy nie przewidują badań na próbkach muf naprawczych i głowic kablowych. Można jednak przeprowadzić następujące badania:

- Kontrola wzrokowa
- Kontrola wymiarów izolatora (droga upływu, droga przeskoku, wymiary konstrukcji podstawy głowicy itp.)
- Lista kontrolna kompletności zestawu komponentów.

Jeśli stosowane są połączenia kablowe wykonane w fabryce (typ wulkanizowany), należy przestrzegać tej samej zasady, którą opisano w 3.4.7.

3.4.9 Badanie typu systemu kablowego

Badania typu określone w niniejszym punkcie mają na celu wykazanie zadowalających parametrów morskiego systemu kablowego.

Jeśli chodzi o kable morskie, zaleca się przeprowadzanie badania typu w każdym projekcie. Za zgodą Właściciela i Producenta pod uwagę może być wzięte poprzednie badanie typu przeprowadzone na podobnych systemach kablowych, pod warunkiem że zostaną spełnione następujące warunki aprobaty badań typu.

3.4.9.1 Zakres aprobaty badań typu

Aprobatę badań typu uważa się za ważną dla morskich systemów kablowych o innych przekrojach, napięciach znamionowych i konstrukcjach, pod warunkiem jednak, że spełnione są warunki elektryczne zgodne z normą IEC 62067, punkt 12.2 oraz dodatkowe warunki podane poniżej.

- System kablowy jest poddawany mniejszym obciążeniom mechanicznym (rozciąganie, zginanie itp.) niż badany system kablowy.
- Konstrukcja i metoda uszczelnienia żyły lub ekranu/powłoki pozostają niezmienione. UWAGA: Nie trzeba powtarzać całego programu badań typu, a jedynie badanie, na które ma wpływ zmiana konstrukcyjna, tj. badanie na przenikanie wody opisane w 3.4.9.5.
- Konstrukcja połączenia żył w mufach pozostaje bez zmian. Elastyczną mufę o takich samych wymiarach jak kabel należy traktować i badać jak kabel zarówno z elektrycznego, jak i mechanicznego punktu widzenia.
- Obliczone nominalne naprężenie elektryczne i napięciowe naprężenie impulsowe obliczone na podstawie nominalnych wymiarów na ekranie na żyłę w mufie elastycznej (połączeniu kablowym wykonanym w fabryce) nie przekraczają odpowiednich obliczeniowych naprężeń badanego systemu kablowego o więcej niż 10%.

Badanie typu należy przeprowadzić na kompletnym trzyżyłowym kablu opancerzonym (patrz również IEC 63026).

3.4.9.2 Podsumowanie badań typu

Do badań typu zalicza się badanie mechaniczne, elektryczne badania typu oraz badanie wzdłużnej/promieniowej penetracji wody w określony sposób i w następującej kolejności.

3.4.9.3 Próby mechaniczne

3.4.9.3.1 Próba zwijania

Badanie to dotyczy tylko kabli, które są zwijane podczas produkcji, magazynowania, transportu lub układania i nie dotyczy kabli, które są po prostu nawijanych na bębny lub stoły obrotowe. Podczas zwijania kabel ulega skręceniu. W związku z tym ważne jest, aby po próbie zwijania sprawdzić konstrukcję kabla. Przygotowanie/warunki: próbę zwijania należy przeprowadzić na kablu

o odpowiedniej długości. Powinno to być co najmniej sześć pełnych zwojów w krążku, chyba że występują dwie mufy, w którym to przypadku powinno być co najmniej osiem zwojów w krążku, z co najmniej dwoma zwojami między mufami.

Próbie przeprowadza się zgodnie z procedurami i wymaganiami Cigre TB 623, punkt 5.1.

3.4.9.3.2 Próba zginania z rozciąganiem

Próba ta ma na celu uwzględnienie sił działających na kable i mufę podczas układania i normalnego wydobywania. Próba zginania z rozciąganiem ma zastosowanie do kabli układanych, wydobywanych lub naprawianych metodą obejmującą jednoczesne zginanie z rozciąganiem, np. układanie na kołach nawijających, zsuwniach lub wokół kół kabestanu.

Jeśli kabel zawiera kabel/kable światłowodowe z mufami fabrycznymi, w próbie zginania z rozciąganiem uwzględnione powinno być przynajmniej jedno złącze fabryczne kabla światłowodowego. Na koniec próby należy przeprowadzić pomiar reflektometrem optycznym na światłowodach.

Próby przeprowadza się zgodnie z procedurami i wymaganiami Cigre TB 623, punkt 5.2.

3.4.9.3.3 Próba rozciągania

Próba ta ma na celu sprawdzenie zachowania kabla i muf pod działaniem osiowej siły rozciągającej bez zginania. Próbę rozciągania należy przeprowadzić, jeśli w systemie kablowym znajduje się sztywna mufa. Odrębna próba rozciągania nie jest wymagana, jeżeli sztywna mufa jest objęta próbą zginania z rozciąganiem, ale nie przechodzi wokół koła.

Próby przeprowadza się zgodnie z procedurami i wymaganiami Cigre TB 623, punkt 5.5.

3.4.9.4 Elektryczne badania typu na morskich systemach kablowych

Po przeprowadzeniu mechanicznych badań typu próbkę kabla wraz z odpowiednim osprzętem należy poddać elektrycznemu badaniu typu. W pętli do prób będzie znajdować się przynajmniej jedna próbka każdego elementu osprzętu (połączenie kablowe wykonane w fabryce, mufa naprawcza, mufa przejściowa i głowica).

Procedury i wymagania dotyczące elektrycznych badań typu powinny być takie, jak wskazano w normie IEC 62067, pkt 12.4, o ile w niniejszej specyfikacji nie określono inaczej.

Sekwencja badań jest następująca:

a) Pomiar $\tan \delta$ (patrz IEC 62067 12.4.5). UWAGA 1 Badanie to można przeprowadzić na innej próbce ze specjalnymi głowicami do prób niż ta używana do pozostałej części sekwencji badań.

b) Próba napięciowa z cyklami grzewczymi (patrz IEC 62067 12.4.6). Ponieważ norma IEC 62067 dotyczy kabli jednożyłowych do morskich kabli trzyżyłowych, należy zastosować następującą procedurę.

Obiekt należy nagrzewać prądem przepływającym przez żyłę, aż żyła kabla osiągnie stałą temperaturę o 5-10 K powyżej maksymalnej temperatury żyły podczas normalnej pracy wynoszącej 90°C. W przypadku kabla trzyżyłowego prąd grzejny należy przepuścić przez wszystkie trzy żyły. Jeżeli ze względów praktycznych nie można osiągnąć temperatury próby, można zastosować dodatkową izolację termiczną. Ogrzewanie powinno trwać co najmniej 8 godzin. Temperaturę żył należy utrzymywać w podanych granicach przez co najmniej 2 godziny w ramach każdego okresu ogrzewania. Następnie należy przeprowadzić co najmniej 16 godzin naturalnego chłodzenia do temperatury żyły niższej lub równej 30°C lub do temperatury mieszczącej się z tolerancją 10 K od temperatury otoczenia, w zależności od tego, która z tych wartości będzie wyższa. Należy zapisać prąd żyły w ciągu ostatnich 2 godzin każdego okresu ogrzewania. Cykl ogrzewania i chłodzenia należy przeprowadzić 20 razy. Przez cały okres badania do zestawu do prób należy przykładać napięcie 2 U_0 . Sposób nagrzewania i pomiaru temperatury żyły powinien być zgodny z wymaganiami załącznika A do normy IEC 63026 [46].

c) Pomiar intensywności wyładowań niezupełnych (patrz IEC 62067, punkt 12.4.4) w temperaturze otoczenia i w wysokiej temperaturze. Badanie należy przeprowadzić po

ostatnim cyklu opisanym w punkcie b) powyżej, ewentualnie po próbie napięciem udarowym piorunowym.

d) Próba napięciem udarowo łączeniowym jeśli dotyczy (patrz IEC 62067, punkt 12.4.7.1).

e) Próba napięciem udarowym piorunowym, a następnie próba napięcia o częstotliwości sieciowej (patrz IEC 62067, punkt 12.4.7.2).

f) Pomiar intensywności wyładowań niezupełnych, jeśli nie zostały wcześniej przeprowadzone w punkcie c) powyżej.

g) Rezystywność ekranów półprzewodzących i powłoki z polietylenu półprzewodzącego. Pomiar rezystywności ekranów półprzewodzących kabla i powłoki z polietylenu należy wykonać na oddzielnej próbce. Rezystywność wytłaczanych ekranów półprzewodzących nałożonych na żyłę i na izolację należy określić za pomocą pomiarów na próbkach pobranych z żyły izolowanej próbki kabla w stanie, w jakim została wyprodukowana, oraz próbki kabla, który został poddany procesowi starzenia, aby przetestować kompatybilność materiałów składowych w sposób określony w pkt 12.5.4 normy IEC 62067 (lub 3.4.6.11 niniejszej specyfikacji). Procedura badania powinna być zgodna z Załącznikiem D normy IEC 62067. Pomiar rezystywności skrośnej półprzewodzącej powłoki polimerowej nie może przekraczać 1000 Ω m.

Na koniec badania należy przeprowadzić pomiar OTDR.

3.4.9.4.1 Próba zwarcia na mufach

Po wykonaniu opisanej powyżej sekwencji badań elektrycznych, mufy należy poddać próbie zwarcia w celu sprawdzenia ciągłości i integralności metalicznej powłoki na mufie. Właściciel podaje wartość i czas trwania prądu zwarciovego, który ma być zastosowany podczas próby. Procedura próby powinna być zgodna z HD632-S2 część 2, punkt 3.4.1. [33].

3.4.9.4.2 Badanie pętli

Badanie systemu kablowego z kablem i osprzętem po zakończeniu powyższych badań (IEC 60840 [11] i IEC 62067 [12]).

3.4.9.5 *Badanie wzdłużnej/promieniowej penetracji wody (LWP, RWP)*

W przypadku kabli morskich badania na penetrację wody dzielą się na trzy badania:

1. LWP a: badanie wzdłużnej penetracji wody w żyłę (patrz 12.6.2 normy IEC 63026 [46])
2. LWP b: badanie wzdłużnej penetracji wody w ekranie (patrz 12.6.3 normy IEC 63026 [46])
3. RWP: badanie promieniowej penetracji wody w mufie (patrz 12.6.4 normy IEC 63026 [46])

3.4.9.5.1 Badanie penetracji wody w żyłę i ekranie metalicznym (LWPa i LWPb)

Wstępne przygotowanie mechaniczne obejmuje próbę zginania z rozciąganiem, a w stosownych przypadkach próbę zwijania przed próbą zginania z rozciąganiem. Woda wykorzystywana do prób musi odpowiadać warunkom zastosowania systemu kablowego i być albo wodą wodociągową, jeśli kabel jest układany w wodzie słodkiej, albo wodą morską o zasoleniu określonego obszaru układania kabla. W razie braku informacji dotyczących warunków zastosowania należy zastosować roztwór o 3,5% wagowym stężeniu NaCl.

