



**Polskie Sieci  
Elektroenergetyczne**

**STANDARDOWA SPECYFIKACJA  
TECHNICZNA**

**Numer kodowy**

**PSE-SF. Linia 400kV.6 PL/2020v1**

**TYTUŁ:**

**LINIA NAPOWIETRZNA 400 kV  
ZAŁĄCZNIK 6  
PRZEWÓD OPGW**

***OPRACOWANO:***

***DEPARTAMENT STANDARDÓW TECHNICZNYCH***

**ZATWIERDZONO  
DO STOSOWANIA**

**Data .....**

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

**Spis treści**

1.	Część ogólna .....	4
1.1	Przedmiot specyfikacji.....	4
1.2	Zakres wymagań.....	4
1.3	Skróty i definicje używane w Specyfikacji.....	4
1.4	Normy związane .....	5
2.	Wymagania dla włókien światłowodowych i ośrodka optycznego.....	7
2.1	Wymagania dla włókien światłowodowych .....	7
2.1.1	Wymagania ogólne .....	7
2.1.2	Wymagania szczegółowe.....	7
2.2	Pokrycia ochronne włókien światłowodowych .....	11
2.2.1	Pierwotne pokrycia ochronne .....	11
2.2.2	Ośrodek optyczny przewodu OPGW.....	11
3.	Wymagania dla konstrukcji przewodów OPGW.....	13
3.1	Wymagania ogólne .....	13
3.2	Konstrukcja przewodu OPGW.....	13
4.	Wymagania mechaniczne i elektryczne dla przewodów OPGW .....	14
5.	Warunki montażu (instalowania) i eksploatacji przewodów OPGW .....	15
6.	Badania przewodu OPGW .....	15
6.1	Rodzaje badań.....	15
6.2	Zakres badań typu .....	16
6.2.1	Sprawdzenie zachowania się jednostki optycznej podczas rozciągania OPGW (tensile performance test) .....	17
6.2.2	Sprawdzenie zachowania się przewodu w warunkach obciążenia siłą rozciągającą (stress–strain test).....	18
6.2.3	Sprawdzenie siły zrywającej przewód (breaking strength test).....	18
6.2.4	Próba przewijania przewodu (sheave test).....	19
6.2.5	Badanie odporności na drgania eolskie (aeolian vibration test) .....	19
6.2.6	Badanie pełzania przewodu OPGW (creep test) .....	19
6.2.7	Badanie odporności na taniec przewodu (galloping test).....	20
6.2.8	Badanie odporności na cykliczne zmiany temperatury (temperature cycling test) .....	20
6.2.9	Badanie wodoszczelności wzdłużnej (water penetration test) .....	20
6.2.10	Badanie odporności na prądy zwarciowe (short-circuit test) .....	21
6.2.11	Badanie odporności na wyładowania atmosferyczne (lightning test) .....	21
6.3	Zakres aprobaty badań typu.....	22
6.4	Zakres badań kontrolno-odbiorczych .....	23
6.5	Zakres badań wyrobu.....	23

7.	Dokumentacja techniczna przewodu OPGW.....	23
8.	Gwarantowane przez Producenta dane znamionowe i parametry techniczne przewodu OPGW oraz wymagana dokumentacja.....	25
9.	Gwarantowane przez Producenta parametry mechaniczne i wymiary włókien światłowodowych oraz parametry transmisyjne przewodów OPGW .....	27
10.	Zapewnienie jakości .....	28
10.1	Wymagania odnośnie przedstawianych sprawozdań z badań typu .....	28
10.2	Plan zapewnienia jakości .....	28
10.3	Audyt produkcji .....	29
	Załącznik 1 – Sposób obliczania wytrzymałości zwarciowej przewodów OPGW .....	30

## 1. Część ogólna

### 1.1 Przedmiot specyfikacji

Niniejsza specyfikacja dotyczy przewodów odgromowych skojarzonych z włóknami światłowodowymi (OPGW) stosowanych w liniach elektroenergetycznych PSE S.A.

### 1.2 Zakres wymagań

W niniejszej Specyfikacji podano zakres wymagań dotyczących konstrukcji i parametrów technicznych przewodów OPGW, ich elementów składowych: drutów, modułów optycznych i włókien światłowodowych, a także istotne wymagania odnośnie badań przedmiotowych elementów.

### 1.3 Skróty i definicje używane w Specyfikacji

AA	Drut ze stopu aluminium ( <i>Aluminum Alloy Wire</i> )
ACS	Drut stalowy aluminiowany ( <i>Aluminum Clad Steel Wire</i> )
BIF	Włókno światłowodowe (jednomodowe o nieprzesuniętej dyspersji) o obniżonej wrażliwości na zginanie ( <i>Bending Insensitive Fiber</i> )
BTF	Włókno światłowodowe (jednomodowe o nieprzesuniętej dyspersji) tolerujące zginanie ( <i>Bending Tolerant Fiber</i> )
FAT	Badania kontrolno-odbiorcze wykonane w fabryce na próbkach gotowych przewodów, przed ich wysyłką do klienta. ( <i>Factory Acceptance Tests</i> )
HF	( <i>Helix Factor</i> ) Stosunek długości włókna światłowodowego zawartego w odcinku przewodu OPGW ( $L_F$ ) do fizycznej długości tego przewodu ( $L_K$ ), określany wzorem: $H_F = L_F/L_K$
IEC	Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna ( <i>International Electrotechnical Commission</i> )
ITU-T	Międzynarodowa Unia Telekomunikacyjna – Sektor Standaryzacji Technicznej ( <i>International Telecommunication Union – Technical Standardization Sector</i> )
MFD	Średnica pola modowego jednomodowego włókna światłowodowego ( <i>Mode Field Diameter</i> ) [ITU-T G.650.1]
MAOC	Maksymalna dopuszczalna owalizacja jednostki optycznej OPGW ( <i>Maximum Allowable Ovality of Component</i> ) lub całego OPGW, określona wzorem: $MAOC = [(d_1 - d_2)/(d_1 + d_2)] * 100\%$ w którym $d_1$ i $d_2$ to odpowiednio maksymalna i minimalna średnica zmierzona w tym samym miejscu. [PN-EN 60794-4-10]
MAT	Maksymalna siła rozciągająca jaką może być obciążony przewód bez pogorszenia jego własności (m.in. tłumienności i niezawodności włókien światłowodowych) wskutek wydłużenia włókien światłowodowych ( <i>Maximum Allowable Tension</i> ) [PN-EN 60794-1-1]. Wartość ta nie może być przekroczona w żadnym analizowanym przypadku układu obciążeń przewodu OPGW.
Margines wydłużenia	Wartości wydłużenia OPGW i odpowiadającej mu siły rozciągającej przewód, przy których rozpoczyna się rozciąganie włókien światłowodowych wewnątrz OPGW ( <i>Strain Margin</i> ). [PN-EN 60794-1-1]

MIT	Największa zalecana siła naciągu podczas instalacji przewodu ( <i>Maximum Installation Tension</i> ) [PN-EN 60794-4-10]
Oplot OPGW	Druty aluminiowe stopowe (AA) lub stalowe aluminiowane (ACS) stanowiące wszystkie elementy przewodu OPGW inne niż: (a) tuby z włóknami światłowodowymi (razem z ew. osłoną termiczną) tworzące ośrodek optyczny przewodu, (b) drut centralny, jeśli taki w OPGW występuje.
OPGW	Przewód odgromowy dla napowietrznych linii energetycznych zawierający wewnątrz włókna światłowodowe ( <i>Optical Ground Wire</i> )
OTDR	Reflektometr światłowodowy impulsowy ( <i>Optical Time Domain Reflectometer</i> )
PMD	Dyspersja polaryzacyjna włókna światłowodowego ( <i>Polarization Mode Dispersion</i> )
PMD <sub>Q</sub>	PMD linii zbudowanej z wielu odcinków przewodu OPGW określona statystycznie: po połączeniu M odcinków identycznej długości, prawdopodobieństwo przekroczenia wyspecyfikowanej wartości jest nie wyższe od Q. Typowe parametry to M = 20 i Q = 0,01%. Inna nazwa: PMD LDV ( <i>PMD Link Design Value</i> ). [ITU-T G.650.2]
RTS	Znamionowa wytrzymałość przewodu na rozciąganie ( <i>Rated Tensile Strength</i> ). Definiowana jako suma iloczynów nominalnego przekroju, minimalnej wytrzymałości na rozciąganie oraz współczynnika spadku wytrzymałości wynikającego ze skręcania ( $\geq 0,9$ ) wszystkich elementów przewodu przenoszących obciążenie siłą rozciągającą. [PN-EN 60794-4-10]
SMF	Włókno światłowodowe jednomodowe o nieprzesuniętej dyspersji ( <i>Single Mode Fiber</i> )
TW	Drut profilowany o przekroju trapezoidalnym ( <i>Trapezoidal Wire</i> )

#### 1.4 Normy związane

ITU-T G.650.1:2018-03	Definitions and test methods for linear, deterministic attributes of single-mode fibre and cable
ITU-T G.650.2:2015-08	Definitions and test methods for statistical and non-linear related attributes of single-mode fibre and cable
ITU-T G.652:2016-11	Characteristics of a single-mode optical fibre cable
ITU-T G.657:2016-11	Characteristic of a bending loss insensitive single-mode optical fibre and cable
IEC 60304:1982	Standard colours for insulation for low frequency cables and wires
PN-EN ISO 9001:2015	Systemy zarządzania jakością - Wymagania
PN-EN 60793-1-40:2019-07	Światłowody – Część 1-40: Metody pomiaru tłumienia
PN-EN 60793-1-47:2018-05	Światłowody – Część 1-47: Metody pomiarów i procedury badań – Straty wywołane makrozgięciami

