

STANDARDOWE SPECYFIKACJE TECHNICZNE

Numer kodowy

PSE-TS.IZ-KOM.400.PL/2015v.1

TYTUŁ :

KOMPOZYTOWE IZOLATORY WISZĄCE
DO SIECI 400 kV

OPRACOWANO:

DEPARTAMENT
EKSPLOATACJI

ZATWIERDZONO
Z UPOWAZNIENIEM
DO STOSOWANIA
DYREKTOR

Departamentu Eksploatacji
Grzegorz Tomasiak

Data ..23.07.2015v..

Konstancin-Jeziorna, lipiec 2015 r.

SPIS TREŚCI

Rozdział

Stronica

1. Przedmiot i zakres <i>Specyfikacji</i>	4
2. Normy i dokumenty normatywne dotyczące przedmiotu i zakresu <i>Specyfikacji</i>	4
3. Terminy i definicje	4
4. Warunki eksploatacji	6
4.1. Parametry linii	6
4.2. Warunki środowiskowe	6
5. Wymagane parametry i właściwości kompozytowych izolatorów wiszących do napowietrznych linii elektroenergetycznych 400 kV	7
6. Dodatkowe informacje i szczegóły wymagań	15
6.1. Wymiary i kształt	15
6.1.1. Tolerancje i odchyłki	15
6.1.2. Istotne wielkości	15
6.2. Materiał i wykonanie	16
6.2.1. Rdzeń szkłoepoksydowy	16
6.2.2. Materiały polimerowe (osłona i klosze)	18
6.2.3. Okucia	19
6.2.4. Łączenie okuć ze szkłoepoksydowym rdzeniem	20
6.3. Makroskopowe powierzchnie graniczne	20
6.4. Masa	21
6.5. Właściwości mechaniczne	21
6.5.1. Wytrzymałość na rozciąganie przy obciążeniu statycznym	21
6.5.2. Wytrzymałość na rozciąganie przy obciążeniu zmiennym	21
6.6. Odporność na zmiany temperatury przy obciążeniu (wytrzymałość termomechaniczna)	22
6.7. Właściwości elektryczne	22
6.8. Odporność na działanie łuku elektrycznego	22
6.9. Poziom zakłóceń radioelektrycznych	22
6.10. Eksploatacja izolatorów w warunkach narażenia na zabrudzenia	23
6.11. Oznakowanie (cechowanie)	23
6.12. Osprzęt ochronny	23

6.13. Ogólne wymagania, dotyczące pakowania i transportu	24
7. Badania kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV	25
7.1. Postanowienia ogólne	25
7.2. Rodzaje badań	25
7.3. Zakres badań	26
7.3.1. Badania konstrukcyjne	26
7.3.2. Badania typu	26
7.3.3. Badania kontrolno-odbiorcze	27
7.3.4. Badania wyrobu	28
7.4. Dodatkowe informacje na temat prób i sprawdzeń	28
7.4.1. Założenia ogólne	28
7.4.2. Oględziny	28
7.4.3. Sprawdzenie materiałów	29
7.4.4. Sprawdzenie masy	29
7.4.5. Próby powierzchni granicznych i połączeń okuć	30
7.4.6. Próby mechanicznej wytrzymałości przy obciążeniu statycznym	31
7.4.7. Sprawdzenie mechanicznej wytrzymałości przy obciążeniu zmiennym	31
7.4.8. Sprawdzenie przełamania rdzenia	34
7.4.9. Sprawdzenie okuć	34
7.4.10. Próba napięciem wytrzymywanym udarowym piorunowym na sucho	34
7.4.11. Próba napięciem wytrzymywanym udarowym łączeniowym w deszczu	34
7.4.12. Próba odporności na łuk elektryczny	35
7.4.13. Pomiar poziomu emisji zakłóceń radioelektrycznych	35
8. Dostarczane przez producenta (dostawcę) gwarantowane dane techniczne kompozytowych izolatorów do linii 400 kV oraz informacje dodatkowe	36

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik nr 1 – Zalecenia dotyczące pakowania, przechowywania i transportu izolatorów kompozytowych do linii 400 kV	39
Załącznik nr 2 – Dodatkowe dokumenty normatywne przydatne przy stosowaniu niniejszej <i>Specyfikacji</i>	46

1. Przedmiot i zakres *Specyfikacji*

Przedmiotem niniejszej *Specyfikacji* są jednoczłonowe kompozytowe izolatory wiszące, przeznaczone do napowietrznych linii elektroenergetycznych o znamionowym napięciu przemiennym 400 kV, zlokalizowanych na wysokości do 1 000 m nad poziomem morza.

Postanowienia *Specyfikacji* można stosować także do kompozytowych izolatorów wiszących, instalowanych w stacjach elektroenergetycznych 400 kV.