Ciśnienie wody należy podnieść do ciśnienia próbnego tak szybko jak to możliwe. Dla ułatwienia określono następujące miary: d1 = maksymalna podana odległość dla LWP w żyłę; d2 = maksymalna podana odległość dla LWP w obszarze ekranu metalicznego.

Maksymalna odległość penetracji wody zostanie uzgodniona między dostawcą i Właścicielem (patrz Tabela 3-3).

Badanie należy przeprowadzić zgodnie z procedurą i wymaganiami normy IEC 63026 [46], pkt 12.6.2 i 12.6.3.

3.4.9.5.2 Badanie promieniowej penetracji wody w mufach (RWP)

Badanie należy przeprowadzić zgodnie z procedurą i wymaganiami normy IEC 63026 [46], pkt 12.6.4.

3.4.9.6 Nielektryczne badania typu

W przypadku wszystkich nielektrycznych badań typu należy postępować zgodnie z normą IEC 62067, punkt 12.5. Badania należy przeprowadzić na próbkach reprezentatywnych dla procesu wytwarzania kabla. Zgodnie z procedurą i częstotliwością określoną w normie IEC 62067, punkt 12.5.

Należy przeprowadzić następujące badania:

1. Próby starzenia na próbkach kompletnego kabla w celu sprawdzenia kompatybilności materiałów.
2. Próba ciśnieniowa w wysokiej temperaturze na osłonie zewnętrznej z polietylenu.
3. Pomiar wydłużenia trwałego izolacji z polietylenu usieciowanego pod obciążeniem w podwyższonej temperaturze

3.4.10 Badania prekwalfikacyjne

Producenci powinni wykazać, że przeprowadzili badania prekwalfikacyjne zgodnie z wymaganiami normy IEC 62067, punkt 13 z zachowaniem następujących dodatkowych warunków dotyczących rozpatrywanego systemu kablowego:

- Naprężenie elektryczne na ekranie izolacji mufy naprawczej, przy użyciu prefabrykowanych elementów, jest równe lub niższe od naprężenia elektrycznego na ekranie izolacji w badaniu prekwalfikacyjnym.
- Jeśli mufa elastyczna została już poddana badaniu prekwalfikacyjnemu na większej żyłce, a proponowana mufa elastyczna na mniejszej żyłce (dla której naprężenia termomechaniczne są znacznie mniejsze) ma naprężenie elektryczne przekraczające o ponad 10% prekwalfikowane, mufę elastyczną poddaje się obowiązkowemu badaniu typu z poziomem naprężeń większym niż ten, który został już prekwalfikowany.
- Konstrukcja wewnętrzna mufy elastycznej (materiał i proces) znacznie różni się od konstrukcji prekwalfikowanej.

W przypadku niespełnienia powyższych wymagań Producent przeprowadzi nowe badania prekwalfikacyjne systemu kablowego w tym połączeń kablowych wykonanych w fabryce i muf naprawczych.

3.4.11 Badania elektryczne po ułożeniu i przekazaniu

3.4.11.1 Próba napięciowa

Po ułożeniu części lądowych i morskich eksportowy system kablowy zostanie poddany trwającej przez 1 godzinę próbie napięciowej zgodnie z tabelą 4 normy IEC 62067, można stosować zakres częstotliwości 10-500 Hz.

Jeśli nie jest możliwe przeprowadzenie badania w ten sposób, inna procedura badawcza (o której mowa w IEC 62067 [12]) przewiduje przyłożenie napięcia U_0 przez 24 godziny. Nie jest to preferowane rozwiązanie i powinno zostać uzgodnione między Wykonawcą a Właścicielem. Ponieważ przyłożone napięcie jest ograniczone do U_0 i bezpośredniego połączenia z siecią NN należy przedsięwziąć środki ostrożności, aby uniknąć wszelkich zakłóceń lub konsekwencji dla sieci.

Pomiar wyładowań niezupełnych można przeprowadzić wykorzystując obecność zewnętrznych generatorów. Ze względu na tłumienie impulsów PD przemieszczających się wzdłuż długiego kabla, pomiar może być przeprowadzony tylko na części lądowej linii kablowej oraz na głowicy kablowej części podmorskiej. W zależności od konfiguracji kabla i instalacji pomiar można przeprowadzić na wszystkich głowicach i na wszystkich mufach.

Cigre TB 728 [54] zawiera zalecenia dotyczące parametrów badania, które należy zastosować podczas próby po ułożeniu z pomiarem wyładowań niezupełnych. Sugerowany poziom napięcia to $1,7 U_0$ przez 1 godzinę. Ponieważ wartość ta jest znacznie wyższa niż obecne napięcie „do próby po instalacji” według normy IEC 62067 ($1,4U_0$), takie podejście powinno zostać uzgodnione między Wykonawcą a Właścicielem.

W zależności od harmonogramu i zarządzania Projektem można przeprowadzić oddzielne próby części morskiej i lądowej w celu wcześniejszej oceny elementów systemu kablowego. Próbę napięciową można przeprowadzić na kablu morskim.

Próby napięcia izolacji głównej i próby prądu stałego osłony zewnętrznej można przeprowadzić po całkowitym ułożeniu elektroenergetycznego systemu kablowego. W przypadku gdy badaniom wysokonapięciowy poddawana jest tylko część całego eksportowego systemu kablowego, do prób należy przygotować odpowiednie głowice pomiarowe.

Mufę przejściową można poddać badaniu wyłącznie podczas próby końcowej po ułożeniu.

3.4.11.2 Próba DC szczelności powłoki zewnętrznej

Próbę DC na powłoce zewnętrznej należy przeprowadzić w celu sprawdzenia integralności powłoki wyłącznie dla kabli lądowych. Napięcie stałe opisane w normie IEC 62067 [12] ("napięcie stałe o wartości 4 kV na milimetr określonej grubości wytłoczonej powłoki, maksymalnie 10 kV prądu stałego") należy przyłożyć między powłokę metalową a ziemię na czas 1 minuty. Obecność zewnętrznej warstwy półprzewodzącej ułatwia kontakt zewnętrznej warstwy kabla z ziemią.

3.4.11.3 Metoda reflektometrii w dziedzinie czasu dla kabli miedzianych (TDR)

Pomiar TDR w celu uzyskania „widma” charakterystyki propagacji fali w kablu należy przeprowadzić zgodnie z normą IEC 63026[46], punkt 13.5.

Ponieważ badanie nie wymaga długiej konfiguracji, należy je przeprowadzić również po oddzielnym ułożeniu części lądowej i morskiej. Kabel morski należy poddać badaniu TDR również po fazie rozładunku.

3.4.11.4 Metoda reflektometrii w dziedzinie czasu dla kabli światłowodowych (OTDR)

Jeżeli kabel zawiera światłowód, wszystkie włókna należy poddać pomiarowi za pomocą reflektometru optycznego w celu sprawdzenia ciągłości i tłumienności włókien, a pomiary należy przeprowadzić przy długości fali 1310, 1550 i 1625 nm. Badanie należy przeprowadzić na obu końcach kabla. Wartość tłumienności powinna być zgodna z charakterystyką zastosowanych włókien.

Takie samo badanie należy przeprowadzić również po oddzielnym ułożeniu części morskiej i lądowej. Badanie reflektometrem optycznym należy przeprowadzić na morskim kablu światłowodowym po jego rozładunku.

Monitorowanie reflektometrem optycznym należy przeprowadzać w sposób ciągły podczas układania kabla.

3.4.11.5 Rezystancja styku uziemiającego

Rezystancję połączeń uziemiających i wyrównawczych powłoki na głowicach i mufach należy mierzyć za pomocą skalibrowanego cyfrowego mikro-omomierza w poprzek styku uziemiającego. Zgodnie z normą Cenelec HD 632 [33] zmierzone rezystancje nie mogą przekraczać wartości podanych w poniższej tabeli.

Styk	Maksymalna rezystancja styku
	$\mu\Omega$
Połączenie ze stykiem głowicy	20
Ograniczniki przepięć w powłoce do przyłącza zaciskowego	50
Końcówka złącza do przyłącza wyrównawczego	20
Przyłączenie uziemiające	50

3.4.11.6 Dodatkowe kontrole/pomiary

Przeprowadza się następujące dodatkowe kontrole/pomiary:

- Ciągłość powłoki metalicznej. Wartość zmierzonej rezystancji nie może być wyższa niż wartość nominalna podana w karcie katalogowej.
- Kontrola kolejności faz. Do wykonania na kablach lądowych i morskich przed wykonaniem mufy przejściowej
- Kontrola połączeń cross-bondingowych i uziemienia zgodnie z rysunkami.

3.4.12 Próba morska

Jak podano w Cigre TB 623, „*próba morska jest bardzo kosztownym badaniem i należy ją przeprowadzać wyłącznie w wyjątkowych przypadkach. Głównym celem próby morskiej jest sprawdzenie oddziaływania między kablem morskim a urządzeniami instalacyjnymi. W szczególnych przypadkach, gdy na przykład warunki układania są bliskie granicznych wartości dla rozmieszczenia statków do układania kabli, jeśli zastosowane techniki układania i zabezpieczania znacznie różnią się od ustalonej praktyki, konieczna może być próba morska, mająca na celu potwierdzenie ogólnej możliwości przeprowadzenia układania.*”

Typowe przypadki, w których zalecana jest próba morska, to:

- Układanie na dużej głębokości, na której proponowany statek instalacyjny jeszcze nie pracował
- Wykorzystanie nowego statku do układania lub barki
- Istotna zmiana wyposażenia statku (kabestan, gąsienice, wciągarka itp.)
- Wykorzystanie nowych urządzeń do zakopywania (do wykopów, wplukiwania, pługu itp.)

W razie konieczności przeprowadzenia próby morskiej wszystkie aspekty związane z układaniem kabli zostaną uzgodnione między Wykonawcą a Właścicielem i zostaną zweryfikowane.

Podczas próby morskiej wszystkie elementy biorące udział w danej fazie układania, która ma być zweryfikowana, powinny być obecne, takie jak np. statek do układania kabli, kabel z osprzętem (jeśli dotyczy), sprzęt (np. narzędzia do zakopywania) i warunki środowiskowe (np. głębokość wody). Po wykonaniu tych działań należy przeprowadzić weryfikację badanych instalacji pod kątem badania wysokiego napięcia, kontroli wzrokowej, pomiarów na światłowodach (jeśli występują) oraz wszelkich innych procedur badawczych służących potencjalnie do weryfikacji stanu zaangażowanych elementów po próbie.

3.4.13 Próba kabli światłowodowych

Poniżej przedstawiono opis metod badań stosowanych w lądowych i morskich światłowodowych systemach kablowych. W ramach każdego Kontraktu Wykonawca dostarczy szczegółowy Plan Kontroli i Badań (PKiB).

3.4.13.1 Badania typu

Producent powinien zaproponować program badań typu światłowodowych systemów kablowych lądowych i morskich w celu wykazania ich zadowalających charakterystyk eksploatacyjnych do zamierzonego zastosowania pod względem wymagań związanych

z układaniem i eksploatacyjnych. Należy zbadać wszystkie materiały, z których wykonane są kable.