PN-EN 60793-2-50: 2019-07	Światłowody – Część 2-50: Specyfikacja wyrobu – Specyfikacja grupowa światłowodów jednomodowych klasy B
PN-EN 60794-1-1:2016-06	Kable światłowodowe -- Część 1-1: Wymagania wspólne - Postanowienia ogólne
PN-EN 60794-1-2: 2017-07	Kable światłowodowe – Część 1-2: Specyfikacja ogólna – Podstawowe procedury badań kabli światłowodowych – Wytyczne ogólne
PN-EN 60794-1-21: 2015-07	Kable światłowodowe – Część 1-21: Wymagania wspólne – Podstawowe procedury badań kabli światłowodowych – Metody badań mechanicznych
PN-EN 60794-1-22: 2018-04	Kable światłowodowe – Część 1-22: Specyfikacja ogólna – Podstawowe procedury badań kabla światłowodowego – Metody badań środowiskowych
PN-EN 60794-1-24: 2014-11	Kable światłowodowe – Część 1-24: Wymagania wspólne – Podstawowe procedury badań kabli światłowodowych – Metody badań właściwości elektrycznych
PN-EN IEC 60794-4: 2019-01	Kable światłowodowe. Część 4: Specyfikacja grupowa – Napowietrzne kable światłowodowe wzdłuż linii energetycznych
PN-EN 60794-4-10: 2015-03	Kable światłowodowe. Część 4-10: Wymagania grupowe – Przewody odgromowe ze światłowodami (OPGW) do linii energetycznych
PN-EN 50182:2002 + AC:2006 + AC:2014 (*)	Przewody do linii napowietrznych – Przewody z drutów okrągłych skręconych wspólnie
PN-EN 50183:2002	Przewody do linii napowietrznych – Przewody gołe ze stopu aluminium zawierającego magnez i krzem
PN-EN 60889:2002	Przewody aluminiowe ciągnięte na zimno do linii napowietrznych
PN-EN 61232:2002	Druty stalowe aluminiowane do zastosowań elektrycznych
PN-EN 61395:2002	Przewody energetyczne do linii napowietrznych – Metody badań płynięcia przewodów wielodrutowych
PN-EN 62219:2003	Przewody do linii napowietrznych – Przewody skręcone warstwowo z drutów profilowych
PN-EN 60865-1:2012	Prądy zwarciove – Obliczenia skutków działania prądów zwarciowych – Część 1: Definicje i metody obliczania

(\*) odpowiednik IEC 61089.

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

## 2. Wymagania dla włókien światłowodowych i ośrodka optycznego

### 2.1 Wymagania dla włókien światłowodowych

#### 2.1.1 Wymagania ogólne

Wymaga się stosowania w przewodach odgromowych OPGW jednomodowych włókien światłowodowych o nieprzesuniętej dyspersji, wykonanych ze szkła krzemionkowego (SiO<sub>2</sub>). Parametry włókien powinny być zgodne z zaleceniami ITU-T G.652 (kategoria G.652.D), G.657 (kategoria G.657.A1 lub G.657.A2), oraz normą PN-EN 60793-2-50.

Definicje i metody pomiaru parametrów włókien światłowodowych określono w zaleceniach ITU-T G.650.1 i G.650.2. Tłumienność włókien światłowodowych powinna być mierzona zgodnie z normą PN-EN 60793-1-40.

#### 2.1.2 Wymagania szczegółowe

Przewody OPGW powinny zawierać jednomodowe włókna światłowodowe należące do jednego z 3 rodzajów (kategorii) wymienionych w Tablicy 1. To samo włókno może spełniać równocześnie wymagania określone dla rodzajów 1 i 2 lub 1, 2 i 3.

Tablica 1. Oznaczenia i porównanie włókien światłowodowych

Rodzaj włókna	1	2	3
Kategoria według ITU-T	G.652.D	G.657.A1	G.657.A2
Kategoria według IEC (PN-EN 60793-2-50:2019)	B-652.D	B-657.A1	B-657.A2
Kategoria według IEC (starsze wydania norm)	B1.3	B6_a1	B6a_2
Skrót <sup>*)</sup>	SMF	BTF	BIF
Stabilność tłumienności	+	++	+++

<sup>\*)</sup> skróty często spotykane w literaturze i dokumentacji wyrobów, ale nieznormalizowane

Wymienione włókna światłowodowe różnią się stabilnością tłumienności w warunkach zewnętrznych oddziaływań, jak zgięcia, ściskanie lub zmiany temperatury, która rośnie dla włókien zgodnych kolejno z wymaganiami określonymi dla kategorii ITU-T G.652.D, G.657.A1 i G.657.A2. Pozostałe ich parametry są zgodne w stopniu gwarantującym możliwość zamiennego używania w tej samej sieci i łączenia ze sobą.

Wymagane parametry włókien światłowodowych zestawiono w Tablicach 2, 3 i 4. Wymagania w zakresie tłumienności i dyspersji polaryzacyjnej (PMD<sub>Q</sub>) włókien są zaostrzone w stosunku do podawanych w normach przywołanych w p. 2.1.1.

Wymagania dla tłumienności, długości fali odcięcia ( $\lambda_{cc}$ ) i dyspersji polaryzacyjnej (PMD<sub>Q</sub>) dotyczą włókien światłowodowych umieszczonych w OPGW. Wymagania dla strat wprowadzanych przez makrozgięcia dotyczą włókien w pokryciu pierwotnym.

Tablica 2. Parametry włókien jednomodowych kategorii ITU-T G.652.D / IEC B-652.D (SMF)

Parametr	Wartość
Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	8,9 – 9,2 $\mu\text{m}$
Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	$\pm 0,4$ $\mu\text{m}$
Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	10,0 – 10,5 $\mu\text{m}$
Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	$\pm 0,5$ $\mu\text{m}$
Niecentryczność pola modowego	$\leq 0,5$ $\mu\text{m}$
Średnica płaszczka	125 $\pm 0,7$ $\mu\text{m}$
Niekołowość płaszczka	$\leq 1,0\%$
Średnica pokrycia pierwotnego (włókna nie barwione)	245 $\pm 10$ $\mu\text{m}$
Średnica pokrycia pierwotnego (włókna barwione)	260 $\pm 15$ $\mu\text{m}$
Niecentryczność pokrycia pierwotnego	$\leq 12$ $\mu\text{m}$
Niekołowość pokrycia pierwotnego	$\leq 12\%$
Siła zdejmowania pokrycia pierwotnego	1,3 – 8,9 N
Poziom testu przesiewczego (wydłużenie względne)	$\geq 1,0\%$
Poziom testu przesiewczego (naprężenie)	$\geq 0,69$ GPa
Długość fali odcięcia włókna światłowodowego w przewodzie ( $\lambda_{\text{CC}}$ )	$\leq 1260$ nm
Tłumienność w zakresie 1310-1625 nm	$\leq 0,35$ dB/km
Tłumienność dla długości fali 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/km
Tłumienność dla długości fali 1625 nm	$\leq 0,24$ dB/km
Zmiany tłumienności w zakresie 1285-1330 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1310$ nm	$\leq 0,10$ dB/km
Zmiany tłumienności w zakresie 1525-1575 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1550$ nm	$\leq 0,05$ dB/km
Nieciągłości punktowe (pomiar OTDR, szerokość impulsu 100 ns)	$\leq 0,05$ dB
Długość fali zerowej dyspersji chromatycznej ( $\lambda_0$ )	1300 – 1324 nm
Nachylenie krzywej dyspersji dla $\lambda_0$ ( $S_0$ )	0,073 – 0,092 ps/(nm <sup>2</sup> ·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej w zakresie 1288-1339 nm	$\leq 3,5$ ps/(nm·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1550 nm	13,3 – 18,6 ps/(nm·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1625 nm	17,2 – 23,7 ps/(nm·km)
Współczynnik PMD dla M = 20, Q = 0,01% (PMD <sub>Q</sub> ) w przewodzie	$\leq 0,10$ ps/km <sup>0,5</sup>
Straty wprowadzane przez makrozgięcia włókna światłowodowego: R = 30 mm, 100 zwojów, $\lambda = 1625$ nm	$\leq 0,10$ dB
Zmiana tłumienności włókna w pokryciu pierwotnym w zakresie temperatur -60...+85°C dla długości fal 1310, 1550 i 1625 nm	$\leq 0,05$ dB/km

Tablica 3. Parametry włókien jednomodowych kategorii ITU-T G.657.A1 / IEC B-657.A1 (BTF)

Parametr	Wartość
Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	8,6-9,2 $\mu\text{m}$
Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	$\pm 0,4$ $\mu\text{m}$
Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	9,5-10,5 $\mu\text{m}$
Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	$\pm 0,5$ $\mu\text{m}$
Niecentryczność pola modowego	$\leq 0,5$ $\mu\text{m}$
Średnica płaszczka	125 $\pm 0,7$ $\mu\text{m}$
Niekołowość płaszczka	$\leq 1,0\%$
Średnica pokrycia pierwotnego (włókna nie barwione)	245 $\pm 10$ $\mu\text{m}$
Średnica pokrycia pierwotnego (włókna barwione)	260 $\pm 15$ $\mu\text{m}$
Niecentryczność pokrycia pierwotnego	$\leq 12$ $\mu\text{m}$
Niekołowość pokrycia pierwotnego	$\leq 12\%$
Siła zdejmowania pokrycia pierwotnego	1,3-8,9 N
Poziom testu przesiewczego (wydłużenie względne)	$\geq 1,0\%$
Poziom testu przesiewczego (naprężenie)	$\geq 0,69$ GPa
Długość fali odcięcia włókna światłowodowego w przewodzie ( $\lambda_{\text{CC}}$ )	$\leq 1260$ nm
Tłumienność w zakresie 1310-1625 nm	$\leq 0,35$ dB/km
Tłumienność dla długości fali 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/km
Tłumienność dla długości fali 1625 nm	$\leq 0,24$ dB/km
Zmiany tłumienności w zakresie 1285-1330 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1310$ nm	$\leq 0,10$ dB/km
Zmiany tłumienności w zakresie 1525-1575 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1550$ nm	$\leq 0,05$ dB/km
Nieciągłości punktowe (pomiar OTDR, szerokość impulsu 100 ns)	$\leq 0,05$ dB
Długość fali zerowej dyspersji chromatycznej ( $\lambda_0$ )	1300-1324 nm
Nachylenie krzywej dyspersji dla $\lambda_0$ ( $S_0$ )	0,073 – 0,092 ps/(nm <sup>2</sup> ·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej w zakresie 1288-1339 nm	$\leq 3,5$ ps/(nm·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1550 nm	13,3 – 18,6 ps/(nm·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1625 nm	17,2 – 23,7 ps/(nm·km)
Współczynnik PMD dla M = 20, Q = 0,01% (PMD <sub>Q</sub> ) w przewodzie	$\leq 0,10$ ps/km <sup>0,5</sup>
Straty wprowadzane przez makrozgięcia włókna światłowodowego: R = 15 mm, 10 zwojów, $\lambda = 1550$ nm R = 15 mm, 10 zwojów, $\lambda = 1625$ nm R = 10 mm, 1 zwój, $\lambda = 1550$ nm R = 10 mm, 1 zwój, $\lambda = 1625$ nm	$\leq 0,25$ dB $\leq 1,00$ dB $\leq 0,75$ dB $\leq 1,50$ dB
Zmiana tłumienności włókna w pokryciu pierwotnym w zakresie temperatur -60...+85°C dla długości fal 1310, 1550 i 1625 nm	$\leq 0,05$ dB/km