Objęte *Specyfikacją* izolatory składają się z przenoszącego mechaniczne obciążenia cylindrycznego pełnego rdzenia (pręta) izolacyjnego (wykonanego z włókien szklanych zespolonych żywicą) oraz z nałożonej na rdzeń osłony z kloszami (wykonanej z materiału polimerowego) i z metalowych zewnętrznych okuć, połączonych trwale z rdzeniem izolacyjnym. Izolatory te, wraz z odpowiednio dobranym osprzętem ochronnym, stosuje się w łańcuchach przelotowych i odciągowych. Oferujący izolatory powinien również przedstawić proponowany do nich osprzęt ochronny (łukochronny i sterujący), który powinien spełniać ogólne założenia podane w niniejszej *Specyfikacji* (p. 6.12.) oraz wymagania szczegółowe zamieszczone w odpowiednich specyfikacjach zamawiającego.

Wymaga się, aby producent izolatorów posiadał certyfikowany system zarządzania jakością produkcji.

2. Normy i dokumenty normatywne dotyczące przedmiotu i zakresu *Specyfikacji*

Kompozytowe izolatory wiszące do linii 400 kV powinny spełniać wymagania podane w niżej podanych normach – tablica 2.1, oraz wymagania dodatkowe PSE S.A., zawarte w niniejszej *Specyfikacji*.

UWAGA – Zbiór norm i dokumentów normatywnych, związanych z konstrukcją, wymaganiami, badaniami i warunkami eksploatacji kompozytowych izolatorów wiszących jest znacznie szerszy. W tym punkcie podaje się jedynie podstawowe dokumenty normatywne z tego zakresu, które przywołano w treści *Specyfikacji*. Wykaz dodatkowych dokumentów normatywnych przydatnych przy stosowaniu niniejszej *Specyfikacji* podano w załączniku nr 2.

W czasie składania ofert przetargowych należy posługiwać się aktualnymi wersjami norm. W przypadku korzystania z norm wycofanych bez zastąpienia, a których wymagania są nadal techniczne uzasadnione, w składanej ofercie należy ten fakt odnotować.

Jeżeli wymagania zawarte w niniejszej *Specyfikacji* są w danym zakresie ostrzejsze niż wymagania znormalizowane, należy przyjmować i stosować się do wymagań *Specyfikacji*.

3. Terminy i definicje

W niniejszej *Specyfikacji* przyjęto terminy i definicje głównie według norm: PN-E-02051, PN-EN 61109 i PN-EN 62217.

TABLICA 2.1. Podstawowe dokumenty normalizacyjne, zawierające wymagania, dotyczące niniejszej Specyfikacji

Lp.	Numer normy	Tytuł normy	Uwagi
1	2	3	4
1.	PN-EN 60437:2007	Badania zakłóceń radioelektrycznych emitowanych przez izolatory wysokonapięciowe	
2.	PN-EN 61109:2010	Izolatory do linii napowietrznych – Kompozytowe izolatory wiszące do sieci prądu przemiennego o znamionowym napięciu powyżej 1 000 V – Definicje metody badań i kryteria oceny	
3.	PN-EN 61466-1:1999	Izolatory kompozytowe wiszące do linii napowietrznych o znamionowym napięciu powyżej 1 000 V – Znormalizowane klasy wytrzymałości i rodzaje złączy	
4.	PN-EN 61467:2012	Izolatory do linii napowietrznych – Łańcuchy izolatorów z osprzętem i bez osprzętu do linii prądu przemiennego o znamionowym napięciu powyżej 1 000 V – Badania łukiem elektrycznym prądu przemiennego	
5.	PN-EN 62217:2013 ¹⁾	Wnętrzne i napowietrzne wysokonapięciowe izolatory polimerowe – Ogólne definicje, metody badań i kryteria oceny	IDT; EN 62217:2013 IDT; IEC 62217:2012
6.	PN-IEC 60471:2006	Wymiary złączy widlasto-uchatych w ogniwach łańcucha izolatorów	
7.	PN-E-02051:2002	Izolatory elektroenergetyczne – Terminologia, klasyfikacja i oznaczenia	
8.	PN-E-06303:1998 ²⁾	Narażenie zabrudzeniowe izolacji napowietrznej i dobór izolatorów do warunków zabrudzeniowych	
9.	IEC/TS 60815-1:2008	<i>Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles</i>	Publikacje IEC w randze Specyfikacji Technicznej (TS).
10.	IEC/TS 60815-3:2008	<i>Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 3: Polymer insulators for a.c. systems</i>	

UWAGI do TABLICY 2.1.