Badanie powinno obejmować osprzęt do kabli światłowodowych takich jak złącza i głowice. Dostawca dostarczy całą dokumentację dotyczącą metod badania i sprzętu stosowanego do prób fabrycznych i terenowych, a także odpowiednie protokoły z prób.

Dopuszcza się wcześniejsze przeprowadzenie badań typu na podobnych/identycznych kablach, pod warunkiem, że zostały one przeprowadzone nie później niż w ciągu 10 lat.

W zakres programu badań typu wchodzi co najmniej:

- Kabel światłowodowy
 - o Weryfikacja materiałów, w których wykonano kabel światłowodowy
 - o Pomiar rezystywności objętościowej wbudowanej półprzewodzącej powłoki światłowodowej, patrz 3.4.6.11.
 - o Próby mechaniczne kabla światłowodowego
Próby należy przeprowadzić zgodnie z normą IEC 60794-1-2 lub innymi normami (np. zalecenia ITU-T) zatwierdzonymi przez Właściciela
- Światłowody
 - o Weryfikacja wymiarowa na światłowodach
 - o Charakterystyka transmisyjna światłowodu
Cechy wymiarowe i charakterystyki transmisyjne włókien światłowodowych należy weryfikować zgodnie z normą IEC 60793-1.

3.4.13.2 Badania odbiorowe

- Poniższe badania należy przeprowadzić jako minimum dla wszystkich odcinków kabli lądowych i morskich oraz osprzętu wchodzącego w zakres dostawy.
 - o Kontrola wizualna: weryfikacja zgodności z arkuszem danych (kartą katalogową) (liczba włókien, oznaczenia kolorami itp.)
 - o Weryfikacja tłumienności transmisji i dyspersji chromatycznej wszystkich włókien i długości każdego odcinka kabla (norma IEC 60793-1)
 - o Pomiar wymiarów elementów kabla (zgodnie z IEC 60811) i światłowodów (zgodnie z serią IEC 60793-1) dla każdego bębna partii

3.4.13.3 Próby po ułożeniu

Próby po ułożeniu należy przeprowadzić na wszystkich światłowodach po kompletnym ułożeniu łącza przy długości fali 1310, 1550 i 1625 nm.

- Tłumienność na całej długości światłowodu powinna być jednolita i zgodna z podaną wartością dla włókna. Pomiaru należy przeprowadzać na obu końcach kabla.
- Należy również zmierzyć tłumienność każdego złącza i nie może ona przekraczać podanej wartości granicznej.

Te same badania należy przeprowadzić oddzielnie na odcinkach morskich i lądowych przed połączeniem.

3.5 Konserwacja kabla morskiego i lądowego

Producent systemu kablowego dostarczy dokument dotyczący czynności konserwacyjnych do wykonywania na eksportowej linii kablowej w ramach danego przedsięwzięcia.

Zakres, metody i harmonogram (częstotliwość) konserwacji należy podać zarówno w odniesieniu do trasy lądowej, jak i morskiej zgodnie z następującymi wymogami.

Poniżej przedstawiono również wskazania dotyczące częstotliwości kontroli/prób i należy je traktować jako „wskazania ogólne” i dostosować do danego przedsięwzięcia i historii jego eksploatacji. Przykładowo jedną z potencjalnych różnic między przedsięwzięciami jest to, że

lokalizacja lądowej trasy kablowej na obszarach miejskich lub na wsi może znacznie zmienić wymaganą częstotliwość czynności monitorowania, a obecność ruchów na dnie morskim wpłynie na częstotliwość kontrolowania trasy morskiego kabla eksportowego. Częstotliwość czynności konserwacyjnych podano również w Cigre TB 825 [47], gdzie w załączniku D przedstawiono szereg wyczerpujących tabel dotyczących różnych elementów eksportowej linii kablowej.

W przypadku każdej czynności konserwacyjnej, której częstotliwość przekracza rok, przeprowadzenie pierwszej kontroli konserwacyjnej zaleca się w ciągu pierwszego roku.

Należy określić wymagania dotyczące kwalifikacji personelu konserwacyjnego.

Należy podać główne dane eksportowej linii kablowej: typy i długości kabli, typy i ilość osprzętu, schemat połączeń i skrzynek połączeniowych, charakterystykę kabla światłowodowego, szczegóły montażowe, schemat jednokreskowy itp. Należy też wspomnieć o ograniczeniach czynności konserwacyjnych na obszarach chronionych.

3.5.1 Konserwacja lądowego systemu kablowego

Czynności konserwacyjne należy określić co najmniej dla następujących części, biorąc pod uwagę wspomniane istotne aspekty:

- Głowica kablowa: ciśnienie/poziom oleju, czyszczenie izolatora, stalowa podpora głowicy (korozja), skrzynki połączeniowe i połączenia uziemiające (raz na miesiąc w zakresie kontroli wzrokowej)
- Kontrola trasy: lista kontrolna odpowiednich kontroli do przeprowadzenia wzdłuż trasy morskiego kabla eksportowego, wraz z częstotliwością, znakami robót budowlanych, obecnością nowych instalacji, w tym ich obszar, na przykład lokalizacja przewiertów HDD, skrzyżowania, wzrost roślinności itp.(raz na miesiąc)
- Stanowiska muf (w tym stanowiska muf przejściowych): kontrola wzrokowa, sprawdzenie skrzynek połączeniowych (części zewnętrzne i wewnętrzne) i połączeń uziemiających (raz na 2 lata w przypadku skrzynek połączeniowych)
- Sprawdzenie wszystkich połączeń uziemiających ekranów kabli eksportowych z lokalnym uziemieniem (na głowicach, mufach, blokach pancerza itp.) w celu wykrycia obecności korozji i dokręcenia połączeń śrubowych. Należy podać procedurę (dotyczącą konieczności wyłączenia kabla z eksploatacji lub użycia kamery na podczerwień do monitorowania w trakcie eksploatacji) (raz na 2 lata)
- Badania do przeprowadzenia:
 - Próba DC na powłoce zewnętrznej kabla
 - Próba DC na ogranicznikach przepięć w powłoce.

Próbę DC na powłoce zewnętrznej należy przeprowadzać zgodnie z opisem podanym w 3.4.11.2, ale poziom napięcia powinien wynosić 5 kV przez 1 minutę. Należy podać procedurę wykonywania prób ze wskazaniem odpowiednich norm, zaleceń i wymagań (np. konieczność usunięcia ograniczników przepięć w powłoce podczas próby osłony zewnętrznej) (raz na 2 lata i po każdej awarii systemu).

- Części zamienne: kontrola wzrokowa, wskazanie dopuszczalnego okresu magazynowania, zasady wymiany części, których termin ważności upłynął, wymagania dotyczące magazynu (raz na rok)
- W przypadku gdy na eksportowej linii kablowej zainstalowane są systemy monitorowania takie jak:
 - System do pomiaru wyładowań niepełnych
 - Rozproszony system pomiaru temperatury
 W oparciu o wyniki systemu monitorowania należy przedstawić wskazówki dotyczące właściwych czynności konserwacyjnych do przeprowadzenia. Czynności konserwacyjne należy określić również dla systemów monitorowania
- W przypadku gdy system monitorowania wyładowań niepełnych nie jest zainstalowany na stałe, zaleca się coroczne pomiary punktowe na osprzęcie kablowym.

3.5.2 Konserwacja odcinka morskiego

Należy określić czynności konserwacyjne w zakresie morskiego kabla eksportowego, obejmujące co najmniej następujące aspekty:

- Kontrola trasy
 - Należy podać cele kontroli, takie jak ocena głębokości zakopywania, obecność fragmentów zawieszonych, zabezpieczenia na skrzyżowaniach, wykrywanie oznak szkodliwego oddziaływania czynników zewnętrznych, działania morskie, erozja brzegu itp.
 - W razie konieczności ponownego zakopania kabla należy wskazać wymagania dotyczące sprzętu do zakopywania (w celu prawidłowego przeniesienia kabla)
 - Działania należy rozróżnić na związane z miejscem wyjścia na ląd, działania przybrzeżne i działania na dużej głębokości, określając najbardziej odpowiednie środki, takie jak ROV (i statek), nurkowie itp.
 - Należy przewidzieć specjalne kontrole kabla morskiego po zakończeniu jego instalacji na platformie, takie jak uchwyt przelotowy, system zaciskowy, głowice GIS, uziemienie itp.
 - Należy również wspomnieć o wyposażeniu pomocniczym (ograniczniki zgięcia, boje itp.)
 - Należy określić wymagany sprzęt (kamery, system śledzenia itp.)
 - Statki używane do rutynowych pomiarów/kontroli muszą być wyposażone w system monitorowania pozycji/system nawigacji, który może śledzić skrzyżowania kabli i obszary, na których może dojść do uszkodzenia przez kotwice.
- Kontrola rur w kształcie J: statek ROV lub nurkowie muszą w pobliżu wejścia kablowego do platformy morskiej przeprowadzić lokalne pomiary mające na celu sprawdzenie prawidłowego położenia systemu wejściowego, potencjalnej obecności zanieczyszczeń, potencjalnego niebezpiecznego zawieszenia kabla, otarcia lub innych uszkodzeń mechanicznych. Wykaz i częstotliwość przeprowadzania weryfikacji Wykonawca musi zapisywać w dzienniku konserwacji.
- W przypadku gdy na eksportowej linii kablowej zainstalowane są systemy monitorowania takie jak:
 - Rozproszony układ pomiaru temperatury
 - Rozproszony układ akustyczny
 W oparciu o wyniki systemu monitorowania należy przedstawić wskazówki dotyczące właściwych czynności konserwacyjnych.
 Czynności konserwacyjne należy określić również dla systemów monitorowania.

Należy określić częstotliwość kontroli trasy w zakresie miejsc wyjścia na ląd/obszarów przybrzeżnych i obszarów o dużej głębokości. To pierwsze zadanie ze względu na wyższy poziom działalności człowieka (np. rybołówstwo, żeglarstwo i kotwiczenie) nurkowie mają realizować raz na rok, natomiast to drugie – zdalnie sterowany pojazd (ROV) może realizować raz na 5 lat. Części zamienne: kontrola wzrokowa, wskazanie dopuszczalnego okresu magazynowania, zasady wymiany części, których termin ważności upłynął, wymagania dotyczące magazynu (na przykład zarządzanie stołem obrotowym lub platformą).

Dla wszystkich połączeń kabli eksportowych co 2 lata przeprowadza się pomiar TDR na kablu energetycznym i pomiar OTDR na kablu światłowodowym.

Wykonawca zaproponuje jeden lub kilka systemów lokalizacji uszkodzeń odpowiednich do danego projektu inwestycyjnego lądowego i morskiego wraz z odpowiednimi procedurami. Sprzęt powinien umożliwiać lokalizowanie zwarć o wysokiej/niskiej rezystancji. Proponuje się różne metodologie lokalizacji uszkodzeń umożliwiające uwzględnienie różnych scenariuszy uszkodzeń typowych dla eksportowych linii kablowych. Oferta powinna obejmować szkolenie z zakresu lokalizacji uszkodzeń i obsługi proponowanych urządzeń.