Tablica 4. Parametry włókien jednomodowych kategorii ITU-T G.657.A2 / IEC B-657.A2 (BIF)

Parametr	Wartość
Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	8,6-9,0 $\mu\text{m}$
Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	$\pm 0,4$ $\mu\text{m}$
Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	9,5-10,2 $\mu\text{m}$
Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	$\pm 0,5$ $\mu\text{m}$
Niecentryczność pola modowego	$\leq 0,5$ $\mu\text{m}$
Średnica płaszczka	$125 \pm 0,7$ $\mu\text{m}$
Niekołowość płaszczka	$\leq 1,0\%$
Średnica pokrycia pierwotnego (włókna nie barwione)	$245 \pm 10$ $\mu\text{m}$
Średnica pokrycia pierwotnego (włókna barwione)	$260 \pm 15$ $\mu\text{m}$
Niecentryczność pokrycia pierwotnego	$\leq 12$ $\mu\text{m}$
Niekołowość pokrycia pierwotnego	$\leq 12\%$
Siła zdejmowania pokrycia pierwotnego	1,3-8,9 N
Poziom testu przesiewczego (wydłużenie względne)	$\geq 1,0\%$
Poziom testu przesiewczego (naprężenie)	$\geq 0,69$ GPa
Długość fali odcięcia włókna światłowodowego w przewodzie ( $\lambda_{cc}$ )	$\leq 1260$ nm
Tłumienność w zakresie 1310-1625 nm	$\leq 0,35$ dB/km
Tłumienność dla długości fali 1550 nm	$\leq 0,21$ dB/km
Tłumienność dla długości fali 1625 nm	$\leq 0,24$ dB/km
Zmiany tłumienności w zakresie 1285-1330 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1310$ nm	$\leq 0,10$ dB/km
Zmiany tłumienności w zakresie 1525-1575 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1550$ nm	$\leq 0,05$ dB/km
Nieciągłości punktowe (pomiar OTDR, szerokość impulsu 100 ns)	$\leq 0,05$ dB
Długość fali zerowej dyspersji chromatycznej ( $\lambda_0$ )	1300-1324 nm
Nachylenie krzywej dyspersji dla $\lambda_0$ ( $S_0$ )	0,073 – 0,092 ps/(nm <sup>2</sup> ·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej w zakresie 1288-1339 nm	$\leq 3,5$ ps/(nm·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1550 nm	13,3 – 18,6 ps/(nm·km)
Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1625 nm	17,2 – 23,7 ps/(nm·km)
Współczynnik PMD dla M = 20, Q = 0,01% (PMD <sub>Q</sub> ) w przewodzie	$\leq 0,10$ ps/km <sup>0,5</sup>
Straty wprowadzane przez makrozgięcia włókna światłowodowego: R = 15 mm, 10 zwojów, $\lambda = 1550$ nm R = 15 mm, 10 zwojów, $\lambda = 1625$ nm R = 10 mm, 1 zwój, $\lambda = 1550$ nm R = 10 mm, 1 zwój, $\lambda = 1625$ nm R = 7,5 mm, 1 zwój, $\lambda = 1550$ nm R = 7,5 mm, 1 zwój, $\lambda = 1625$ nm	$\leq 0,03$ dB $\leq 0,10$ dB $\leq 0,10$ dB $\leq 0,20$ dB $\leq 0,50$ dB $\leq 1,00$ dB
Zmiana tłumienności włókna w pokryciu pierwotnym w zakresie temperatur -60...+85°C dla długości fal 1310, 1550 i 1625 nm	$\leq 0,05$ dB/km

## 2.2 Pokrycia ochronne włókien światłowodowych

### 2.2.1 Pierwotne pokrycia ochronne

Wymiary pierwotnego pokrycia włókna światłowodowego powinny mieścić się w granicach podanych w p. 2.1.2 – Tablice 2, 3 i 4. Pokrycie pierwotne powinno składać się z 2 warstw polimerów o różnej sztywności oraz opcjonalnie zewnętrznej warstwy kolorowanej.

Dopuszcza się stosowanie w OPGW włókien światłowodowych kategorii G.657.A1 lub G.657.A2 o nominalnej średnicy pokrycia pierwotnego zmniejszonej do 200  $\mu\text{m}$ . Zgodnie z normą PN-EN 60793-2-50, wymagania na wymiary pokrycia są wówczas następujące:

- średnica pokrycia pierwotnego (włókna nie barwione): 180 – 210  $\mu\text{m}$ ,
- średnica pokrycia pierwotnego (włókna barwione): 180 – 220  $\mu\text{m}$ ,
- niecentryczność pokrycia pierwotnego:  $\leq 10 \mu\text{m}$ .

Włókna te muszą spełniać wszystkie wymagania nie związane z pokryciem pierwotnym określone w p. 2.1.2 – Tablica 3 lub Tablica 4.

Pokrycie włókna światłowodowego powinno być pozbawione wtrąceń i pęcherzy powietrznych, rozwarstwień lub innych widocznych defektów oraz powinno być łatwo usuwalne mechanicznie dla wykonania złącza spawanego.

Materiały stosowane na pokrycia włókien światłowodowych i do ich barwienia muszą być dobrane pod względem zgodności (kompatybilności) z materiałami, z którymi będą w kontakcie w przewodzie np. żelami wypełniającymi tubę.

W przypadku pokryć o nietypowych własnościach lub nietypowej budowie, producent przewodu jest zobowiązany do przedstawienia metody ich usuwania.

Barwy pokrycia pierwotnego włókien światłowodowych powinny być zgodne z normą IEC 60304. Jeżeli liczba włókien światłowodowych umieszczonych w tubie przekracza 12, należy stosować dodatkowe znakowanie włókien umożliwiające ich identyfikację i podział na pęczki według jednej z poniższych metod:

- za pomocą zestawów czarnych prążków powtarzanych nie rzadziej niż co 0,75 m,
- przez owijanie pęczków włókien nićmi o kolorach określonych w normie IEC 60304.

Nie dopuszcza się klejenia włókien w taśmy (wstążki), których łączenie wymaga specjalnych narzędzi, spawarek i osłonek złączy.

Kolorowanie włókien powinno być odporne na typowe rozpuszczalniki stosowane do czyszczenia włókna przed spawaniem, a trwałość barw powinna umożliwić bezbłędną identyfikację włókien w całym okresie eksploatacji OPGW.

Jeśli włókna światłowodowe umieszczone są w przewodzie OPGW w kilku tubach, należy zapewnić identyfikację tub - przez ich barwienie lub znakowanie na zewnętrznej powierzchni, ewentualnie w inny widoczny i jednoznaczny sposób np. za pomocą pierścieni naniesionych na włóknach optycznych umieszczonych w odpowiednich odstępach.

### 2.2.2 Ośrodek optyczny przewodu OPGW

Ośrodek optyczny OPGW powinien mieć konstrukcję tubową. Włókna światłowodowe w pokryciu pierwotnym powinny być umieszczone luźno z nadmiarem długości (faliście lub spiralnie) w hermetycznie szczelnych tubach metalowych, umożliwiając prostowanie lub zginanie włókien światłowodowych przy zmianach długości OPGW w określonym zakresie, bez wprowadzania

naprężeń rozciągających włókna. Dla ułatwienia lokalizacji uszkodzeń za pomocą reflektometru (OTDR), dostawca OPGW powinien podać w jego danych technicznych współczynnik nadmiaru długości włókien światłowodowych w stosunku do fizycznej długości OPGW, tzw. helix factor (HF).

Konstrukcja tub i całego ośrodka optycznego powinna zapewnić długotrwałą ( $\geq 30$  lat) ochronę włókien światłowodowych przed wilgocią i promieniowaniem słonecznym.

Tuby luźne powinny być uszczelnione wzdłużnie dla zabezpieczenia przed rozprzestrzenianiem się wody od miejsca uszkodzenia. W tym celu przewód tuby powinien być wypełniony półpłynnym materiałem hydrofobowym o własnościach tiksotropowych, blokującym wnikanie wilgoci do jej wnętrza oraz przeciwdziałającym wzdłużnej migracji włókien światłowodowych.

Tuby światłowodowe luźne powinny być wykonane z metalu (stal nierdzewna, aluminium lub stop aluminium), o ściankach jedno- lub dwuwarstwowych. Ścianki tub muszą być wolne od otworów i szczelin, tak by uniemożliwić przedostanie się wilgoci i wody z zewnątrz. Nie dopuszcza się łączenia tub z włóknami światłowodowymi w odcinku fabrykacyjnym przewodu.