- ¹⁾ Norma PN-EN 62217:2013 zastąpiła normę PN-EN 62217:2007 *Wnętrzne i napowietrzne izolatory polimerowe na znamionowe napięcie powyżej 1 000 V – Ogólne definicje, metody badań i kryteria oceny wyników.*
- ²⁾ Zagadnienia podziału terenu na strefy zabrudzeniowe i doboru izolatorów kompozytowych do warunków zabrudzeniowych obejmują również *Specyfikacje Techniczne: IEC/TS 60815-1 i IEC/TS 60815-3.* Dokumenty te, choć nie mają rangi normy, są jedynymi publikacjami z tego zakresu o zasięgu międzynarodowym. Stosowanie postanowień *Specyfikacji Technicznej IEC/TS 60815-3* przy doborze dróg upływu izolatorów kompozytowych, zamiast wymagań normy PN-E-06303, należy jednak uzgodnić między zamawiającym a dostawcą.

4. Warunki eksploatacji

4.1. Parametry linii

Objęte niniejszą *Specyfikacją* kompozytowe izolatory wiszące powinny bezawaryjnie pracować w linii elektroenergetycznej 400 kV o następujących parametrach elektrycznych:

- | | |
|--|--------|
| a) znamionowe napięcie linii | 400 kV |
| b) najwyższe dopuszczalne napięcie linii | 420 kV |
| c) znamionowa częstotliwość napięcia linii | 50 Hz |

4.2. Warunki środowiskowe

Objęte niniejszą *Specyfikacją* kompozytowe izolatory wiszące powinny bezawaryjnie pracować w linii elektroenergetycznej 400 kV w następujących warunkach środowiskowych – tablica 4.1.

Tablica 4.1. Środowiskowe warunki eksploatacji izolatorów

Lp.	Czynnik środowiskowy	Przewidywane warunki eksploatacji dla izolacji napowietrznej
1	2	3
1.	Maksymalna temperatura otaczającego powietrza	Nie większa niż 40 °C, a jej średnia wartość mierzona w ciągu 24 h nie przekracza 35 °C ¹⁾
2.	Minimalna temperatura otaczającego powietrza	-40 °C ¹⁾
3.	Zanieczyszczenia otaczającego powietrza	Może wystąpić zanieczyszczenie kurzem, dymem, gazami powodującymi korozję, oparami lub solą. Zabrudzenie nie przekraczające parametrów dla II lub III strefy zabrudzeniowej wg PN-E-06303 ²⁾
<p>UWAGI do TABLICY 4.1.</p> <p>1) Graniczne temperatury podano zgodnie z normą PN-EN 62217, jako normalne warunki środowiskowe.</p> <p>2) II strefa zabrudzeniowa według normy PN-E-06303 odpowiada strefie „c” według <i>Specyfikacji Technicznej</i> IEC/TS 60815-3, zaś III strefa zabrudzeniowa według normy PN-E-06303 odpowiada strefie „d” według <i>Specyfikacji Technicznej</i> IEC/TS 60815-3. Zwraca się jednak uwagę, że jednostkowe drogi upływu w publikacji IEC/TS 60815-3 i normie PN-E-06303 (załącznik E) przyjęto według różnych metod, a ich porównywanie wymaga odpowiedniego przeliczenia.</p>		

5. Wymagane parametry i właściwości kompozytowych izolatorów wiszących do napowietrznych linii elektroenergetycznych 400 kV

TABLICA 5.1.a. Wymagane parametry i właściwości kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV II strefa zabrudzeniowa według PN-E-06303

1.	Oznaczenie (wyróżnik oznaczenia) wg PN-EN 61466	CS 160 19L 1425/8400 ¹⁾	
2.	Właściwości mechaniczne izolatora		
	2.1. Znamionowe obciążenie mechaniczne <i>SML</i> (rozciągające)	160	kN
	2.2. Obciążenie probiercze w badaniach wyrobu (rozciągające)	80	kN
	2.3. Odporność na zmienne obciążenie mechaniczne (rozciągające cykliczne o częstotliwości 7 Hz) ²⁾	Spełnienie wymagań kryterium głównego lub uproszczonego według p. 6.5.2. i p. 7.4.7.	
3.	Właściwości elektryczne izolatora ³⁾		
	3.1. Znamionowe napięcie wytrzymałwane udarowe piorunowe na sucho	1 425	kV
	3.2. Znamionowe napięcie wytrzymałwane udarowe łączeniowe w deszczu	1 050	kV
4.	Minimalna znamionowa droga upływu	8 400 ⁴⁾	mm
5.	Właściwości i parametry elementów izolatora		
	5.1. Okucia		
		typ okucia	z uchem widlastym
		materiał i sposób wykonania okucia	odkuwka stalowa
		sposób łączenia okucia z rdzeniem	zaciskanie (zakuwanie)
		wymiary ucha widlastego (element złącza o ruchu nieograniczonym)	jak dla złącza widlasto-uchatego typu 19L
	mechaniczna wytrzymałość okucia na rozciąganie	235	kN

TABLICA 5.1.a. c.d.