W ocenie ryzyka należy również wskazać potrzeby w zakresie monitorowania żeglugi na trasie kablowej, a w ramach tego monitorowania należy śledzić statki przecinające trasę kabla morskiego, a w przypadku uszkodzenia przez kotwice, statek można zidentyfikować.

3.5.3 Badania konserwacyjne po naprawie linii kablowej (zakres badań, procedury badawcze, kryteria odbioru)

Zastosowanie ma taki sam zakres badań jak po ułożeniu kabla (3.4.11), ale ze zmniejszoną wartością napięcia do uzgodnienia, przy uwzględnieniu wieku, środowiska, historii awarii i celu przeprowadzania badania.

Na przykład wartość napięcia probierczego wynosząca 70% pochodzi z włoskiej normy (CEI 11-17 [48]).

Zalecany jest również pomiar wyładowań niezupełnych zgodny z opisem w 3.5.1.

3.5.4 Badania konserwacyjne po długich okresach odłączenia spod napięcia (zakres badań, procedury badawcze, kryteria odbiorowe, okres ważności próby)

Należy przeanalizować przyczyny długiego okresu wyłączenia spod napięcia, aby zrozumieć, czy należy podjąć określone działania.

Zastosowanie mają te same badania co po naprawie linii (3.5.3).

Po długim okresie wyłączenia z eksploatacji należy również wziąć pod uwagę ryzyko szkodliwego oddziaływania czynników zewnętrznych. Zdecydowanie zaleca się kontrolę wzrokową trasy lądowej.

3.5.5 Wymagania dotyczące systemów monitorowania

3.5.5.1 Aspekty ogólne

W niniejszym rozdziale opisano główne wymagania dla systemów monitorowania DTS (rozproszone czujniki temperatury) i DAS (rozproszone czujniki akustyczne), które będą zastosowane w eksportowych systemach kablowych.

Systemy DTS i DAS będą produkowane w oparciu o systemy zapewnienia jakości zgodnie z najnowszymi normami ISO.

Proponowane systemy monitorowania będą zaprojektowane zgodnie ze specyfiką eksportowej linii kablowej (lądowej i morskiej) pod względem długości, czułości, częstotliwości skanowania całej linii i konfiguracji instalacji (np. położenie czujnika światłowodowego wewnątrz lub na zewnątrz kabli elektroenergetycznych). Systemy monitorowania muszą mieć możliwość korzystania ze światłowodów obecnych w eksportowej linii kablowej.

Projektowy okres eksploatacji systemów monitorowania powinien być co najmniej równy okresowi eksploatacji eksportowej linii kablowej. Dostawca wskaże w instrukcji obsługi i konserwacji działania, jakie należy podjąć w celu zagwarantowania trwałości sprzętu.

Dostawca potwierdzi, że warunki pracy systemu monitorowania (temperatura, wilgotność itp.) są odpowiednie do warunków montażu wewnętrznego typowego dla lądowych i morskich stacji elektroenergetycznych. Systemy monitorujące muszą być wyposażone tak, aby zapewnić zdalny dostęp do wyników pomiarów.

Przed dostawą na miejsce systemy DTS i DAS przejdą badanie typu i badanie kontrolno-odbiorcze.

Po zamontowaniu należy przeprowadzić wszystkie konfiguracje (kalibracja, ustawienia alarmów, podłączenia do systemu SCADA, próby na obiekcie itp.) niezbędne do prawidłowego działania systemów. Podczas fazy konfiguracji systemy DTS i DAS należy ustawić w taki sposób, aby zidentyfikowały położenie wzdłuż linii kabla eksportowego wszystkich wrażliwych punktów, takich jak mufy, skrzyżowania itp., dzieląc trasę kabla eksportowego na odcinki (o podobnych lub różnych właściwościach).

Dostawca uwzględni w swojej ofercie szkolenia dla operatorów systemów kablowych wraz z okresem wsparcia w rozwiązywaniu wszelkich problemów, które mogą wystąpić po fazie rozruchu.

3.5.5.2 Rozproszone czujniki temperatury

Proponowany system DTS będzie w stanie mierzyć temperaturę światłowodu na całej trasie z określoną dokładnością w zakresie temperatury i rozdzielczości przestrzennej.

DTS powinien być przystosowany do maksymalnej temperatury żyły kabla na poziomie 90°C, z rezerwą zakresu do co najmniej 110°C.

Dostawca systemu monitorowania DTS przedstawi ofertę na instalację systemu do oceny termicznej w czasie rzeczywistym do dynamicznej pracy eksportowej linii kablowej. System ten powinien być w pełni kompatybilny z podstawowym systemem DTS.

3.5.5.3 Rozproszone czujniki akustyczne

Proponowany system DAS powinien być w stanie mierzyć naprężenie światłowodu na całej trasie kabla eksportowego z odpowiednią dokładnością i rozdzielczością przestrzenną oraz amplitudą/wielkością zgodną z deklaracją producenta.

System monitorowania powinien być w stanie wykrywać w czasie rzeczywistym potencjalne zagrożenia ze źródeł zewnętrznych w bliskim sąsiedztwie eksportowej linii kablowej oraz wyzwać alarmy wskazujące miejsce, w którym wystąpiło oddziaływanie zewnętrzne.

System DAS powinien być zaprojektowany w taki sposób, aby był w stanie wykryć lokalizację uszkodzeń w lądowej i morskiej linii eksportowej kabla elektroenergetycznego.

3.6 Dane gwarantowane dotyczące kabli morskich i lądowych oraz osprzętu kablowego

3.6.1 Trzyżyłowy kabel morski NN

Tabela 3-1: Dane konstrukcyjne morskiego trzyżyłowego kabla elektroenergetycznego

Nazwa producenta			
Oznaczenie kabla			
Obowiązująca norma			
Napięcie znamionowe $U_0/U/U_m$			
Przekrój żyły mm ²			
Element	Materiał	Grubość nominalna	Średnica nominalna
		[mm]	[mm]
Żyła	Miedź lub aluminium klasy 2, w zestawie środek pęczniący pod wpływem wilgoci		
Taśmy pęczniące do żyły roboczej	Półprzewodząca taśma pęczniąca blokująca wodę		
Ekran na żyłę	Materiał półprzewodzący		
Izolacja	XLPE		
Ekran na izolacji	Materiał półprzewodzący		
Półprzewodząca taśma pęczniąca blokująca wodę	Półprzewodząca taśma pęczniąca blokująca wodę		
Metaliczna powłoka	Powłoka ze stopu ołowiu Rodzaj stopu ołowiu		
Polimerowa powłoka zewnętrzna żyły	Półprzewodzący polietylen		
Wypełnienie	<i>Do określenia przez producenta</i>		
Sposób ułożenia żył w kablu	Kierunek i skok		
Taśma	<i>Do określenia przez producenta</i>		
Powłoka wewnętrzna	Przędza z polipropylenu		
Pancerz	Ocynkowane druty stalowe + bitum Liczba warstw, drutów, średnica, kierunek i skok		

Zewnętrzna osłona ochronna niewytlaczana	Podwójne warstwy przędzy z polipropylenu		
Całkowita średnica	-		
Liczba kabli światłowodowych			
Kabel światłowodowy	Patrz Tabela 3-6		

Tabela 3-2: Dane elektryczne morskiego trzyżyłowego kabla elektroenergetycznego

Element	Jednostka	Wartość
Moc nominalna	MVA	
Napięcie $U_0/U/U_m$	kV	
Obciążalność prądowa kabla		
– Zakopanego na dnie morskim w pobliżu brzegu	A	
– Zakopanego na dnie morskim na pełnym morzu	A	
– Umieszczonego w rurze w kształcie J na platformie morskiej	A	
– Umieszczonego w przewiercie HDD na wyjściu na ląd (jeśli dotyczy)	A	
– itp.		
Warunki środowiskowe i warunki układania według danego projektu		
Przebieżenie kabli począwszy od różnych warunków obciążenia wstępnego	A	
Współczynnik obciążenia	%	
Napięcie wytrzymywane udarowe piorunowe	kV	
Rezystancja żyły roboczej DC przy 20°C	Ω/km	
Temperatura żyły roboczej przy prądzie znamionowym	°C	
Rezystancja żyły roboczej AC przy prądzie znamionowym	Ω/km	
Rezystancja ekranu metalicznego (powłoki metalicznej prądu przemiennego przy 20°C na fazę	Ω/km	
Spadek parametrów temperaturowych izolacji przy prądzie znamionowym	°C	
Pojemność (na fazę)	$\mu\text{F}/\text{km}$	
Indukcyjność między żyłami na fazę	mH/km	
Kąt strat	-	
Prąd zwarciový krótkotrwały wytrzymywany żyły		
• Wartość	kA	
• Czas trwania	s	
Prąd zwarciový krótkotrwały wytrzymywany powłoki metalicznej		
• Wartość	kA	
• Czas trwania	s	
Maksymalne naprężenie elektryczne:		
• Na ekranie na żyłę	kV/mm	
• Na ekranie na izolacji	kV/mm	
Straty dielektryczne na fazę przy U_0	W/m	
Straty w żyłę na fazę przy prądzie znamionowym	W/m	
Straty na ekranie na fazę przy prądzie znamionowym	W/m	
Straty na panczerzu przy prądzie znamionowym	W/m	
Całkowite straty instalacji przy prądzie znamionowym	W/m	
Prąd ładowania na fazę	A/km	
Impedancja składowej przeciwnej/zgodnej	Ω/km	
Impedancja składowej zerowej	Ω/km	
Współczynnik strat w powłoce metalowej	(λ_1)	
Współczynnik strat w panczerzu	(λ_2)	

Tabela 3-3: Dane mechaniczne morskiego trzyżyłowego kabla elektroenergetycznego

Element	Jednostka	Wartość	Uwagi i dane referencyjne
Minimalny promień gięcia trzyżyłowego kabla opancerzonego bez obciążenia rozciągającego	m		
Minimalna średnica bębna trzyżyłowego kabla opancerzonego	m		
Minimalny promień gięcia pojedynczych żył podczas przenoszenia	m		Podczas przenoszenia i montażu na platformie
Minimalny promień gięcia pojedynczych żył w kontrolowanych warunkach w pobliżu osprzętu	m		Podczas końcowego montażu na platformie
Maksymalny nacisk zaciskania trzyżyłowego kabla opancerzonego	N		
Maksymalny nacisk zaciskania kabla jednożyłowego	N		Podczas montażu na platformie
Minimalny promień gięcia trzyżyłowego kabla opancerzonego podczas układania przy obliczonym obciążeniu ciągnącym	m		Wartość do sprawdzenia podczas badania typu
Maksymalne rozciąganie osiowe kabla trzyżyłowego (łącznie z głowicą ciągnącą)	kN		
Maksymalne rozciąganie osiowe żyły kabla trzyżyłowego	kN		
Minimalna średnica zwijania	m		Wartość do sprawdzenia podczas badania typu. Wyłącznie w przypadku wskazania, że kabel jest zwijany.
Minimalna wysokość spadku podczas zwijania	m		Wartość do sprawdzenia podczas badania typu. Wyłącznie w przypadku wskazania, że kabel jest zwijany.
Maksymalne obciążenie zgniatające w przypadku długotrwałego układania w stosy	N/m		CIGRE 623 pkt 6.10
Maksymalne obciążenie zgniatające podczas transportu	N/m		
Sztywność skrętna w lewo i w prawo	kN/m ²		
Sztywność zginania	kN/m ²		CIGRE 623 pkt 6.10
Sztywność osiowa	kN/m ²		CIGRE 623 pkt 6.10
Próba dopuszczalnej siły bocznej	N/m		CIGRE 623 pkt 6.5
Maksymalna podana odległość dla LWPa w żyłce (patrz Cigre TB490), D1	m		
Maksymalna podana odległość dla LWPb w ekranie/powłoce (patrz Cigre TB490), D2	m		
Ciężar kabla w powietrzu	Kg/m		
Ciężar kabla w wodzie	Kg/m		