Wymaga się aby:

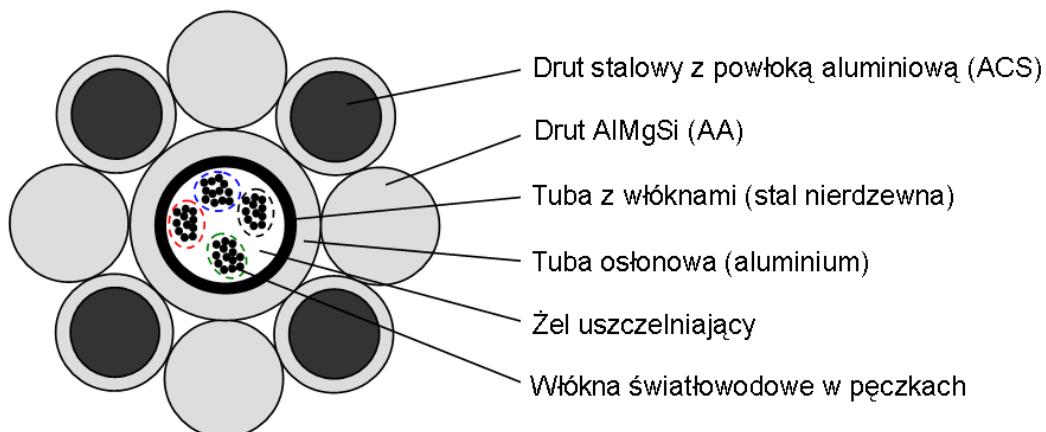
- wszystkie włókna światłowodowe w danej tubie lub oznakowanym pęczku (p. 2.2.1) były tego samego rodzaju (p.2.1.2, Tablica 1),
- wszystkie włókna światłowodowe danego rodzaju pochodziły od tego samego Producenta i były tego samego typu,
- każde włókno było rozpoznawalne na całej długości przewodu wyłącznie na podstawie obserwacji gołym okiem po odsłonięciu odcinka o długości nie przekraczającej 75 cm.

Tuby metalowe mogą być uwzględnione przez producenta w obliczeniach znamionowej wytrzymałości przewodu na rozciąganie (RTS) i parametrów elektrycznych jako elementy przewodzące prądy i przenoszące obciążenie rozciągające. Fakt ten musi być jednoznacznie zaznaczony w dokumentacji OPGW.

Dopuszcza się dwa alternatywne wykonania ośrodka optycznego:

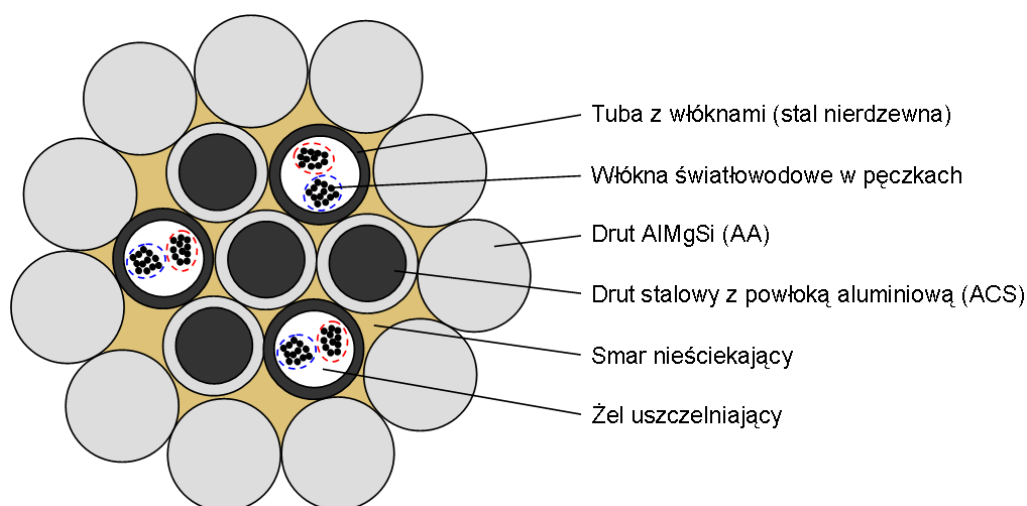
- z pojedynczą tubą umieszczoną prosto na osi przewodu<sup>\*)</sup>,
- z jedną lub więcej tub skręconych z drutami wewnętrznej warstwy oplotu.

Przykłady takich konstrukcji przewodów pokazano na rysunkach 1 i 2.



Rys. 1. Przekrój OPGW z oplotem 1-warstwowym i 48 włóknami w tubie centralnej

<sup>\*)</sup> po wskazaniu przez PSE S.A.



Rys. 2. Przekrój OPGW z opłotem 2-warstwowym i 3 tubami skręcanymi (3 x 24 włókna)

Wymagania dla ośrodka optycznego w wykonaniu (1):

- Tuba powinna być wykonana jako 2-warstwowa o ściankach ze stali nierdzewnej (warstwa wewnętrzna) i aluminium (warstwa zewnętrzna), bądź 1-warstwowa ze stali nierdzewnej;
- Nadmiar długości włókien światłowodowych w tubie nie powinien być mniejszy niż 0,4%.

Wymagania dla ośrodka optycznego w wykonaniu (2):

- Tuby powinny mieć ścianki 1-warstwowe ze stali nierdzewnej,
- Wszystkie tuby powinny mieć identyczną budowę i średnicę, oraz być ułożone w tej samej, schowanej wewnątrz OPGW warstwie opłotu z drutów okrągłych;
- Jeżeli OPGW zawiera dwie lub więcej tub, należy je rozmieścić równomiernie na obwodzie danej warstwy opłotu, przedzielone identyczną liczbą drutów z tolerancją  $\pm 1$  (rys. 2).

### 3. Wymagania dla konstrukcji przewodów OPGW

#### 3.1 Wymagania ogólne

Producent powinien przedstawić dane techniczne przewodu OPGW wraz z opisem poszczególnych jego elementów i zastosowanych materiałów, zgodnie z wykazem zamieszczonym w rozdziale 8.

#### 3.2 Konstrukcja przewodu OPGW

Konstrukcja, parametry i wykonanie przewodu powinny być zgodnie z normami PN-EN 60794-4 i PN-EN 60794-4-10.

Tuby z włóknami światłowodowymi mogą być umieszczone w wewnętrznej warstwie opłotu (jedna lub więcej tub w tej samej warstwie opłotu, rys. 2) lub centralnie w osi przewodu (jedna tuba, rys. 1) – patrz p.2.2.2. Niedopuszczalne jest umieszczenie tub w zewnętrznej warstwie opłotu.

Drut centralny (rys. 2) powinien być stalowy aluminiowany (ACS). Skręcone nad nim lub nad tubą centralną (rys. 1) warstwy opłotu powinny być wykonane z drutów stalowych

aluminiowanych (ACS) i/lub ze stopu aluminium (AA). Kierunki skrętu kolejnych warstw oplotu muszą być przeciwne dla przeciwdziałania skręcaniu się OPGW przy zmianach siły rozciągającej jaka działa na przewód. Kierunek skrętu zewnętrznej warstwy oplotu powinien być prawy. Nie dopuszcza się stosowania drutów stalowych ocynkowanych.

Dopuszcza się w liniach modernizowanych stosowanie drutów oplotu o przekroju innym niż okrągły np. profilowanych trapezoidalnie (TW), jeżeli tak wskaże Zamawiający. Przewody z zastosowaniem drutów profilowanych powinny posiadać minimum dwie warstwy oplotu. Średnica drutów w warstwie zewnętrznej oplotu nie może być mniejsza niż 2,5 mm dla przewodów OPGW wielowarstwowych oraz nie mniejsza niż 3,0 mm dla przewodów jednowarstwowych. Jeżeli stosowane są druty profilowane (TW), ich przekrój nie powinien być mniejszy niż wymagany dla drutów okrągłych. Przewody z wykorzystaniem drutów profilowanych powinny być wykonane według normy PN-EN 62219:2003.

Wszystkie druty oplotu muszą być uformowane w taki sposób, aby po rozpleceniu drutów możliwe było ręczne umieszczenie ich z powrotem na swoich miejscach.

Nie dopuszcza się łączenia drutów stalowych aluminiowanych (ACS) w odcinkach fabrykacyjnych przewodu. Łączenie drutów ze stopu aluminium (AA) jest dozwolone wyłącznie w celu naprawy drutów pękniętych podczas wytwarzania przewodu. Liczba takich złączy w odcinku fabrykacyjnym nie może być większa niż liczba warstw oplotu, a odległość pomiędzy złączami drutów nie może być mniejsza niż 15 m; nie dopuszcza się dwóch złączy w tym samym drucie. Wytrzymałość na rozciąganie złączy drutów nie może być mniejsza niż 130 MPa. Producent przewodu powinien wykazać, że stosowana przez niego metoda łączenia spełnia to wymaganie, przedstawiając na żądanie wyniki badań wytrzymałości złączy drutów AA.

Druty oplotu powinny być uformowane i skręcone tak, aby nie było odstępów między sąsiednimi drutami oplotu w kompletnym przewodzie OPGW.

Przewody OPGW powinny posiadać minimum dwie warstwy oplotu z tubami umieszczonymi w wewnętrznej warstwie oplotu. W uzasadnionych przypadkach w liniach modernizowanych Zamawiający może dopuścić przewody jednowarstwowe.

#### **4. Wymagania mechaniczne i elektryczne dla przewodów OPGW**

Znamionową wytrzymałość na rozciąganie (RTS) przewodów OPGW należy obliczyć zgodnie z normą PN-EN 60794-4 – Aneks A. Producent powinien przedstawić metodę jej obliczenia.

Parametry drutów przed ich skręceniem powinny spełniać wymagania norm:

- PN-EN 61232 – dla drutów stalowych aluminiowanych (ACS),
- PN-EN 50183 – dla drutów ze stopu aluminium (AA),
- PN-EN 60889 – dla drutów aluminiowych.

Przekrój i parametry oferowanego przewodu powinny być dobrane do warunków zwarciovych linii, określonych przez Zamawiającego. Wymagania dotyczące wytrzymywanego przez OPGW prądu zwarciovego są określone indywidualnie dla każdej linii. Metoda obliczeń powinna być zgodna z Załącznikiem 1 (opracowanym na podstawie normy PN-EN 60865:2012), przy uwzględnieniu wszystkich elementów przewodzących prąd zwarciovym. Wraz z przekazanymi danymi gwarantowanymi OPGW dostawca powinien dostarczyć sposób wyliczenia wytrzymałości zwarciovym razem z przyjętymi do tych obliczeń założeniami.

Producent powinien podać powierzchnie przekroju, każdego materiału składowego przewodu oddzielnie lub udział poszczególnych materiałów w powierzchni przekroju przewodu.

Przewody OPGW powinny posiadać następujące klasy odporności na wyładowania piorunowe wg normy PN-EN 60794-1-24 (Tablica 5):

- przewody OPGW dla modernizowanych linii 220 kV: minimum klasę 0,
- przewody OPGW dla modernizowanych linii 400 kV oraz dla nowobudowanych linii 220 i 400 kV: minimum klasę 1,
- przewody OPGW dla odcinków nowobudowanych linii 220 i 400 kV przechodzących nad lasami i dla odcinków specjalnych: minimum klasę 2.