5. c.d.	5.1. Okucia c.d.	metoda antykorozyjnego zabezpieczenia okuć		cynkowanie ogniowe	
		minimalna grubość powłoki antykorozyjnej	w pojedynczym punkcie	70	μm
	średnia		85	μm	
	5.2. Rdzeń	średnica rdzenia ⁵⁾		22	mm
		typ włókien szklanych		E-CR lub E	
		minimalna wytrzymałość włókien na rozciąganie		1 000	MPa
		materiał matrycy (materiał zespalający)		żywica epoksydowa	
	5.3. Osłona i klosze			elastomer silikonowy HCR lub LSR	
	5.4. Materiał uszczelniający ⁶⁾			metastabilny elastomer silikonowy	
	<p>UWAGI do TABLICY 5.1.a.</p> <p>1) Wyróżnik oznaczenia izolatora utworzono, przyjmując minimalną znamionową drogę upływu dla II strefy zabrudzeniowej według PN-E-06303, załącznik E oraz znamionowe obciążenie mechaniczne <i>SML</i> = 160 kN. Wskazaną wartość <i>SML</i> należy uważać za wartość minimalną.</p> <p>2) Odporność izolatora na zmienne (cykliczne) obciążenie rozciągające nie jest znormalizowana, jednak – zgodnie z wymaganiami PSE S.A. – dla kompozytowych izolatorów do linii 400 kV należy tę odporność wykazać (patrz p. 7.4.7.).</p> <p>3) Podane wartości napięć wytrzymywanych są znamionowymi poziomami izolacji, dotyczącymi układów izolacyjnych w linii 400 kV.</p> <p>4) Wartość minimalnej znamionowej drogi upływu dla II strefy zabrudzeniowej według normy PN-E-06303, załącznik E. Długość tak określonej drogi upływu odpowiada znamionowej drodze upływu dla strefy c (trzeciej) według IEC/TS 60815-3.</p> <p>5) Jest to zalecana minimalna średnica rdzenia dla izolatorów o <i>SML</i> = 160 kN (zalecana minimalna średnica rdzenia dla izolatorów o większej wartości <i>SML</i> – patrz tablica 5.1.b. i 5.2.b.).</p> <p>6) Ewentualne zastosowanie materiału uszczelniającego wynika z przyjętej konstrukcji i technologii wykonania izolatora.</p>				

TABLICA 5.1.b. Wymagane parametry i właściwości kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV II strefa zabrudzeniowa według PN-E-06303

1.	Oznaczenie (wyróżnik oznaczenia) wg PN-EN 61466		CS 210 22L 1425/8400 ¹⁾	
2.	Właściwości mechaniczne izolatora			
	2.1. Znamionowe obciążenie mechaniczne <i>SML</i> (rozciągające)	210	kN	
	2.2. Obciążenie probiercze w badaniach wyrobu (rozciągające)	105	kN	
	2.3. Odporność na zmienne obciążenie mechaniczne (rozciągające cykliczne o częstotliwości 7 Hz) ²⁾	Spełnienie wymagań kryterium głównego lub uproszczonego według p. 6.5.2. i p. 7.4.7.		
3.	Właściwości elektryczne izolatora ³⁾			
	3.1. Znamionowe napięcie wytrzymałowe udarowe piorunowe na sucho	1 425	kV	
	3.2. Znamionowe napięcie wytrzymałowe udarowe łączeniowe w deszczu	1 050	kV	
4.	Minimalna znamionowa droga upływu	8 400 ⁴⁾	mm	
5.	Właściwości i parametry elementów izolatora			
	5.1. Okucia			
		typ okucia	z uchem widlastym	
		materiał i sposób wykonania okucia	odkuwka stalowa	
		sposób łączenia okucia z rdzeniem	zaciskanie (zakuwanie)	
		wymiary ucha widlastego (element złącza o ruchu nieograniczonym)	jak dla złącza widlasto-uchatego typu 22L	
		mechaniczna wytrzymałość okucia na rozciąganie	305	kN
		metoda zabezpieczenia antykorozyjnego okuć	cynkowanie ogniowe	
	minimalna grubość powłoki antykorozyjnej	w pojedynczym punkcie	70	μm
		średnia	85	μm

TABLICA 5.1.b. c.d.

5. c.d.	5.2. Rdzeń	średnica rdzenia ⁵⁾	24 mm
		typ włókien szklanych	E-CR lub E
		minimalna wytrzymałość włókien na rozciąganie	1 000 MPa
		materiał matrycy (materiał zespalający)	żywica epoksydowa
	5.3. Osłona i klosze	elastomer silikonowy HCR lub LSR	
	5.4. Materiał uszczelniający ⁶⁾	metastabilny elastomer silikonowy	

UWAGI do TABLICZY 5.1.b.