Tabela 3-4: Dane mechaniczne dotyczące połączeń kablowych wykonanych w fabryce w morskich trzyżyłowych kablach elektroenergetycznych

Element	Jednostka	Wartość
Maksymalna średnica	m	
Całkowita długość mufy	m	
Maksymalne dopuszczalne naprężenie naciągu osiowego złączki żyły	kN	

Tabela 3-5: Dane mechaniczne dotyczące muf naprawczych do morskich trzyżyłowych kabli elektroenergetycznych

Element	Jednostka	Wartość
Maksymalna średnica	m	
Długość całkowita	m	
Maksymalny ciężar w powietrzu	kg	
Maksymalny ciężar w wodzie	kg	
Maksymalne dopuszczalne naprężenie naciągu osiowego	kN	
Maksymalne dopuszczalne naprężenie naciągu podczas przenoszenia mufy (CIGRÉ TB 623 §6.8)	kN	

3.6.2 Morskie kable światłowodowe

Tabela 3-6: Arkusz danych technicznych wbudowanego kabla światłowodowego

Element	Jednostka	Wartość
Charakterystyka włókien		
Liczba włókien	-	
Rodzaj włókien	-	
Środek pęczniący pod wpływem wilgoci	-	
Robocza długość fali	nm	
Średnica płaszczu	µm	
Średnica powłoki, włókna bezbarwne	µm	
Nieokrągłość płaszczu	%	
Błąd koncentryczności między powłoką a płaszczem	µm	
Tłumienność przy 1310 nm	dB/m	
Tłumienność przy 1550 nm	dB/m	
Tłumienność przy 1625 nm	dB/m	
Średnica pola modu	µm	
Dyspersja chromatyczna	ps/(nm*km)	
Długość fali o zerowej dyspersji	nm	
Nachylenie o zerowej dyspersji	ps/(nm ² *km)	
Modowa dyspersja polaryzacyjna (PMD)	ps/(km) ^{0.5}	
Wydłużenie podczas próby kontrolnej	%	
Grupowy współczynnik załamania	-	
Tłumienność spłotu złącza fabrycznego	dB	
Tłumienność spłotu naprawy/złącza montażowego	dB	
Konstrukcja kabla światłowodowego		
Średnica wewnętrzna/zewnętrzna stalowej rury	mm	
Grubość stalowej rury	mm	
Grubość powłoki z polietylenu półprzewodzącego	mm	
Całkowita średnica	mm	
Ciężar kabla w powietrzu	Kg/m	
Charakterystyka mechaniczna kabla światłowodowego		
Promień gięcia ciągłego	mm	
Promień gięcia krótkotrwałego	mm	
Minimalne obciążenie zrywające/wytrzymałość na rozerwanie (UTS)	N	
Nominalna robocza wytrzymałość na rozciąganie (NOTS)	N	
Nominalna trwała wytrzymałość na rozciąganie (NPTS)	N	

Nominalna przejściowa wytrzymałość na rozciąganie (NTTS)	N	
Wytrzymałość na naciski	MPa	
Minimalny promień gięcia przy rozciąganiu	m	
Minimalny promień gięcia bez rozciągania	m	
Zakres temperatury roboczej	°C	
Zakres temperatury przechowywania	°C	
Zakres temperatury przenoszenia	°C	

Tabela 3-7: Arkusz danych technicznych osobnych kabli światłowodowych

Element	Jednostka	Wartość
Charakterystyka włókien		
Liczba włókien		
Rodzaj włókien	-	
Środek pęcznejący pod wpływem wilgoci	-	
Robocza długość fali	nm	
Średnica płaszczka	µm	
Średnica powłoki, włókna bezbarwne	µm	
Nieokrągłość płaszczka	%	
Błąd koncentryczności między powłoką a płaszczem	µm	
Tłumienność przy 1310 nm	dB/m	
Tłumienność przy 1550 nm	dB/m	
Tłumienność przy 1625 nm	dB/m	
Średnica pola modu	µm	
Dyspersja chromatyczna	ps/(nm*km)	
Długość fali o zerowej dyspersji	nm	
Nachylenie o zerowej dyspersji	ps/(nm ² *km)	
Modowa dyspersja polaryzacyjna (PMD)	ps/(km) ^{0.5}	
Wydłużenie podczas próby kontrolnej	%	
Grupowy współczynnik załamania	-	
Tłumienność spłotu złącza fabrycznego	dB	
Tłumienność spłotu naprawy/złącza montażowego	dB	
Konstrukcja kabla światłowodowego		
Średnica wewnętrzna/zewnętrzna stalowej rury	mm	
Grubość stalowej rury	mm	
Grubość powłoki z polietylenu półprzewodzącego	mm	
Średnica na powłoce z polietylenu	mm	
Materiał, z którego wykonano druty pancerza, liczba warstw, liczba drutów i średnica	N°/mm	
Materiał i grubość poduszki pancerza	mm	
Materiał i grubość zewnętrznej osłony ochronnej niewyłączanej	mm	
Całkowita średnica kabla	mm	
Ciężar kabla w powietrzu	Kg/m	
Ciężar kabla w wodzie	Kg/m	
Charakterystyka mechaniczna kabla światłowodowego		
Promień gięcia ciągłego	mm	
Promień gięcia krótkotrwałego	mm	
Minimalne obciążenie zrywające/wytrzymałość na rozerwanie (UTS)	kN	
Nominalna robocza wytrzymałość na rozciąganie (NOTS)	kN	
Nominalna trwała wytrzymałość na rozciąganie (NPTS)	kN	

Nominalna przejściowa wytrzymałość na rozciąganie (NTTS)	kN	
Wytrzymałość na naciski	MPa	
Minimalny promień gięcia przy rozciąganiu	m	
Minimalny promień gięcia bez rozciągania	m	
Zakres temperatury roboczej	°C	
Zakres temperatury przechowywania	°C	
Zakres temperatury przenoszenia	°C	
Maksymalna głębokość zastosowania	m	
Odporność na zgniatanie, 0,1 m (IEC 794-1-E3)	kN	
Odporność na uderzenia, 0,05 m (IEC 794-1-E4)	J	

3.6.3 Łądowny jednożyłowy kabel eksportowy

Tabela 3-8: Arkusz danych technicznych łądownych jednożyłowych kabli najwyższego napięcia

Element	Jednostka	Wartość
Producent kabla/miejsce produkcji		
Oznaczenie kabla		
Napięcia znamionowe $U_0/U/U_m$	kV	
Poziom napięcia udarowego piorunowego	kV	
Naprężenie pola elektrycznego przy U_0 na ekranie na żyłę	kV/mm	
Naprężenie pola elektrycznego przy U_0 na ekranie na izolacji	kV/mm	
Materiał i typ żyły		
Przekrój żyły	mm ²	
Liczba drutów w żyłę	mm	
Średnica nominalna żyły	mm	
Metoda uszczelnienia żyły		
Nominalna grubość wewnętrznego półprzewodnika	mm	
Minimalna grubość wewnętrznego półprzewodnika	mm	
Nominalna grubość izolacji	mm	
Nominalna grubość zewnętrznego półprzewodnika	mm	
Minimalna grubość zewnętrznego półprzewodnika	mm	
Metoda uszczelnienia wzdłużnego na zewnętrznym ekranie półprzewodzącym		
Pole przekroju ekranu metalicznego	mm ²	
Liczba i średnica drutów miedzianych w ekranie	mm	
Skok nakładania drutów miedzianych w ekranie	mm	
Wymiar taśmy miedzianej ułożonej ukośnie do drutu miedzianego	mm	
Uszczelnienie wzdłużne na drutach miedzianych ekranu		
Grubość taśmy z folii aluminiowej	mm	
Średnica na taśmie z folii aluminiowej	mm	
Grubość nominalna powłoki zewnętrznej	mm	
Powłoka półprzewodząca	TAK / NIE	
Uniepalniony według normy EN 60332-1-2	TAK / NIE	
Nominalna średnica kabla (D)	mm	
Tuba światłowodowa (jeśli dotyczy)	TAK / NIE	
Liczba tub światłowodowych/liczba włókien światłowodowych na rurkę (jeśli dotyczy)		
Dopuszczalna temperatura robocza	°C	

Dopuszczalna temperatura przeciężenia (jeśli dotyczy)	°C	
Dopuszczalna temperatura zwarcia na żyłę	°C	
Dopuszczalna temperatura drutów miedzianych w ekranie metalicznym i taśmy aluminiowej przy zwiarcich trwających 1 s	°C	
Ciężar kompletnego kabla	Kg/m	
Minimalny dopuszczalny promień gięcia ułożonego kabla	m	
Minimalna dopuszczalna temperatura kabla podczas układania	°C	
Maksymalna dopuszczalna siła ciągnąca podczas układania kabla	kN	
Maksymalna dopuszczalna siła mocowania (zaciskania)	kN	
Maksymalna rezystancja prądu stałego żyły przy 20°C	Ω/km	
Maksymalna rezystancja prądu przemiennego przy 90°C	Ω/km	
Maksymalna rezystancja prądu stałego ekranu metalicznego przy 20°C	Ω/km	
Pojemność	μF/km	
Prąd ładowania linii na fazę przy U_0	A/km	
Indukcyjność kabli ułożonych w układ trójkątny zetknięty	mH/km	
Indukcyjność kabli w konfiguracji płaskiej (odległość między osiami kabli równa dwukrotnej średnicy zewnętrznej kabla)	mH/km	
Dopuszczalny prąd zwarciovowy w żyłę przez czas	kA s	
Dopuszczalny prąd zwarciovowy w ekranie metalicznym przy 80°C przez czas	kA s	
Wykonawca wskaże prąd znamionowy kabla w następujących warunkach: a) w ziemi, układ płaski b) w ziemi, układ trójkątny c) w powietrzu, układ płaski d) w powietrzu, układ trójkątny Warunki środowiskowe zostaną wskazane dla konkretnego Projektu.	A A A A	
Przeciężenie kabli począwszy od różnych warunków obciążenia wstępnego	A	