Tablica 5. Parametry probiercze dla badania odporności na wyładowania atmosferyczne

Parametr	Klasa 0	Klasa 1	Klasa 2	Klasa 3
Prąd (A)	100	200	300	400
Czas trwania (s)	0,5	0,5	0,5	0,5
Ładunek elektryczny (C)	50	100	150	200

Producent powinien przedstawić pełną charakterystykę techniczną oferowanych przewodów — Dane Gwarantowane.

## 5. Warunki montażu (instalowania) i eksploatacji przewodów OPGW

Producent przewodu OPGW powinien przedstawić swoje wymagania w zakresie montażu OPGW oraz osprzętu instalacyjnego, czyli Instrukcję Montażu.

Powinien również określić dopuszczalny w trakcie eksploatacji zakres uszkodzeń oplotu przewodu oraz dopuszczalne procentowe obniżenie wytrzymałości przewodu OPGW, przy którym przewód może być jeszcze naprawiony, a jego wytrzymałość mechaniczna w pełni odtworzona bez pogorszenia parametrów optycznych traktu. Producent powinien przedstawić technologię takiej naprawy oraz osprzęt i materiały rekomendowane do tego celu.

Wymagane zakresy temperatur są następujące:

- Temperatura składowania i transportu:  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ ,
- Temperatura instalowania :  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $+30^{\circ}\text{C}$ ,
- Temperatura eksploatacji :  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+75^{\circ}\text{C}$ ,
- Temperatura w warunkach zwarcia wewnątrz i na powierzchni tuby optycznej  $\leq +200^{\circ}\text{C}$ .

## 6. Badania przewodu OPGW

### 6.1 Rodzaje badań

Badania przewodów OPGW obejmują:

- badania typu,
- badania kontrolno-odbiorcze (FAT),
- badania wyrobu.

Producent przewodu OPGW zobowiązany jest do przedstawienia protokołów z **badania typu** („type tests”) oferowanych przewodów OPGW, wykonanych zgodnie z wymaganiami określonymi w normach PN-EN-60794-4 i PN-EN-60764-4-10.

**Badania kontrolno-odbiorcze** („sample tests”, „factory acceptance tests” (FAT)) powinny być wykonane na próbkach pobranych z gotowych przewodów, zgodnie z normą PN-EN 60794-4-10, p.8.2.2. Badania kontrolno-odbiorcze należy wykonać na minimum 10% bębnow z partii przewodu danego typu zgłoszonego do dostawy. Przy określaniu liczby bębnow przeznaczonych do badań kontrolno-odbiorczych w przypadku gdy:

- odrzucona cyfra po przecinku jest mniejsza od 5, to należy wynik określić z niedmiarem,
- odrzucona cyfra po przecinku jest większa lub równa 5, to należy wynik określić z nadmiarem.

Producent może zaproponować większą liczbę bębnow, wynikającą ze stosowanej u siebie „ostrzejszej” zasady zaokrąglania (tzn. zaokrąglania z nadmiarem, niezależnie od wartości odrzuconej cyfry po przecinku).

Zamawiający zastrzega sobie prawo wskazania bębnow (w celu losowego pobrania próbek) oraz uczestniczenia w badaniach wybranych przez siebie próbach.

**Badania wyrobu** („routine tests”) powinny być wykonane dla każdego odcinka fabrykacyjnego przewodu OPGW (bębna) zgodnie z normą PN-EN 60794-4-10, p. 8.2.3.

## 6.2 Zakres badań typu

Badania typu przewodów OPGW wymagane zgodnie z normą PN-EN 60794-4-10 – p. 8.3 zestawiono w tablicy 7 i opisano indywidualnie poniżej.

Tablica 7. Wykaz badań typu przewodów OPGW

Lp.	Badanie	Norma i metoda badania
1	Sprawdzenie zachowania się ośrodka optycznego podczas rozciągania przewodu ( <i>tensile performance test</i> )	PN-EN 60794-1-21, p. 3 – metoda E1
2	Sprawdzenie zachowania się przewodu w warunkach obciążenia siłą rozciągającą ( <i>stress-strain test</i> )	PN-EN 50182, p. 6.4.7 – Aneks C
3	Sprawdzenie siły zrywającej przewód ( <i>breaking strength test</i> )	PN-EN 50182, p. 6.4.8
4	Próba przewijania przewodu ( <i>sheave test</i> )	PN-EN 60794-1-21, p. 23 – metoda E18B
5	Badanie odporności na drgania eolskie ( <i>aeolian vibration test</i> )	PN-EN 60794-1-21, p. 24 – metoda E19
6	Badanie pełzania przewodu ( <i>creep test</i> )	PN-EN 61395
7	Badanie odporności na taniec przewodu ( <i>galloping test</i> )	PN-EN60794-1-21, p. 31– metoda E26

8	Badanie odporności na cykliczne zmiany temperatury ( <i>temperature cycling test</i> )	PN-EN 60794-1-22, p. 4 – metoda F1
9	Badanie wodoszczelności wzdłużnej ( <i>longitudinal water penetration test</i> )	PN-EN 60794-1-22, p. 5 – metoda F5B
10	Badanie odporności na prądy zwarciovowe ( <i>short circuit test</i> )	PN-EN 60794-1-24, p. 3 – metoda H1
11	Badanie odporności na wyładowania atmosferyczne ( <i>lightning test</i> )	PN-EN 60794-1-24, p. 4 – metoda H2

Uwaga: Zamawiający dopuszcza przedstawienie wyników badań typu przeprowadzonych według poprzedniej wersji normy PN-EN 60794-1-2, o ile procedura i warunki przeprowadzania badań oraz kryteria oceny badań nie są łagodniejsze niż określone w ww normach. Producent powinni przedstawić analizę porównawczą wykazującą zgodność z przedmiotową specyfikacją.

Zgodnie z PN-EN 60794-1-20, badania typu przewodów OPGW, poza próbami wymienionymi w Tabelcy 7 pod poz. 2, 3, 6 i 8 należy prowadzić w następujących warunkach otoczenia:

- temperatura:  $+23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,
- ciśnienie atmosferyczne - nie określa się,
- wilgotność względna: 20 – 70%.

Badania mechaniczne wg Tabelcy 7 poz. 2 i 3 należy wykonywać w zakresie temperatur otoczenia  $+23^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , a badanie z poz. 6 w zakresie  $+20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Pomiary zmian tłumienności włókien światłowodowych w badanym OPGW należy wykonywać dla długości fali  $1550 \pm 20$  nm. Powinny one obejmować co najmniej 24 włókna światłowodowe, względnie wszystkie w przypadku OPGW zawierającego mniejszą liczbę włókien. Podczas badań przewodów OPGW z wieloma tubami należy monitorować identyczną liczbę włókien z każdej tuby.

Podczas badań obejmujących pomiary włókien światłowodowych (poz. 1, 4, 5, 7-11 w Tabelcy 7), włókna te powinny być unieruchomione względem przewodu na obu końcach badanego odcinka. Przykładowa metoda to zwinięcie OPGW tuż za uchwytem końcowym w 3 zwoje o średnicy 1 m i każdej wydobytej z niego tuby w 3 zwoje o średnicy 30 cm. Długość OPGW potrzebna do wykonania takiego zakończenia włącznie ze złączami spawanymi włókien światłowodowych wynosi około 15 m. Nie wlicza się jej do długości badanego odcinka przewodu, ani do długości monitorowanych włókien przy określaniu zmian ich tłumienności i wydłużenia.

### **6.2.1 Sprawdzenie zachowania się jednostki optycznej podczas rozciągania OPGW (tensile performance test)**

Próbkę należy wykonać zgodnie z normami: PN-EN 60794-4 (p. 9.2), PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.2), oraz PN-EN 60794-1-21 (p. 3 - metoda E1).

Badanie to powinno określać zachowanie ośrodka optycznego w przewodzie OPGW poddanym działaniu siły rozciągającej w zakresie:

- zmian tłumienności włókien światłowodowych,
- rozciągania włókien światłowodowych,
- największej siły rozciągającej, przy której jeszcze nie występuje nadmierne wydłużenie włókien światłowodowych (*strain margin*); dozwolone wydłużenie wynosi 1/3 naprężenia przykładanego podczas testu przesiewczego (*proof test*) włókna, jeżeli nie przekracza ono 1%.

Badanie należy przeprowadzić w następujących warunkach:

- długość rozciąganego odcinka przewodu:  $\geq 25$  m,
- max. siła rozciągająca: 70% RTS,
- długość połączonych włókien światłowodowych do pomiarów tłumienności:  $\geq 100$  m,
- długość połączonych włókien światłowodowych do pomiarów wydłużenia:  $\geq 100$  m.

Kryteria oceny wyników:

- zmiana tłumienności włókien w przewodzie przy obciążeniu siłą MAT:  $\leq 0,20$  dB/km,
- margines odkształcenia dla siły naciągu równej MAT: nie mniejszy niż podany w specyfikacji przewodu,
- wydłużenie względne włókien w przewodzie przy obciążeniu siłą MAT:  $\leq 1/3$  naprężenia przykładanego podczas testu przesiewczego (*proof test*) włókna, jeżeli nie przekracza ono 1%. Dla włókna z poziomem testu 1% limit wynosi 0,33%,
- po zdjęciu obciążenia powrót tłumienności do wartości sprzed badania z tolerancją  $\pm 0,05$  dB/km.

Zgodnie z normą PN-EN 60794-4-10 dopuszcza się wykonanie razem z tą próbą próby opisanej w p. 6.2.2 (*stress-strain test*).

### **6.2.2 Sprawdzenie zachowania się przewodu w warunkach obciążenia siłą rozciągającą (stress–strain test)**

Badanie należy wykonać wg norm PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.3) oraz PN-EN 50182 (p. 6.4.7 i Annex C) na odcinku przewodu wyposażonym we właściwie dobrany osprzęt instalacyjny. Rozciągany odcinek powinien mieć długość  $\geq 10$  m.

Na podstawie wyników pomiarów należy:

- przedstawić wykresy zależności naprężenia i odkształcenia badanego przewodu do wartości maksymalnej siły tj. do 70% RTS,
- podać obliczony moduł sprężystości przewodu dla trzeciego cyklu rozciągania.