- 1) Wyróżnik oznaczenia izolatora utworzono, przyjmując minimalną znamionową drogę upływu dla II strefy zabrudzeniowej według PN-E-06303, załącznik E oraz znamionowe obciążenie mechaniczne $SML = 210$ kN. Wskazaną wartość SML należy uważać za wartość minimalną.
- 2) Odporność izolatora na zmienne (cykliczne) obciążenie rozciągające nie jest znormalizowana, jednak – zgodnie z wymaganiami PSE S.A. – dla kompozytowych izolatorów do linii 400 kV należy tę odporność wykazać (patrz p. 7.4.7.).
- 3) Podane wartości napięć wytrzymywanych są znamionowymi poziomami izolacji, dotyczącymi układów izolacyjnych w linii 400 kV.
- 4) Wartość minimalnej znamionowej drogi upływu dla II strefy zabrudzeniowej według normy PN-E-06303, załącznik E. Długość tak określonej drogi upływu odpowiada znamionowej drodze upływu dla strefy c (trzeciej) według IEC/TS 60815-3.
- 5) Jest to zalecana minimalna średnica rdzenia dla izolatorów o $SML = 210$ kN.
- 6) Ewentualne zastosowanie materiału uszczelniającego wynika z przyjętej konstrukcji i technologii wykonania izolatora.

TABLICA 5.2.a. Wymagane parametry i właściwości kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV III strefa zabrudzeniowa według PN-E-06303

1.	Oznaczenie (wyróżnik oznaczenia) wg PN-EN 61466	CS 160 19L 1425/10500 ¹⁾	
2.	Właściwości mechaniczne izolatora		
	2.1. Znamionowe obciążenie mechaniczne <i>SML</i> (rozciągające)	160	kN
	2.2. Obciążenie probiercze w badaniach wyrobu (rozciągające)	80	kN
	2.3. Odporność na zmienne obciążenie mechaniczne (rozciągające cykliczne o częstotliwości 7 Hz) ²⁾	Spełnienie wymagań kryterium głównego lub uproszczonego według p. 6.5.2. i p. 7.4.7.	
3.	Właściwości elektryczne izolatora ³⁾		
	3.1. Znamionowe napięcie wytrzymałwane udarowe piorunowe na sucho	1 425	kV
	3.2. Znamionowe napięcie wytrzymałwane udarowe łączeniowe w deszczu	1 050	kV
4.	Minimalna znamionowa droga upływu	10 500 ⁴⁾	mm
5.	Właściwości i parametry elementów izolatora		
	5.1. Okucia		
	typ okucia	z uchem widlastym	
	materiał i sposób wykonania okucia	odkuwka stalowa	
	sposób łączenia okucia z rdzeniem	zaciskanie (zakuwanie)	
	wymiary ucha widlastego (element złącza o ruchu nieograniczonym)	jak dla złącza widlasto-uchatego typu 19L	
	mechaniczna wytrzymałość okucia na rozciąganie	235	kN
	metoda zabezpieczenia antykorozyjnego okuć	cynkowanie ogniowe	
	minimalna grubość powłoki antykorozyjnej	w pojedynczym punkcie	70 μm
		średnia	85 μm

TABLICA 5.2.a. c.d.

5. c.d.	5.2. Rdzeń	średnica rdzenia ⁵⁾	22	mm
		typ włókien szklanych	E-CR lub E	
		minimalna wytrzymałość włókien na rozciąganie	1 000	MPa
		materiał matrycy (materiał zespalający)	żywica epoksydowa	
	5.3. Osłona i klosze	elastomer silikonowy HCR lub LSR		
5.4. Materiał uszczelniający ⁶⁾	metastabilny elastomer silikonowy			

UWAGI do TABLICY 5.2.a.

- 1) Wyróżnik oznaczenia izolatora utworzono, przyjmując minimalną znamionową drogę upływu dla III strefy zabrudzeniowej według PN-E-06303, załącznik E oraz znamionowe obciążenie mechaniczne $SML = 160$ kN. Wskazaną wartość SML należy uważać za wartość minimalną.
- 2) Odporność izolatora na zmienne (cykliczne) obciążenie rozciągające nie jest znormalizowana, jednak – zgodnie z wymaganiami PSE S.A. – dla kompozytowych izolatorów do linii 400 kV należy tę odporność wykazać (patrz p. 7.4.7.).
- 3) Podane wartości napięć wytrzymywanych są znamionowymi poziomami izolacji, dotyczącymi układów izolacyjnych w linii 400 kV.
- 4) Wartość minimalnej znamionowej drogi upływu dla III strefy zabrudzeniowej według normy PN-E-06303, załącznik E. Długość tak określonej drogi upływu odpowiada znamionowej drodze upływu dla strefy d (czwartej) według IEC/TS 60815-3.
- 5) Jest to zalecana minimalna średnica rdzenia dla izolatorów o $SML = 160$ kN (zalecana minimalna średnica rdzenia dla izolatorów o większej wartości SML – patrz tablica 5.1.b. i 5.2.b.).
- 6) Ewentualne zastosowanie materiału uszczelniającego wynika z przyjętej konstrukcji i technologii wykonania izolatora.