3.6.4 Łądowy kabel światłowodowy

Tabela 3-9: Arkusz danych technicznych łądowych kabli światłowodowych

Element	Jednostka	Wartość
Charakterystyka włókien		
Liczba włókien		
Rodzaj włókien	-	
Środek pęczniejący pod wpływem wilgoci	-	
Robocza długość fali	nm	
Średnica płaszczka	μm	
Średnica powłoki, włókna bezbarwne	μm	
Nieokrągłość płaszczka	%	
Błąd koncentryczności między powłoką a płaszczem	μm	
Tłumienność przy 1310 nm	dB/m	
Tłumienność przy 1550 nm	dB/m	

Tłumienność przy 1625 nm	dB/m	
Średnica pola modu	μm	
Dyspersja chromatyczna	ps/(nm*km)	
Długość fali o zerowej dyspersji	nm	
Nachylenie o zerowej dyspersji	ps/(nm ² *km)	
Modowa dyspersja polaryzacyjna (PMD)	ps/(km) ^{0,5}	
Wydłużenie podczas próby kontrolnej	%	
Grupowy współczynnik załamania	-	
Tłumienność spłotu złącza fabrycznego	dB	
Tłumienność spłotu złącza naprawczego/montażowego	dB	
Charakterystyka mechaniczna kabla światłowodowego		
Minimalny promień gięcia	mm	
Dopuszczalna wytrzymałość na rozciąganie	kN	
Zakres temperatury roboczej	°C	
Zakres temperatury przechowywania	°C	
Zakres temperatury przenoszenia	°C	
Całkowita średnica kabla	mm	
Ciężar kabla	Kg/m	

3.6.5 Systemy monitorowania

Tabela 3-10: Arkusz danych technicznych systemu DTS

DTS	Jednostka	Wartość
Zakres pomiaru odległości	km	
Liczba kanałów czujników	n	
Rozdzielczość przestrzenna	m	
Protokoły komunikacyjne i format danych do systemów SCADA		
Rozdzielczość temperatury	°C	
Czas pomiaru	min	
Kalibracja czujników	-	
Złącza wyjściowe		
Klasa lasera		
Temperatura i wilgotność robocza	°C, %	

UWAGA: Dodatkowe dane do przekazania przez Dostawcę

Tabela 3-11: Arkusz danych technicznych systemu DAS

DAS	Jednostka	Wartość
Zakres pomiaru odległości	km	
Liczba kanałów czujników	n	
Rozdzielczość przestrzenna	m	
Czas pomiaru	min	
Protokoły komunikacyjne i format danych do systemów SCADA		
Złącza wyjściowe		
Kalibracja czujników	-	
Klasa lasera		
Temperatura i wilgotność robocza	°C, %	

UWAGA: Dodatkowe dane do przekazania przez Dostawcę

3.7 Zapewnianie jakości

Dostawca/producent systemu kablowego powinien przedłożyć dokumenty potwierdzające posiadanie zatwierdzonego systemu zapewniania jakości w zakresie projektowania, produkcji, badań i montażu zgodny z międzynarodową normą (np. ISO 9001).

Proces zapewniania jakości powinien rozpoczynać się w momencie rozpoczęcia projektu, podczas wyboru Wykonawcy i odpowiedniego Dostawcy/Producenta lub Firmy montażowej. Na etapie przetargu należy brać pod uwagę wyłącznie wiarygodnych oferentów. W tym celu należy zawrzeć w dokumentacji przetargowej odpowiednie wymagania, aby dokonać wstępnej selekcji Oferentów. Przykładowo pod uwagę brani będą wyłącznie Oferenci z uznanym doświadczeniem w podobnych projektach (morski kabel NN).

Z punktu widzenia projektu system kablowy musi zostać prekwalfikowany zgodnie z odpowiednimi normami i zaleceniami Cigre (więcej szczegółowych informacji dotyczących aspektów badania można znaleźć w rozdziale 3.4). W razie konieczności wykonania dodatkowych badań należy je uzgodnić na etapie przetargu. W celu weryfikacji zgodności badań już wykonanych przez Dostawcę wszystkie protokoły z badań zostaną przedstawione i ocenione przez Właściciela. Wszystkie protokoły z badań powinny być podpisane przez wyznaczonego wykwalifikowanego inspektora/podmiot. W razie konieczności przeprowadzenia nowych badań Właściciel powinien udać się do laboratorium badawczego w celu sprawdzenia, czy warunki prowadzenia badań, wyposażenie i wyniki badań są zgodne z odpowiednimi normami i dokumentami odniesienia.

Przed rozpoczęciem produkcji kabli należy uwzględnić zapewnianie jakości z punktu widzenia produkcji. W tym celu Właściciel lub wykwalifikowany podmiot zewnętrzny powinien przeprowadzić audyt fabryki mający na celu sprawdzenie, czy fabryka produkująca kable jest objęta planem kontroli jakości i spełnia uznaną normę (np. ISO 9001). W przypadku wykrycia niedociągnięć lub braków podczas audytu przed rozpoczęciem procesu produkcji kabli należy podjąć odpowiednie działania naprawcze.

Podczas produkcji kabli Właściciel powinien odbywać wizyty fabryczne mające na celu sprawdzenie, czy procesy produkcyjne przebiegają zgodnie z procedurami fabrycznymi. Właściciel będzie obecny podczas najważniejszych etapów produkcji, takich jak badanie wyrobu, badania na próbkach i próby odbioru fabrycznego. Czasami z takimi badaniami wiąże się umowne etapy realizacji. W takim wypadku zaleca się obecność Właściciela. Decyzja Właściciela o przeprowadzeniu dość obszernego nadzoru podczas produkcji (stała obecność) lub nie zależy również od poziomu zaufania/wiedzy Dostawcy oraz wyniku przeprowadzonego audytu. Czasami dobrym kompromisem są regularne wizyty mające na celu weryfikację niektórych procesów, zwłaszcza na ich początku.

Zapewnianie jakości jest ważne również na etapie realizacji projektu inwestycyjnego, w związku z tym również w tym przypadku Właściciel powinien zweryfikować, czy Wykonawca wykonuje wszystkie prace zgodnie z ustalonymi procedurami. Faza ta obejmuje układanie kabla, zabezpieczanie, badanie po ułożeniu. W badaniu po ułożeniu, znanym również jako próby pomontażowe, będzie brał udział Właściciel, ponieważ jest to zwykle ważny etap realizacji projektu inwestycyjnego. W przypadku wszystkich prac morskich (w tym pomiarów przed ułożeniem mających na celu zakończenie trasy kablowej) na pokładzie statku powinien znajdować się wyznaczony Przedstawiciel Właściciela w celu sprawdzenia, czy kable są układane prawidłowo i bezpiecznie, bez uszkodzeń lub ewentualnego ryzyka (np. fragmentów zawieszonych lub odcinków swobodnie zwisających bez podparcia). Taki przedstawiciel powinien być ekspertem ds. instalacji kabli morskich z udokumentowanym doświadczeniem. Wszyscy inspektorzy muszą mieć dogłębną wiedzę fachową w odpowiedniej dziedzinie morskich lub lądowych kabli najwyższego napięcia.

Ogólnie rzecz biorąc, Właściciel powinien mieć dostęp do wszystkich miejsc Wykonawcy, w których odbywają się prace związane z projektem inwestycyjnym (fabryka, statek układający, teren realizacji itp.) i powinien mieć prawo do sprawdzania wszystkich procedur i dokumentacji związanej z różnymi fazami projektu. Niemniej jednak powszechną praktyką jest uzgadnianie między Właścicielem a Wykonawcą kontroli na niektórych określonych etapach procesów. Takie uzgodnienia zwykle opierają się na jednym lub kilku planach kontroli jakości na różnych etapach projektu (badanie, produkcja, układanie/montaż itp.).

W takich planach kontroli jakości określa się etapy kontroli jakości każdego procesu oraz fazy, w których Wykonawca jest zobowiązany poinformować Właściciela o ich realizacji. W odniesieniu do każdego etapu należy podać co najmniej następujące informacje:

- Nazwa/opis fazy kontroli/weryfikacji
- Dokumentacja referencyjna (np. procedura realizacji weryfikacji)
- Metoda weryfikacji

- Częstotliwość kontroli
- Kryteria odbioru
- Osoba odpowiedzialna
- Rodzaj kontroli w celu określenia, czy obecność Właściciela jest obowiązkowa
- Zapis z opisem, w jaki sposób rejestrowane są wyniki kontroli (np. arkusz zapisów kontroli produkcji, protokół z badań itp.)

Plany kontroli jakości mogą również obejmować kontrolę wewnętrzną Wykonawcy, niemniej jednak z powodów poufności nie wszystkie informacje dotyczące procesów mogą zostać ujawnione (np. informacje poufne dotyczące produkcji). Niemniej jednak Właściciel na miejscu lub w fabryce Wykonawcy powinien mieć dostęp do wszystkich informacji dotyczących jakości.

Przykładowe fazy weryfikacji, które należy wziąć pod uwagę w ramach kontroli jakości w odniesieniu do procedur wytwarzania kabli morskich.

- Materiał przychodzący: weryfikacja certyfikatu jakości dostawcy, wewnętrzna kontrola/próby itp.
- Skręcanie/formowanie żył: weryfikacja liczby drutów/sektorów, średnicy i owalności każdej warstwy, łączenie/spawanie drutów, rezystancja żyły, masa uszczelniająca itp.
- Ekran izolacyjny i półprzewodzący: weryfikacja grubości, średnicy, owalności itp.
- Powłoka metaliczna: weryfikacja grubości, średnicy itp.
- Powłoka z tworzywa sztucznego: weryfikacja grubości, średnicy itp.
- Próby pośrednie na odcinkach wytłaczanych: próby NN, wyładowań niepełnych, pomiar wydłużenia pod obciążeniem w podwyższonej temperaturze, pomiary tangensa delta i pojemności, pomiary wymiarowe itp.
- Badania połączeń kablowych wykonanych w fabryce: próby NN, wyładowań niepełnych, badanie rentgenowskie, pomiary wymiarowe itp.
- Sposób ułożenia żył w kablu: obecność wszystkich elementów składowych, oznaczenie faz, obecność wypełniaczy, kierunek układania, taśmy itp.
- Światłowod: obecność kabla światłowodowego i prawidłowe położenie
- Pancerz: liczba drutów, obecność bitumu, skok pancerza, przędza z polipropylenu itp.
- Końcowe badanie dostarczanych odcinków: próba NN, badanie TDR, badanie kompletnego kabla itp.

Rodzaj weryfikacji w ramach każdej fazy musi zostać uzgodniony między Właścicielem a Wykonawcą. W odniesieniu do każdej fazy Wykonawca określi kontrolę jakości do przeprowadzenia. Właściciel zdecyduje o poziomie nadzoru określającym fazy, w których ma brać udział.