Kryteria oceny wyników:

- brak uszkodzeń oplotu OPGW widocznych gołym okiem.

Zgodnie z normą PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.3) dopuszcza się wykonanie jednocześnie na tej samej próbce OPGW próby opisanej w p. 6.2.1 (*tensile performance test*).

### **6.2.3 Sprawdzenie siły zrywającej przewód (breaking strength test)**

Próbę należy wykonać wg norm PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.4) oraz PN-EN 50182 (p. 6.4.8) stosując osprzęt instalacyjny właściwie dobrany do badanego przewodu.

Nie wykonuje się pomiarów włókien światłowodowych.

Kryteria oceny wyników:

- nie dopuszcza się jakichkolwiek uszkodzeń przewodu przy obciążeniu siłą mniejszą niż 95% RTS.

#### 6.2.4 Próba przewijania przewodu (sheave test)

Próbkę należy wykonać wg norm PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.5) oraz PN-EN 60794-1-21 (p. 23 – metoda E18B) w następujących warunkach:

- długość próbki przewodu:  $\geq 15$  m,
- długość odcinka przewodu podlegająca przewijaniu:  $\geq 2$  m,
- długość włókien światłowodowych w próbce połączonych do pomiarów:  $\geq 100$  m,
- średnica rolki do przewijania: nie większa niż 40 x średnica przewodu OPGW,
- naciąg przewodu (T): większa z następujących wartości: 15% RTS lub MIT,
- kąt opasania przewodu na rolce (kąt zginania):  $45 \pm 15^\circ$ ,
- szybkość przewijania:  $\leq 0,6$  m/s,
- liczba cykli przewijania:  $\geq 20$ ,
- dopuszcza się badanie według Procedury 1 lub Procedury 2.

Kryteria oceny wyników:

- zmiana tłumienności włókien światłowodowych: nie większa niż podano w specyfikacji przewodu i  $\leq 0,20$  dB/km,
- brak uszkodzeń oplotu i elementów przewodu widocznych gołym okiem,
- owalizacja (MAOC) przewodu i tub(y) z włóknami światłowodowymi:  $\leq 20\%$ .

#### 6.2.5 Badanie odporności na drgania eolskie (aeolian vibration test)

Badanie należy przeprowadzić wg norm PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.6) oraz PN-EN 60794-1-21 (p. 24 – metoda E19) stosując osprzęt instalacyjny właściwie dobrany do badanego przewodu, w następujących warunkach:

- długość próbki przewodu:  $\geq 50$  m,
- długość włókien światłowodowych w próbce połączonych do pomiarów:  $\geq 100$  m,
- częstotliwość (f) i długość fali drgań ( $\lambda$ ): odpowiadające prędkości wiatru (v) mieszczącej się w granicach: 0,5 – 7,0 m/s,
- amplituda drgań (p-p): 1/3 średnicy (D) badanego przewodu,
- naciąg przewodu (T):  $20 \pm 5\%$  RTS,
- liczba cykli drgań:  $\geq 10^7$  (10.000.000).

Kryteria oceny wyników:

- zmiana tłumienności włókien światłowodowych: nie większa niż podano w specyfikacji przewodu i  $\leq 0,20$  dB/km,
- brak uszkodzeń oplotu i elementów przewodu oraz osprzętu widocznych gołym okiem,
- owalizacja tuby z włóknami światłowodowymi (MAOC):  $\leq 20\%$  jej średnicy.

#### 6.2.6 Badanie pełzania przewodu OPGW (creep test)

Badanie należy wykonać według norm PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.7) i PN-EN 61395, w następujących warunkach:

- temperatura otoczenia podczas badania:  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,
- siła rozciągająca (T):  $20 \pm 5\%$  RTS,
- czas badania:  $\geq 1000$  h.

Badanie należy wykonać z osprzętem instalacyjnym właściwie dobranym do badanego przewodu. Badanie odbywa się bez pomiarów włókien światłowodowych.

Na podstawie danych pomiarowych należy obliczyć oczekiwane wartości pełzania przewodu (w ‰), dla następujących okresów pracy: 1 rok i 10 lat.

### **6.2.7 Badanie odporności na taniec przewodu (galloping test)**

Próbkę należy wykonać wg norm: PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.8) i PN-EN 60794-1-21 (p. 31 - metoda E26), w następujących warunkach:

- całkowita długość wstrząsanego przewodu (L1):  $\geq 35$  m,
- naciąg przewodu (T): 5 – 10% MAT,
- częstotliwość drgań (f): odpowiadająca jednej półfali we wstrząsanej sekcji przewodu,
- amplituda drgań (p-p): 1/25 długości wstrząsanej sekcji przewodu (L2),
- liczba cykli drgań:  $10^5$  (100 000),
- długość włókien światłowodowych w próbce (odcinek L1) połączonych do pomiarów:  $\geq 100$  m.

Badanie należy wykonać z osprzętem instalacyjnym właściwie dobranym do badanego przewodu.

Kryteria oceny wyników:

- zmiana tłumienności włókien światłowodowych: nie większa niż podano w specyfikacji przewodu i  $\leq 0,20$  dB/km,
- brak jakichkolwiek uszkodzeń elementów przewodu widocznych gołym okiem,
- brak jakichkolwiek uszkodzeń osprzętu.

### **6.2.8 Badanie odporności na cykliczne zmiany temperatury (temperature cycling test)**

Badanie należy wykonać wg norm: PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.9) i PN-EN 60794-1-22 (p. 4 – metoda F1) w następujących warunkach:

- długość przewodu w komorze klimatycznej:  $\geq 500$  m,
- skrajna niska temperatura ( $T_{A2}$ ):  $\leq -40^\circ\text{C}$ ,
- skrajna wysoka temperatura ( $T_{B2}$ ):  $\geq +75^\circ\text{C}$ ,
- szybkość zmian temperatury:  $\leq 40^\circ\text{C/h}$ ,
- liczba cykli zmian temperatury: 2,
- czas wstępnej klimatyzacji przy  $23^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$  i ekspozycji na skrajne temperatury:  $\geq 16$  h.

Zgodnie z wymaganiem w PN-EN 60794-1-22 – metoda F1, minimalny czas ekspozycji na skrajne temperatury ( $t_1$ ) zależy od masy badanego obiektu i może być w związku z tym wydłużony ponad 16 h.

Kryteria oceny wyników:

- zmiana tłumienności włókien światłowodowych podczas badania:  $\leq 0,20$  dB/km,
- zmiana tłumienności włókien światłowodowych po badaniu:  $\leq 0,10$  dB/km.

### **6.2.9 Badanie wodoszczelności wzdłużnej (water penetration test)**

Badanie należy przeprowadzić na odcinku tuby z włóknami światłowodowymi (bez drutów oplotu), wg norm PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.10) oraz PN-EN 60794-1-22 (p. 5 – metoda F5B), w następujących warunkach:

- długość próbki: 1 m,
- wysokość słupa wody: 1 m (10 kPa),

- przygotowanie tuby: przecięta w poprzek na obu końcach,
- czas badania:  $\geq 1$  h.

Nie wykonuje się pomiarów włókien światłowodowych.

Kryteria oceny wyników:

- brak wycieku wody z wolnego końca próbki przez cały czas badania.

#### **6.2.10 Badanie odporności na prądy zwarciovowe (short-circuit test)**

Próbkę należy wykonać wg norm: PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.11) i PN-EN 60794-1-24 (p. 3 - metoda H1) w następujących warunkach:

- temperatura początkowa przewodu przed każdym impulsem prądowym:  $+40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ ,
- długość próbki przewodu:  $\geq 10$  m,
- naciąg przewodu:  $15 \pm 5\%$  RTS,
- czas zwarcia: 0,25 – 1,0 s,
- liczba zwarć: 3,
- prąd zwarcia i całka cieplna ( $I^2t$ ): równe wartościom deklarowanym przez Producenta OPGW,
- długość włókien światłowodowych przy pomiarze tłumienności:  $\geq 100$  m.

Dopuszcza się badanie zarówno „metodą dwóch próbek” jak i „metodą jednej próbki”.

Kryteria oceny wyników:

- zmiana tłumienności włókien światłowodowych po 30 min. od zwarcia: nie większa niż podano w specyfikacji przewodu i  $\leq 0,20$  dB/km,
- temperatura wewnątrz lub na powierzchni jednostki optycznej:  $\leq 200^{\circ}\text{C}$ ,
- temperatura drutów oplotu może być wyższa jeśli dopuszcza to Producent,
- brak widocznych rozluźnień (klatkowania) lub pęknięć drutów oplotu,
- po wydobyciu i rozcięciu tuby z włóknami światłowodowymi: brak uszkodzeń lub deformacji tuby lub odbarwienia włókien.

#### **6.2.11 Badanie odporności na wyładowania atmosferyczne (lightning test)**

Badanie należy przeprowadzić wg norm PN-EN 60794-4-10 (p. 8.3.12) oraz PN-EN 60794-1-24 (p. 4 – metoda H2).

Badanie powinno być wykonane na 5 próbkach przewodu OPGW o długości co najmniej 1 m każda. Każda z próbek przewodu powinna być poddana jednej próbie udarem prądowym o parametrach wymaganych dla danej klasy odporności i przeznaczenia przewodu, podanych w p. 4 – Tablica 5. Inne warunki badania są następujące:

- naciąg przewodu (T):  $20 \pm 5\%$  RTS,
- początkowa temperatura przewodu:  $+23 \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Kryteria oceny wyników:

- dopuszczalna zmiana tłumienności włókien światłowodowych nie większa niż podano w specyfikacji przewodu i  $\leq 0,20$  dB/km,

w przypadku uszkodzenia drutów oplotu (zerwanie, pęknięcie), wytrzymałość nieuszkodzonej części przewodu OPGW nie może być mniejsza niż 75% deklarowanej przez Producenta wartości RTS. Przewidywany osprzęt naprawczy powinien zapewniać pełne odtworzenie

wytrzymałości przewodu bez wzrostu tłumienności włókien światłowodowych wewnątrz OPGW.

### 6.3 Zakres aprobaty badań typu

Uznanie badań typu dla określonego oferowanego przewodu OPGW wymaga uzyskania dla tego przewodu pozytywnych (dodatnich) wyników wszystkich prób przedstawionych w p. 6.2.1 do 6.2.11.