TABLICA 5.2.b. Wymagane parametry i właściwości kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV III strefa zabrudzeniowa według PN-E-06303

1.	Oznaczenie (wyróżnik oznaczenia) wg PN-EN 61466	CS 210 22L 1425/10500 ¹⁾	
2.	Właściwości mechaniczne izolatora		
	2.1. Znamionowe obciążenie mechaniczne <i>SML</i> (rozciągające)	210	kN
	2.2. Obciążenie probiercze w badaniach wyrobu (rozciągające)	105	kN
	2.3. Odporność na zmienne obciążenie mechaniczne (rozciągające cykliczne o częstotliwości 7 Hz) ²⁾	Spełnienie wymagań kryterium głównego lub uproszczonego według p. 6.5.2. i p. 7.4.7.	
3.	Właściwości elektryczne izolatora ³⁾		
	3.1. Znamionowe napięcie wytrzymałowe udarowe piorunowe na sucho	1 425	kV
	3.2. Znamionowe napięcie wytrzymałowe udarowe łączeniowe w deszczu	1 050	kV
4.	Minimalna znamionowa droga upływu	10 500 ⁴⁾	mm
5.	Właściwości i parametry elementów izolatora		
	5.1. Okucia		
	typ okucia	z uchem widlastym	
	materiał i sposób wykonania okucia	odkuwka stalowa	
	sposób łączenia okucia z rdzeniem	zaciskanie (zakuwanie)	
	wymiary ucha widlastego (element złącza o ruchu nieograniczonym)	jak dla złącza widlasto-uchatego typu 22L	
	mechaniczna wytrzymałość okucia na rozciąganie	305	kN
	metoda zabezpieczenia antykorozyjnego okuć	cynkowanie ogniowe	
	minimalna grubość powłoki antykorozyjnej	w pojedynczym punkcie	70 μm
		średnia	85 μm

TABLICA 5.2.b. c.d.

5. c.d.	5.2. Rdzeń	średnica rdzenia ⁴⁾	24 mm
		typ włókien szklanych	E-CR lub E ⁵⁾
		minimalna wytrzymałość włókien na rozciąganie	1 000 MPa
		materiał matrycy (materiał zespalaający)	żywica epoksydowa
	5.3. Osłona i klosze	elastomer silikonowy HCR lub LSR	
	5.4. Materiał uszczelniający ⁶⁾	metastabilny elastomer silikonowy	

UWAGI do TABLICZY 5.2.b.

- 1) Wyróżnik oznaczenia izolatora utworzono, przyjmując minimalną znamionową drogę upływu dla III strefy zabrudzeniowej według PN-E-06303, załącznik E oraz znamionowe obciążenie mechaniczne $SML = 210$ kN. Wskazaną wartość SML należy uważać za wartość minimalną.
- 2) Odporność izolatora na zmienne (cykliczne) obciążenie rozciągające nie jest znormalizowana, jednak – zgodnie z wymaganiami PSE S.A. – dla kompozytowych izolatorów do linii 400 kV należy tę odporność wykazać (patrz p. 7.4.7.).
- 3) Podane wartości napięć wytrzymywanych są znamionowymi poziomami izolacji, dotyczącymi układów izolacyjnych w linii 400 kV.
- 4) Wartość minimalnej znamionowej drogi upływu dla III strefy zabrudzeniowej według normy PN-E-06303, załącznik E. Długość tak określonej drogi upływu odpowiada znamionowej drodze upływu dla strefy d (czwartej) według IEC/TS 60815-3.
- 5) Jest to zalecana minimalna średnica rdzenia dla izolatorów o $SML = 210$ kN.
- 6) Ewentualne zastosowanie materiału uszczelniającego wynika z przyjętej konstrukcji i technologii wykonania izolatora.

W uzasadnionych przypadkach oraz po uzgodnieniu z zamawiającym, dostawca może zaoferować izolatory o innych właściwościach i parametrach, niż podane w tabelicy 5.1.a., 5.1.b., 5.2.a. i 5.2.b., pod warunkiem przedstawienia technicznego uzasadnienia swojej propozycji.