Przykładowy poziom interwencji:

- **Punkt zatrzymania:** Wykonawca musi z wyprzedzeniem wysłać Właścicielowi zawiadomienie o kontroli i poczekać na jego odpowiedź, zanim wznowi prace. Wykonawca nie może przystąpić do prób, dopóki nie uzyska od Właściciela zgody.
- **Inspekcja przy udziale Właściciela/Zamawiającego** Wykonawca musi z wyprzedzeniem wysłać Właścicielowi zawiadomienie o kontroli. Właściciel zastrzega sobie prawo do obecności na etapie weryfikacji. Wykonawca może postępować zgodnie ze swoimi planami również bez obecności Właściciela.
- **Weryfikacja dokumentacji:** weryfikacja dokumentacji przez Wykonawcę, który w dowolnym momencie udostępni Właścicielowi dokumentację do wglądu.

Plany kontroli jakości to dokumenty, które Wykonawca dostarczy w trakcie realizacji projektu, ale przed rozpoczęciem każdego procesu każdorazowo muszą być one uzgodnione z przedstawicielem Właściciela. W odniesieniu do planów kontroli jakości w zakresie produkcji za „wstrzymane” należy uznać próby pośrednie i końcowe, a tym samym fazy, które wymagają obecności przedstawiciela Właściciela, natomiast za „wymagające udziału Właściciela/Zamawiającego” można uznać inne fazy, a tym samym fazę, w odniesieniu do której wykonawca ma informować Właściciela o planowaniu, ale możliwe jest kontynuowanie prac bez obecności Właściciela.

Oprócz planów kontroli jakości Wykonawca na początku projektu inwestycyjnego przekaże plan jakości, w którym zawarte będą wszystkie informacje dotyczące jakości w ramach projektu inwestycyjnego.

Plany kontroli jakości należy zapewnić dla wszystkich procesów w ramach projektu inwestycyjnego, a poniżej przedstawiono wykaz planów kontroli jakości zwykle przedkładanych w ramach tego rodzaju projektów inwestycyjnych.

Plan kontroli jakości w zakresie produkcji systemów kablowych (w tym badanie w fabryce)

- Plan kontroli jakości w zakresie produkcji kabli lądowych najwyższego napięcia prądu przemiennego
- Plan kontroli jakości w zakresie produkcji kabli morskich najwyższego napięcia prądu przemiennego
- Plan kontroli jakości w zakresie produkcji/dostaw fabrycznych i naprawczych muf do kabli morskich
- Plan kontroli jakości w zakresie produkcji/dostawy podziemnych muf kablowych (w tym skrzynek połączeniowych itp.), muf przejściowych, głowic i ograniczników przepięciowych

Plan kontroli jakości w zakresie układania/montażu systemu kablowego

- Plan kontroli jakości w zakresie układania/montażu i zabezpieczania morskich kabli eksportowych
- Plan kontroli jakości w zakresie układania/montażu i zabezpieczania lądowych kabli eksportowych
- Plan kontroli jakości w zakresie montażu fabrycznych i naprawczych muf do kabli morskich
- Plan kontroli jakości w zakresie montażu muf (w tym muf przejściowych) i głowic do kabli lądowych

Plan kontroli jakości w zakresie prób systemów kablowych

- Plan kontroli jakości w zakresie prób kwalifikacyjnych kabli morskich i podziemnych oraz powiązanego osprzętu
- Plan kontroli jakości w zakresie prób po ułożeniu kabli
- Plan kontroli jakości w zakresie prób morskich (w razie potrzeby)

Plan kontroli jakości w zakresie systemów monitorowania kabli (dostawa, próby i uruchamianie)

Plany kontroli jakości są dokumentami referencyjnymi do zarządzania niezgodnościami: w przypadku znalezienia jednej niezgodności Wykonawca powinien zatrzymać odpowiedni proces i przedstawić szczegółowy opis zdarzenia. Przed wznowieniem procesu Wykonawca przedstawi Właścicielowi działania korygujące mające na celu zapewnienia rozwiązania do konkretnego zdarzenia, a także mające na celu zapobieżenie ryzyku wystąpienia podobnych zdarzeń w przyszłości. Zamknięcie niezgodności powinno być uzgodnione z Właścicielem.

3.8 Dokumentacja techniczna linii kablowej – dokumenty do przedstawienia w projekcie wykonawczym oraz w dokumentacji powykonawczej

Wykonawca przygotowuje dokumentację techniczną w celu wykazania zgodności ze specyfikacjami Właściciela. Poniżej przedstawiono wykaz takich dokumentów. Wykaz ten należy jednak uzupełnić o raporty charakterystyczne dla danego projektu inwestycyjnego: przykładowo taka dodatkowa dokumentacja może dotyczyć wymagań w zakresie montażu urządzeń do przewierć HDD lub charakterystyki mechanicznej kabli lądowych po ułożeniu na mostach lub rozwiązań w zakresie ekranów magnetycznych (pętle kablowe, tor ferromagnetyczny itp.).

Dokumenty do przedstawienia przez Wykonawcę opisano w kolejnych punktach.

3.8.1 Projekt eksportowego systemu kablowego

- Ogólny opis systemu kablowego (lądowego i morskiego, w tym kabla i osprzętu)
- Arkusze danych technicznych kabli eksportowych (lądowych i morskich, w tym kabli światłowodowych, międzywęzłowych i lądowych) oraz osprzętu (mufy i kapturków uszczelniających) wraz z opisem elementów (warstw kabli, elementów osprzętu) i rysunkami konstrukcyjnymi.
- Obliczenia elektryczne, cieplne i mechaniczne lądowych i morskich systemach kablowych (w każdej innej strefie termicznej lub mechanicznej), w tym obliczenia zwarciove
- Ocena pola magnetycznego przy pełnym obciążeniu
- Ocena strat przy obciążeniu 50, 75 i 100%
- Procedury spawania przewodów i pancerza
- Ocena interferencji z innymi instalacjami (np. z punktu widzenia pól elektromagnetycznych) podczas normalnej pracy lub podczas awarii
- Obliczanie krzywych przeciążenia sparametryzowanych do czasu trwania przeciążenia i wartości początkowej obciążenia
- Opis uziemienia systemu kablowego i odpowiednie obliczenia
- Schemat jednokreskowy
- Opis systemu kompensacji (jeśli występuje) i odpowiednie obliczenia
- Wykaz materiałów

3.8.2 Prowadzenie kabli

- Procedury pomiarów morskich
- Szczegółowy protokół z badań zawierający mapy, wykresy, cyfrowe dane ASCII i oprogramowanie (w tym dotyczące obszaru przybrzeżnego i ewentualnie przewiertów HDD)
- Schematy tras kablowych do części morskiej (w tym te, które mają być oficjalnie przekazane władzom morskim) i części lądowej (w tym wszystkie odpowiednie rysunki odcinków)
- Wykaz skrzyżowań kabli morskich z istniejącą infrastrukturą (w tym położenie, stan/status, głębokość zakopania, głębokość wody)
- Raport z działań w zakresie wyszukiwania niewybuchów
- Analiza z oceną zakopywania – projekt wykonawczy instalacji kabli morskich na podstawie danych z pomiarów morskich

3.8.3 Układanie/montaż systemu kablowego

- Opis procedur układania kabli morskich, w tym wyładunku, transportu, układania w miejscach wyjścia na ląd, w rurach w kształcie J, zabezpieczeń mechanicznych za pomocą specjalnego sprzętu i narzędzi
- Arkusze danych technicznych sprzętu instalacyjnego
- Opis procedur układania kabla podziemnego (w tym łączenia)
- Opis bębnow kablowych na kabel podziemny i odpowiednie planowanie transportu z fabryki do miejsc składowania
- Szczegółowe rozmieszczenie wykopów kablowych na kable podziemne (z odpowiednimi rysunkami)
- Szczegółowe rozmieszczenie studzienek na mufy kablowe kabla podziemnego (wraz z odpowiednimi rysunkami) i opis układu uziemienia
- Opis i rysunek stanowiska muf
- Opis schematów skrzyżowań kabli morskich z innymi instalacjami (kablami telekomunikacyjnymi, rurami wodociągowymi/gazowymi itp.) wraz z oceną zakłóceń termicznych, elektrycznych i mechanicznych

- Rysunki skrzyżowań kabli z innymi instalacjami
- Opis stanowisk/studzienek na mufy przejściowe, odpowiedni rysunek i układ uziemiający
- Urządzenia do przeładunku materiałów, w tym główne wyposażenie do transportu, przeładunku i rozładunku na miejscu
- Rozplanowanie lądowych/morskich urządzeń stacji elektroenergetycznej
- Rysunek i arkusz danych technicznych szybów kablowych na platformie morskiej
- Szczegółowy schemat zakopywania/zabezpieczania kabla na trasie
- Studium identyfikacji zagrożeń (HAZID), analiza ryzyka i wykonalności (HAZOP) i analiza gotowości morskiej jako dokumentacja przygotowawcza

3.8.4 Eksploatacja i konserwacja systemu kablowego

- Instrukcje eksploatacji i konserwacji połączenia w ramach danego projektu inwestycyjnego, w tym procedury i personel
- Procedury naprawy systemów kablowych morskich i podziemnych oraz odpowiednie kryteria odbioru
- Metody i procedury wykrywania uszkodzeń kabli morskich i kabli podziemnych
- Instrukcja obsługi i arkusz danych technicznych lokalizatora uszkodzeń
- Opis części zamiennych i wymagań dotyczących ich przechowywania
- Opis gospodarki częściami zamiennymi do kabli eksportowych
- Analiza hałasu słyszalnego podczas budowy
- Długoterminowe umowy serwisowe (umowa serwisowa), w stosownych przypadkach

3.8.5 Badanie systemów kablowych

- Procedura kwalifikacji eksportowych systemów kablowych ze szczegółowym opisem każdej próby, ewentualnie ze szczegółowym protokołem z próby kontrolnej
- Procedury badań wyrobu, badań na próbkach i badań typu
- Procedury badań po ułożeniu (w tym badania osłony zewnętrznej kabla lądowego)
- Raport dotyczący odporności kabli morskich na rozprzestrzenianie się wody
- Obliczanie naprężeń elektrodynamicznych zwarciovych i sejsmicznych oraz wymiarowanie podpór/uchwytów instalacyjnych i głowic kablowych
- Projekt i opis proponowanych systemów monitorowania: system monitorowania temperatury (DTS), system wyładowań niezupełnych (system PD) i system akustyczny (DAS)
- Protokoły z wszystkich prób przeprowadzanych w ramach projektu inwestycyjnego

3.8.6 System jakości

- Plan jakości dla projektu
- Dokumentacja dotycząca niezgodności
- Plany kontroli jakości (QCP) z różnych faz projektu inwestycyjnego (od produkcji kabli/osprzętu po kwalifikację, układanie/montaż itp., aż po odbiory końcowe), dla których przewiduje się nadzór.
- Wykaz wykwalifikowanych pracowników odpowiedzialnych za prace łączeniowe (izolacja i spawanie)
- Schematy organizacyjne i lokalizacje produkcyjne
- Historia realizacji w podobnych projektach inwestycyjnych
- Szczegółowe harmonogramy (plan prac) każdego etapu budowy (produkcja kabli, próby, układanie/montaż itp.)