Dopuszcza się uznanie wyników badań typu dostarczonych przez Producenta, wykonanych dla przewodu OPGW, który nie był identyczny z oferowanym, jeżeli przebadany OPGW<sup>\*)</sup> w porównaniu do przewodu oferowanego:

- był wyprodukowany w fabryce tego samego producenta,
- zawierał włókna światłowodowe tego samego typu,
- miał identyczne rozwiązania ośrodka optycznego (umieszczenie, materiały i konstrukcja tub),
- miał tę samą liczbę warstw oplotu, kształt drutów w poszczególnych warstwach (okrągłe/profilowane) i materiały drutów,
- miał średnice: zewnętrzną i drutów oplotu różniące się nie więcej niż o  $\pm 20\%$  od oferowanego przewodu,
- w oplotcie wykonanym z mieszanych drutów AA i ACS udział procentowy liczby drutów ACS różnił się nie więcej niż o  $\pm 25\%$  względem przewodu oferowanego,
- Liczba włókien światłowodowych w testowanym OPGW może być różna od tej w przewodzie oferowanym, ale nie mniejsza niż 12. Dozwolona jest inna liczba tub skręcanych (rys. 2).

<sup>\*)</sup> Do badań typu należy dołączyć karty katalogowe badanych przewodów

Ponadto:

Dla udokumentowania odporności na przewijanie (p. 6.2.4), wymaga się dostarczenia wyników prób dla przewodów OPGW o średnicach zewnętrznych i średnicach drutów oplotu różniących się w zakresie 0.....+20% w stosunku do przewodu oferowanego.

Dla udokumentowania odporności na wyładowania atmosferyczne (p. 6.2.11), wymaga się dostarczenia wyników prób dla przewodów OPGW o średnicach zewnętrznych i średnicach drutów oplotu różniących się w zakresie -20...0% w stosunku do przewodu oferowanego.

W przypadku oferowanych przewodów OPGW z mieszanymi drutami zewnętrznej warstwy oplotu tj. stalowymi aluminiowanymi (ACS) i stopowymi (AA), w których wszystkie druty stopowe zapewniają nie więcej niż 25% RTS, Zamawiający uzna za reprezentatywne badania odporności na wyładowania atmosferyczne przewodów OPGW wyłącznie z drutami stalowymi aluminiowanymi (ACS) w warstwie zewnętrznej.

Natomiast dla oferowanego przewodu OPGW zawierającego tylko druty stopowe (AA) w warstwie zewnętrznej oplotu, akceptacja wyników badań wykonanych na OPGW innego typu obejmuje wyłącznie przewody z takim rodzajem drutów w warstwie zewnętrznej.

W sprawdzeniu odporności na wyładowania atmosferyczne uznaje się wynik badania dla danej klasy wg doprowadzonego ładunku elektrycznego. Dopuszcza się zatem badanie udarami prądowymi o wyższej amplitudzie niż dla danej klasy i o czasie narażenia krótszym niż 0,5 s, przy zapewnieniu równości ładunku elektrycznego odpowiadającemu przypisanej klasie odporności na wyładowania atmosferyczne.

Badanie odporności na prądy zwarciove w próbie typu powinno być przeprowadzone dla wytrzymałości zwarciovej nie niższej niż wytrzymałość wyznaczona dla badanego przewodu zgodnie z metodą obliczeń podaną w Załączniku 1, przy uwzględnieniu wszystkich elementów przewodzących prąd zwarciovy. Łącznie z protokołami z prób typu należy dostarczyć wyliczenie.

#### **6.4 Zakres badań kontrolno-odbiorczych**

Badania kontrolno-odbiorcze przewodów OPGW należy wykonywać zgodnie z normą PN-EN 60794-4 oraz PN-EN-60794-4-10, p. 8.4. Badania kontrolno-odbiorcze należy wykonać na minimum 10% bębnow z partii przewodu danego typu.

Minimalny zakres badań powinien zawierać:

- sprawdzenie zgodności budowy przewodu z dokumentacją w tym: liczby i rodzaju drutów; rodzaju, liczby i lokalizacji jednostek optycznych oraz liczby włókien światłowodowych,
- oględziny przewodu i jego elementów składowych,
- pomiar skoku skrętu warstwy zewnętrznej oplotu,
- pomiar średnicy zewnętrznej przewodu,
- pomiar masy jednostkowej przewodu,
- pomiar rezystancji przewodu dla prądu stałego (DC),
- sprawdzenie siły zrywającej przewód (p. 6.2.3),
- pomiary tłumienności włókien światłowodowych na długościach fal 1310 nm, 1550 nm i 1625 nm (pomiarom powinny podlegać wszystkie włókna optyczne z badanego bębna).

#### **6.5 Zakres badań wyrobu**

Badania wyrobu należy wykonywać dla wszystkich kompletnych odcinków przewodów (bębnow) zgodnie z normą PN-EN-60794-4-10, p. 8.5. Na życzenie Zamawiającego, Producent powinien dostarczyć ich wyniki przed rozpoczęciem badań kontrolno-odbiorczych (FAT).

Minimalny zakres badań powinien obejmować:

- sprawdzenie zgodności budowy przewodu z dokumentacją,
- oględziny powierzchni przewodu,
- pomiar skoku skrętu warstwy zewnętrznej oplotu,
- pomiar średnic drutów i tub z włóknami światłowodowymi,
- pomiar średnicy zewnętrznej przewodu,
- pomiary tłumienności włókien światłowodowych przy długościach fal 1310 nm i 1550 nm w postaci charakterystyk reflektometrycznych (OTDR),
- kontrolę własności podstawowych materiałów, w tym drutów, półfabrykatów metalowych i włókien światłowodowych używanych do produkcji przewodu, zgodnie z procedurami systemu jakości Producenta. Można tu polegać na wynikach badań dostarczonych przez producentów tych materiałów.

### **7. Dokumentacja techniczna przewodu OPGW**

Do każdej dostarczanej partii przewodu OPGW Producent powinien dołączyć protokoły z wykonywanych badań wyrobu.

Do każdego odcinka fabrykacyjnego przewodu (bębna) powinna być dołączona dokumentacja z pomiarów optycznych włókien światłowodowych w przewodzie zawierająca następujące dane:

- typ przewodu, numer odcinka fabrykacyjnego przewodu na bębnie oraz jego długość i długość optyczną włókien światłowodowych,
- typ i nazwę producenta włókien światłowodowych wraz z danymi umożliwiającymi wykonanie kontrolnych pomiarów reflektometrycznych,
- tłumienność każdego włókna światłowodowego dla długości fal 1310 nm i 1550 nm (wartości oraz charakterystyki reflektometryczne w postaci plików cyfrowych).

Do każdego bębna na obu jego tarczach/kołnierzach (po ich zewnętrznych stronach) powinny być w sposób trwały dołączone dwie tabliczki z podstawowymi danymi umożliwiającymi pełną identyfikację przewodu.

### 8. Gwarantowane przez Producenta dane znamionowe i parametry techniczne przewodu OPGW oraz wymagana dokumentacja

L.p.	Wyszczególnienie	Wartość
1	Producent (nazwa), typ i liczba włókien, oznaczenie przewodu	
2	Szczegółowy opis konstrukcji i budowy OPGW (rysunki)	
3	Średnica przewodu [mm]	
4	Obliczeniowy przekrój poprzeczny dla obliczeń RTS drutów ACS, drutów AA oraz opcjonalnie innych elementów przewodu przenoszących obciążenie, np. tuby aluminiowej [mm <sup>2</sup> ]	
5	Obliczeniowa masa przewodu [kg/km]	
6	Obliczeniowa siła zrywająca RTS [kN] (wraz z metodą obliczenia)	
7	Moduł sprężystości [N/mm <sup>2</sup> ], [MPa]	
8	Współczynnik rozszerzalności termicznej [10 <sup>-6</sup> /K]	
9	Rezystancja dla prądu stałego (DC) w temperaturze 20°C [Ω/km]	
10	Wytrzymałość zwarciova przy wzroście temperatury przewodu OPGW od +35°C do temperatury dopuszczalnej [kA <sup>2</sup> s]	
11	Dopuszczalne zakresy temperatur: składowania i transportu, instalacji i eksploatacji [°C]	
12	Max dopuszczalna temperatura przewodu podczas zwarcia [°C]	
13	MAT - Maksymalny dopuszczalny naciąg w przewodzie [kN]	
14	MIT - Największa zalecana siła naciągu podczas instalacji przewodu	
15	Dopuszczalny zakres zmian temperatury przewodu OPGW [°C] bez zmian tłumienności włókien światłowodowych	
16	Siła rozciągająca nie powodująca naprężeń włókien światłowodowych ( <i>strain margin</i> ): [kN], [% RTS]	
17	Kierunek nawinięcia i skok skrętu [mm] warstwy zewnętrznej	
18	Dopuszczalna siła przy montażu OPGW [kN]	
19	Minimalny promień gięcia podczas instalowania [mm]	
20	Minimalny promień gięcia zainstalowanego przewodu [mm]	
21	Wartość pełzania po 1 i 10 latach pracy OPGW [%]	
22	Klasa odporności przewodu OPGW na wyładowania piorunowe wg normy PN-EN 60794-1-24	
23	Maksymalne dopuszczalne obniżenie wytrzymałości przewodu OPGW wskutek uszkodzenia drutów od uderzenia pioruna, które można naprawić przy pomocy oferowanego sprzętu naprawczego, przy warunku pełnego odtworzenia właściwości mechanicznych i zachowania charakterystyk transmisyjnych włókien światłowodowych [%]	

24	Opis metody wyliczenia wytrzymałości zwarciowej*) (Lp. 10 powyżej) razem z przyjętymi do tych obliczeń założeniami: <ul style="list-style-type: none"><li>• Dla przewodu oferowanego</li><li>• Dla przewodu reprezentanta próby typu</li></ul>	
25	Instrukcja montażu przewodu*)	
26	Informacja o raportach z badań typu dla oferowanego przewodu OPGW (numer raportu, data i rodzaj badania, którego dotyczy*)	
27	Dopuszczalny w trakcie eksploatacji zakres uszkodzeń oplotu przewodu oraz dopuszczalne procentowe obniżenie wytrzymałości przewodu OPGW, przy którym przewód może być jeszcze naprawiony, a jego wytrzymałość mechaniczna w pełni odtworzona bez pogorszenia parametrów optycznych traktu. Producent powinien przedstawić sposób takiej naprawy oraz osprzęt i materiały rekomendowane do tego celu*)	