6. Dodatkowe informacje i szczegóły wymagań

6.1. Wymiary i kształt

6.1.1. Tolerancje i odchyłki

Tolerancje i dopuszczalne odchyłki wymiarów kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV należy przyjmować według normy PN-EN 61109 i PN-EN 62217:

$$\pm(0,04d + 1,5) \text{ mm} \quad \text{dla } d \leq 300 \text{ mm}$$

$$\pm(0,025d + 6) \text{ mm} \quad \text{dla } d > 300 \text{ mm, przy maksymalnej tolerancji } \pm 50 \text{ mm,}$$

gdzie d jest sprawdzanym wymiarem w milimetrach;

Dopuszczalny kąt skręcenia okuć widlastych względem siebie nie powinien przekraczać 4° .

6.1.2. Istotne wielkości

Znormalizowane wymagania dotyczą następujących wielkości wymiarowych kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV:

- elementów złączy w okuciach widlastych (według PN-IEC 60471 i PN-EN 61466-1)
- minimalnej znamionowej drogi upływu (według PN-E-06303), albo znamionowej drogi upływu (według IEC/TS 60815-3).

Nie normalizuje się długości montażowej kompozytowych izolatorów wiszących, ani odstępów między krawędziami okuć. Wymiary izolatorów i odstępów izolacyjne w łańcuchu powinny zapewnić wymaganą wytrzymałość elektryczną.

Oprócz wymiarów znormalizowanych w dokumentacji technicznej dostawcy lub na złożeniowym rysunku izolatora należy także podać następujące wymiary:

- długość montażową izolatora
- długość części izolacyjnej (zwykle – odległość między krawędziami okuć)
- wymiary okuć (oprócz znormalizowanych wymiarów elementów złącza)
- średnicę szkłoepoksydowego rdzenia
- średnicę pnia (rdzeń wraz z nałożoną osłoną)
- minimalną grubość izolacyjnej osłony na rdzeniu
- średnicę kloszy
- grubość klosza w otoczeniu pnia izolatora i na krawędzi klosza
- odstęp między kloszami (podziałkę kloszową)
- kąt nachylenia kloszy.

UWAGA – Jeżeli integralną częścią izolatora są elementy osprzętu ochronnego, w dokumentacji podaje się ich podstawowe wymiary (co najmniej średnicę przekroju poprzecznego i średnicę zewnętrzną).

Dostawca powinien wskazać w dokumentacji wymiary (jeżeli ma to uzasadnienie – wraz z tolerancjami) podlegające sprawdzeniu w ramach poszczególnych rodzajów badań. Podczas każdego rodzaju badań (z wyjątkiem badań wyrobu) należy sprawdzić długość drogi upływu na co najmniej jednym izolatorze, a wynik pomiaru podać w sprawozdaniu.

W sprawozdaniu z badań konstrukcyjnych i badań typu należy wskazać wymiary, które podlegały sprawdzeniu i podać wyniki tych pomiarów.

Wyniki sprawdzeń wymiarów powinny być zgodne z wymaganiami.

UWAGA – W ramach badań kontrolno-odbiorczych i badań wyrobu przeprowadza się również sprawdzenie wybranych wymiarów. Jeżeli dostawca nie podał zakresu tego sprawdzenia lub w dokumentacji (na rysunku) nie wskazano wymiarów, podlegających sprawdzeniu w ramach tych badań, sprawdzeniu podlega co najmniej:

- długość montażowa izolatora
- długość części izolacyjnej
- średnica pnia.

Do oceny profili kloszy izolatora można wykorzystywać współczynnik drogi upływu CF , który oblicza się jako stosunek L/A , gdzie L jest długością drogi upływu izolatora, zaś A – długością drogi przeskoku na sucho. Na podstawie dotychczasowych krajowych doświadczeń przyjmuje się, że jego wartość **nie powinna przekraczać 3,5**.

UWAGA – W przypadku wartości współczynnika drogi upływu CF większej niż zalecana, lecz nie większej niż 4,2, można ją ewentualnie zaakceptować, lecz tylko wówczas, gdy profil kloszy izolatora jest otwarty (aerodynamiczny) – patrz IEC/TS 60815-3, p. 8., rys. 2a i rys. 6. Decyzję o akceptacji profilu izolatora podejmuje zamawiający.

6.2. Materiał i wykonanie

6.2.1. Rdzeń szkłoepoksydowy

Rdzeń kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV należy wykonywać z impregnowanego żywicą włókna szklanego (zwykle w postaci rowingu) o wysokiej odporności na korozję elektrochemiczną. Należy stosować włókna ze szkła o dużej odporności na korozję elektrochemiczną, typu E lub E-CR.

W przypadku zastosowania włókna szklanego typu E, powinno to być włókno o odporności na korozję elektrochemiczną wyższej od tradycyjnego włókna typu E (odporność na korozję elektrochemiczną takiego włókna powinna być zbliżona do włókna typu E-CR).