3.8.7 Dokumentacja powykonawcza

- Dokumentacja powykonawcza (raport i rysunki) powinna zawierać zbiór batymetrycznych profili i map morskich i tras kabli podziemnych z dokładnym położeniem kabli i stanowisk na mufy przejściowe, zaktualizowaną lokalizacją instalacji krzyżowanych (kabli/rurociągów) oraz wskazaniem różnych stref chronionych i metody ochrony
- Wymagania dotyczące procedury przeprowadzania powykonawczych pomiarów geodezyjnych i ich archiwizacji
- Skrzyżowania z innymi instalacjami, których dane również przekazywane są odpowiednim właścicielom innych instalacji
- W dokumentacji powykonawczej powinna być również wskazana głębokość zakopania kabla na całej trasie oraz położenie odcinków z dodatkowymi zabezpieczeniami (np. ułożonymi skałami, materacami/workami itp.)

3.9 Zalecany okres i zakres gwarancji na wykonaną linię

Powszechną praktyką jest ustalanie okresu gwarancji na system kablowy, który rozpoczyna się po odbiorze końcowym. W ramach tego formalnego kroku przekazuje się własność linii NN od Wykonawcy do ostatecznego Właściciela, dlatego odbiór końcowy nazywany jest również „próbą odbiorczą”.

W tej części wyraźnie podkreśla się znaczenie odbiorów końcowych, które należy przeprowadzić zgodnie z normą IEC 62067. W celu uzyskania większości informacji z tej fazy należy przeanalizować wyniki badań i dane dostarczone przez systemy monitorowania (jeśli są stosowane) używane podczas rozruchu, takie jak systemy do badań wyładowań niepełnych w części lądowej. Innych systemów monitorowania, takich jak DTS i DAS, po zainstalowaniu, należy używać od początku okresu eksploatacji w celu wykrywania obecności gorących punktów wzdłuż linii lub wystąpienia zewnętrznego oddziaływania mechanicznego na system kablowy.

Typowy okres gwarancji na tego typu projekt inwestycyjny wynosi 2-3 lata i musi zostać uzgodniony pomiędzy Właścicielem a Wykonawcą. Ten czas jest wystarczająco długi, aby wykryć duże wady, na przykład nieprawidłowy montaż osprzętu. W takim wypadku ze względu na wysoką wartość naprężenia elektrycznego w systemie kablowym NN awaria prawdopodobnie wystąpiłaby w pierwszych miesiącach eksploatacji.

W okresie gwarancyjnym każda wada (od nieprawidłowo działającego dostarczonego materiału po nieprawidłowy montaż elementów itp.) zostanie usunięta/naprawiona przez Wykonawcę bez dodatkowych kosztów po stronie Właściciela.

Długotrwałe działanie systemu kablowego NN opiera się na pozytywnych wynikach badań prekwalityfikacyjnych Producenta kabli zgodnie z międzynarodowymi normami (IEC 62067) i zaleceniami (Cigre TB 490) oraz na doświadczeniu (dotychczasowym) Wykonawcy w podobnych projektach inwestycyjnych ze szczególnym uwzględnieniem wymagań w zakresie instalacji morskich.

Na etapie przetargu można zażądać dłuższego okresu gwarancji w przypadku szczególnych i nietypowych cech projektu inwestycyjnego, na co zwrócono uwagę podczas oceny ryzyka technologicznego. Przykładowo jest to prowadzenie kabli na bardzo dużej głębokości (część morska) lub układanie kabla lądowego w konfiguracji niekonwencjonalnej (część lądowa): w obu przypadkach konieczne jest zastosowanie specjalnych urządzeń w celu pokonania ograniczeń. Oprócz specyficznych prób sprzętu do układania/montażu (jak w przypadku prób morskich) dłuższy okres gwarancji może dodatkowo objąć związane z tym niepewności.

Dostawa systemu kablowego NN powinna odbywać się zgodnie z podejściem jakościowym opisanym w rozdziale 3.7. W przypadku stwierdzenia na jednym z etapów projektu inwestycyjnego (produkcja, układanie/montaż itp.) drobnej niezgodności (której nie można od razu usunąć), Właściciel może z Wykonawcą negocjować przedłużenie okresu gwarancji lub umowę serwisową w celu uwzględnienia niepewności związanych z pojawiającym się problemem.

3.10 Części zamienne

Właściciel powinien przeprowadzić ocenę ryzyka awarii, aby ocenić liczbę potrzebnych części zamiennych i określić, czy konieczna jest obejmująca naprawę umowa serwisowa od Producenta (lub innych odpowiednich firm).

Taka umowa zapewnia gwarantowany czas na zorganizowanie statku remontowego, dostępnej wykwalifikowanej kadry remontowej oraz sprzętu do lokalizacji uszkodzeń w celu zminimalizowania czasu potrzebnego na naprawy części lądowej i morskiej.

W przypadku naprawy na morzu czas przestoju może zwykle trwać 2+3 miesiące w zależności od dostępności statku i części zamiennych oraz warunków meteorologicznych na morzu.

Części zamienne to bardzo ważna kwestia, którą należy wziąć pod uwagę, aby w razie awarii lub uszkodzenia umożliwić naprawę kabla w jak najkrótszym czasie. W przypadku morskich systemów kablowych zalecane części zamienne to:

1. Morski trzyżyłowy kabel eksportowy: należy zapewnić do naprawy odcinek zapasowego kabla, a długość należy określić na podstawie przewidywanej liczby awarii i maksymalnej głębokości wody, kabel zapasowy należy przechowywać na odpowiedniej platformie, do której statek remontowy powinien mieć cały czas dostęp. W zależności od charakterystyki kabla powinien on być nawinięty na stół obrotowy lub zwinięty w zezwój, jeśli podano, że można go zwijać.
2. Połączenia naprawcze: należy zapewnić kilka zapasowych muf naprawczych, a ich liczba ma być wystarczająca do naprawy przewidywanych uszkodzeń, wskazanych w analizie oceny ryzyka, a szczególną uwagę należy zwrócić na zalecany okres przechowywania wszystkich elementów mufy, a wykorzystane części należy niezwłocznie uzupełniać.

Nie ma dokładnego wzoru na określenie długości zapasowego kabla morskiego, która zależy od parametrów takich, jak dwukrotna maksymalna głębokość wody, rozprzestrzenianie się wody w kablu po poważnym uszkodzeniu (zgodnie z deklaracją producenta), dodatkowych odcinków kabli uwzględniających obsługę kabla zapasowego na statku naprawczym. Szacunkowa przybliżona długość kabla zapasowego do jednej naprawy na trasie o maksymalnej głębokości 150 m wynosi co najmniej 500-600 m. Taka ocena powinna w każdym razie uwzględniać szczególne warunki układania/montażu i zabezpieczania kabla. W przypadku gdy zapasowy kabel trzyżyłowy będzie przechowywany na bębnie, zaleca się przeprowadzenie z wyprzedzeniem próby zginania przy minimalnej średnicy bębna, a następnie prób wyładowań niepełnych i wysokiego napięcia zgodnie z wymaganiami badania wyrobu.

Zapasową długość kabla należy określić z uwzględnieniem maksymalnej głębokości wody wzdłuż trasy kabla, metody/procedury naprawy oraz odporności kabla na wnikanie wody (biorąc pod uwagę czas, przez jaki kabel będzie narażony na ciśnienie wody).

Należy wziąć pod uwagę części zamienne niezbędne na wypadek minimum dwóch zwarć/awarii kabla morskiego i dwóch podziemnego. Te same wymagania mają zastosowanie do lądowego kabla światłowodowego.

W przypadku kabla lądowego i morskiego należy uwzględnić dwie mufy naprawcze do każdej operacji naprawy.

W częściach zamiennych powinna być uwzględniona jedna zapasowa głowica każdego typu i jedna mufa przejściowa.

3.11 Ogólne wymagania dotyczące pakowania, transportu i przechowywania kabli i osprzętu

Wymagania dotyczące pakowania, transportu i składowania kabli podziemnych można znaleźć w specyfikacjach technicznych [18] i [19].

Wymagania dotyczące transportu kabla morskiego są dołączone do wymagań dotyczących etapu układania. Rozładunek kabla z fabryki najlepiej wykonać bezpośrednio na statek CLV, unikając w największym możliwym stopniu przekładania kabli z jednej szpuli na drugą.

Oznakowanie kabli za pomocą pojazdu ROV czytelnymi oznaczeniami należy wykonać co 1000 m zgodnie z opisem w rozdziale 3.1.8. Podczas transportu obie głowice kablowe powinny być zabezpieczone i uziemione.

Transport zapasowego kabla i osprzętu ma być również zapewniony do miejsca składowania. W zależności od konkretnych potrzeb w ramach przedsięwzięcia do przechowywania zapasowego kabla morskiego może być wymagany stół obrotowy (lub kosz).

Miejsce przechowywania kabla morskiego powinno być wcześniej wyznaczone i łatwo dostępne dla statku do naprawy kabli.

Wszystkie końce kabli należy odpowiednio zakryć/zabezpieczyć, aby uniknąć przedostawania się do środka wilgoci lub wody.

Wykonawca jest odpowiedzialny za projekt i montaż stołu obrotowego ze wskazaniem wymaganej konserwacji.

4. BIBLIOGRAFIA

- Cigre TB 680 “Implementation of long AC HV and EHV cable systems” [Realizacja długich systemów kablowych prądu przemiennego WN i NN]
- Cigre TB 748 “Environmental issues of high voltage transmission lines in urban and rural areas” [Kwestie środowiskowe w zakresie linii przesyłowych wysokiego napięcia na obszarach miejskich i wiejskich]
- Cigre TB 104 “Magnetic field in HV cable systems” [Pole magnetyczne w systemach kablowych WN]
- Cigre TB 379 “Update of service experience of high voltage underground and submarine cable systems” [Aktualizacja doświadczeń związanych z eksploatacją podziemnych i morskich systemów kablowych wysokiego napięcia]
- Cigre TB 815 “Update of service experience of high voltage underground and submarine cable systems” [Aktualizacja doświadczeń związanych z eksploatacją podziemnych i morskich systemów kablowych wysokiego napięcia]
- Cigre TB 279 “Maintenance for HV Cables and Accessories” [Konserwacja kabli i osprzętu WN]
- Sympozjum Cigre Aalborg 2019. Artykuł 155 “Hornsea Projects One and Two – Design and Execution of the Grid Connection for the World’s Largest Offshore Wind Farms” [Projekty inwestycyjne Hornsea 1 i 2 – Projekt i wykonanie przyłącza sieciowego największych morskich farm wiatrowych na świecie]
- IEC TR 62095 “Electric cables - Calculations for current ratings - Finite element method” [Kable elektryczne – Obliczenia prądu znamionowego – Metoda elementów skończonych]
- “HVDC cables for high performance transmission lines” - Experience developments and future applications [Kable wysokiego napięcia prądu stałego do wysokowydajnych linii przesyłowych – Doświadczenie i przyszłe zastosowania” Międzynarodowe warsztaty dotyczące kabli wysokiego napięcia prądu stałego zorganizowane w dniu 28.03.2017 r.]