\*)Stanowi załącznik do Danych Gwarantowanych

### 9. Gwarantowane przez Producenta parametry mechaniczne i wymiary włókien światłowodowych oraz parametry transmisyjne przewodów OPGW

Lp.	Parametr	Wartość
1	Rodzaj włókna według zaleceń ITU-T i dokumentów IEC	
2	Producent i typ włókna światłowodowego	
3	Nominalna średnica pokrycia pierwotnego włókna światłowodowego	
4	Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	
5	Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1310$ nm	
6	Nominalna średnica pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	
7	Tolerancja średnicy pola modowego (MFD) dla $\lambda = 1550$ nm	
8	Niecentryczność pola modowego	
9	Średnica płaszczka	
10	Niekołowość płaszczka	
11	Efektywny współczynnik załamania ( $n_{\text{eff}}$ ) dla $\lambda = 1310$ nm	
12	Efektywny współczynnik załamania ( $n_{\text{eff}}$ ) dla $\lambda = 1550$ nm	
13	Nadmiar długości włókien w przewodzie ( <i>helix factor</i> , HF)	
14	Poziom testu przesiewczego (wydłużenie względne)	
15	Poziom testu przesiewczego (naprężenie)	
16	Długość fali odcięcia włókna światłowodowego w przewodzie ( $\lambda_{\text{cc}}$ )	
17	Tłumienność w zakresie długości fal 1310 – 1625 nm	
18	Tłumienność w zakresie długości fal 1530 – 1565 nm	
19	Tłumienność dla długości fali 1625 nm	
20	Zmiany tłumienności w zakresie 1285 – 1330 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1310$ nm	
21	Zmiany tłumienności w zakresie 1525 – 1575 nm względem tłumienności dla $\lambda = 1550$ nm	
22	Lokalne niejednorodności optyczne (pomiar OTDR, $\lambda = 1310$ nm i 1550 nm, szerokość impulsu 100 ns)	
23	Długość fali zerowej dyspersji chromatycznej ( $\lambda_0$ )	
24	Nachylenie krzywej dyspersji chromatycznej dla $\lambda_0$	
25	Współczynnik dyspersji chromatycznej w zakresie 1288-1339 nm	
26	Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1550 nm	
27	Współczynnik dyspersji chromatycznej dla długości fali 1625 nm	
28	Współczynnik PMD dla $M = 20$ , $Q = 0,01\%$ ( $\text{PMD}_Q$ ) w przewodzie	
29	Straty wprowadzane przez makrozgięcia włókna światłowodowego: (warunki: promień zginania, liczba zwojów, długość fali)	
30	Minimalny promień gięcia przy zwijaniu zapasu przewodu	

## 10. Zapewnienie jakości

Wymaga się, aby producent przewodów OPGW posiadał certyfikowany system zarządzania jakością produkcji zgodny z ISO 9001.

### 10.1 Wymagania odnośnie przedstawianych sprawozdań z badań typu

- 1) Badania typu powinny być wykonane przez laboratorium posiadające ważną akredytację. Akredytacja powinna być nadana na zasadach określonych w:
  - Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 765/2008 z dnia 9 lipca 2008 r.
  - odpowiednich normach, w tym PN-EN ISO/IEC 17025:2005P „Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących”.Dokumenty stanowiące podstawę akredytacji powinny być właściwe dla chwili jej nadawania lub przedłużania okresu jej ważności.
- 2) Zamawiający może uznać badania typu wykonane przez laboratorium nieposiadające takiej akredytacji, pod warunkiem, że badania te zostały wykonane pod nadzorem jednostki certyfikującej lub inspekcyjnej posiadającej ważną akredytację nadaną na ww. zasadach. Kompetencje tych jednostek (w tym prawo nadzorowania badań) powinny być określone w odpowiednich normach, właściwych dla chwili nadawania lub przedłużania okresu ważności ich certyfikatu akredytacji (wraz z zakresem akredytacji). Wykaz tych dokumentów należy przedłożyć Zamawiającemu. Zamawiający zastrzega sobie prawo do weryfikacji tych dokumentów, głównie pod kątem ich uznawania w Polsce.
- 3) W protokole z badań typu powinna znajdować się karta z danymi technicznymi i rysunkiem badanego przewodu OPGW, jego pełne oznaczenie oraz informacja o producencie (fabryce, w której został on wyprodukowany).
- 4) Wraz ze sprawozdaniem z badań typu należy dostarczyć certyfikat akredytacji laboratorium, przeprowadzającego te badania lub odpowiednio certyfikat akredytacji nadzorującej jednostki certyfikującej lub inspekcyjnej.
- 5) Posiadane akredytacje i ich zakresy powinny być aktualne co do terminu i zakresu przeprowadzonych badań. Fakt nadzoru badań należy potwierdzić odpowiednim dokumentem, lub dokonaniem stosownego zapisu w sprawozdaniu z badań. Zamawiający zastrzega sobie prawo do weryfikacji tych dokumentów, głównie pod kątem ich uznawania w Polsce.

### 10.2 Plan zapewnienia jakości

Producent powinien przedstawić wraz z danymi określonymi w rozdziałach 8. i 9. niniejszej Specyfikacji plan zapewnienia jakości zgodny z wdrożonym systemem jakości, obejmujący co najmniej następujące informacje:

- 1) sposób sprawdzania materiałów oraz elementów, z których wykonywany jest przewód OPGW tj.:
  - wymagane wraz z dostawą świadectwa, atesty lub protokoły badań materiałowych,
  - wykonywane swoim staraniem badania kontrolno-odbiorcze,
- 2) kontrole operacyjne.

### 10.3 Audyt produkcji

Zamawiający zastrzega sobie prawo do przeprowadzenia audytu produkcji zamawianych przewodów OPGW. O zamiarze przeprowadzenia audytu zamawiający powiadomi pisemnie producenta wraz z podaniem planu audytu. Producent ma prawo do zgłoszenia ewentualnych korekt do przesłanego planu audytu, których wprowadzenie podlega uzgodnieniu z zamawiającym. Po uzgodnieniach, producent akceptuje plan audytu oraz dostarcza zamawiającemu z 30-dniowym wyprzedzeniem:

- zakładany harmonogram procesu produkcyjnego,
- plan badań jakości wyrobów, zawierający kryteria oceny wyników kontroli międzyoperacyjnej oraz kontroli końcowej (gotowego wyrobu).

Termin przeprowadzenia audytu podlega obustronnej akceptacji.

Producent jest zobowiązany zapewnić przedstawicielom zamawiającego oraz działającym w jego imieniu audytorom (ekspertom) możliwość przeprowadzenia audytu zgodnie z uzgodnionym planem, jak również możliwość udziału w kontroli międzyoperacyjnej i końcowej.

**Załącznik 1 – Sposób obliczania wytrzymałości zwarciowej przewodów OPGW**

Dopuszczalny prąd zwarciowy przewodu OPGW należy wyznaczyć jako sumę prądów dla każdego materiału składowego przewodu, zgodnie z zależnościami:

$$I_{th} = I_{th\_Al} + I_{th\_AA} + I_{th\_St}$$

$$I_{th\_Al} = \frac{A_{Al}}{\sqrt{t}} \sqrt{\frac{\gamma_{Al} c_{Al}}{\rho_{DC\_Al} \alpha_{Al}} \ln \frac{1 + \alpha_{Al} (T_2 - 20)}{1 + \alpha_{Al} (T_1 - 20)}}$$

$$I_{th\_AA} = \frac{A_{AA}}{\sqrt{t}} \sqrt{\frac{\gamma_{AA} c_{AA}}{\rho_{DC\_AA} \alpha_{AA}} \ln \frac{1 + \alpha_{AA} (T_2 - 20)}{1 + \alpha_{AA} (T_1 - 20)}}$$

$$I_{th\_St} = \frac{A_{St}}{\sqrt{t}} \sqrt{\frac{\gamma_{St} c_{St}}{\rho_{DC\_St} \alpha_{St}} \ln \frac{1 + \alpha_{St} (T_2 - 20)}{1 + \alpha_{St} (T_1 - 20)}}$$

gdzie:

indeksy dolne: Al, AA, St odnoszą się do różnych materiałów przewodu i odpowiadają odpowiednio: aluminium, stopom aluminium i stali,

$\alpha$  - współczynnik temperaturowy zmiany rezystywności materiału [1/K],

$\rho$  - rezystywność materiału dla prądu stałego w temperaturze 20°C [ $\Omega$ m],

$c$  - ciepło właściwe materiału [J/(kgK)],

$\gamma$  - ciężar właściwy materiału [kg/m<sup>3</sup>],

$A$  - powierzchnia przekroju materiału w przewodzie [m<sup>2</sup>],

$t$  – czas trwania zwarcia,

$T_1$  - temperatura początkowa przewodu (przed zwarcie) [°C],

$T_2$  - dopuszczalna temperatura materiału przewodu po zwarcie [°C].

Zestawienie parametrów materiałów stosowanych w budowie przewodów OPGW przedstawiono w poniższej tablicy<sup>\*)</sup>.

Materiał	$\gamma$	$c$	$\rho_{DC}$	$\alpha$
	kg/m <sup>3</sup>	J/(kg K)	$\Omega$ m	1/K
Aluminium	2703	897	2,8264E-08	4,0E-03
Stop aluminium	2703	909	3,2700E-08	3,6E-03
Stal 6% IACS	7780	481	2,8736E-07	4,5E-03
Stal 9% IACS			1,9157E-07	
Stal pokryta aluminium				
20SA	6590	518	8,4800E-08	3,6E-03
27SA	5910	551	6,3680E-08	3,6E-03
30SA	5610	566	5,7470E-08	3,8E-03
40SA	4640	630	4,3100E-08	4,0E-03

<sup>\*)</sup> wg Cigre WG 22 12. The thermal behaviour of overhead conductors. Section 4: Mathematical model for evaluation of conductor temperature in adiabatic state. Elektra No. 185, Au