Rodzaj i właściwości materiałów zastosowanych w szkłoepoksydowym rdzeniu należy podać w dokumentacji technicznej.

UWAGA – Odpowiednie atesty (certyfikaty, świadectwa badań) materiałów, zastosowanych do wykonania rdzenia, dostawca izolatorów przedstawia zamawiającemu podczas badań kontrolno-odbiorczych oraz opisuje w sprawozdaniu z badań konstrukcyjnych i badań typu w ramach „sprawdzenia materiałów”.

Wypełnienie rdzenia włóknami szklanymi, mierzone na przekroju poprzecznym rdzenia, nie powinno przekraczać 70 %.

W dokumentacji technicznej producenta (dostawcy) należy określić :

- twardość rdzenia wzdłuż i w poprzek włókien

UWAGA – Można podawać wartości graniczne przedziału twardości rdzenia lub dopuszczalną przez producenta wartość maksymalną.

- wypełnienie rdzenia włóknami szklanymi (procentowe, mierzone na poprzecznym przekroju rdzenia)

UWAGA – Oczekuje się podania co najmniej dopuszczalnej przez producenta maksymalnej wartości wypełnienia rdzenia włóknami szklanymi (w procentach).

W sprawozdaniu z badań konstrukcyjnych (lub w załączniku do tego sprawozdania) należy podać rzeczywiste wartości tych parametrów, uzyskane w pomiarach.

UWAGI

1. Dopuszcza się wykonanie pomiarów na próbce wyciętej z rdzenia, pobranego losowo z partii rdzeni, przygotowanej do produkcji izolatorów.
2. Zaleca się wykonywanie pomiarów twardości rdzenia metodą Vickersa. Jeżeli przeprowadzono je inną metodą, wyniki przelicza się na tę skalę.

W przedstawianej zamawiającemu dokumentacji technicznej lub na rysunku izolatora należy podać znamionową średnicę szkłoepoksydowego rdzenia (z tolerancją) oraz określić jego barwę i stopień przeświecalności (np. nieprzeświecalny, lekko przeświecalny itp.).

Dodatkowe badania rdzenia mogą wynikać podczas jego oględzin po próbie wytrzymałości mechanicznej (zgodnie z p. 7.4.8. niniejszej *Specyfikacji*). Wynik takich badań należy dołączyć do odpowiedniego sprawozdania (typu lub kontrolno-odbiorczych).

Ze względu na wymaganą wytrzymałość przy obciążeniu statycznym oraz na konieczną odporność izolatora na zmienne rozciągające obciążenia mechaniczne, zaleca się aby średnica szkłoepoksydowego rdzenia kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV nie była mniejsza od

- 22 mm – przy wartości *SML* = 160 kN
- 24 mm – przy wartości *SML* = 210 kN.

Inną średnicę rdzenia można dopuścić wyłącznie po uzgodnieniu.

6.2.2. Materiały polimerowe (osłona i klosze)

Właściwości materiałów polimerowych, z których wykonano osłonę i klosze kompozytowego wiszącego izolatora liniowego 400 kV powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w normie PN-EN 62217, p. 9.3., i przejść z wynikiem dodatnim wskazane tam próby.

Rodzaj i właściwości zastosowanych materiałów polimerowych należy podać w dokumentacji technicznej.

UWAGA – Odpowiednie atesty (świadectwa badań) zastosowanych materiałów polimerowych dostawca izolatorów przedstawia zamawiającemu podczas badań kontrolno-odbiorczych oraz opisuje w sprawozdaniu z badań konstrukcyjnych i typu w ramach „sprawdzenia materiałów”.

Do przedkładanych zamawiającemu sprawozdań z badań konstrukcyjnych i badań typu producent (dostawca) powinien dołączyć wyniki prób i stosowne certyfikaty, potwierdzające deklarowane właściwości zastosowanego elastomeru (oprócz właściwości sprawdzanych zgodnie z normą PN-EN 62217).

Do tych dodatkowych właściwości materiałów polimerowych zalicza się m.in.:

- gęstość [g/cm³]
- mechaniczną wytrzymałość na rozciąganie [MPa]
- względne wydłużenie przy obciążeniu [%]
- wytrzymałość na przedarcie [N/mm]
- wytrzymałość elektryczną [kV/mm].

Te właściwości należy także określić na próbkach materiału polimerowego po przeprowadzeniu na nich próby przyspieszonego starzenia według PN-EN 62217, p. 9.3.2. Wartości te nie powinny się różnić więcej niż o 10 % w stosunku do zmierzonych na materiale świeżym (przed ekspozycją na UV).

Istotną cechą materiału osłony i kloszy jest jego **hydrofobowość**, której poziom producent (dostawca) izolatorów powinien zadeklarować.

Hydrofobowość (zwilżalność) powierzchni osłony i kloszy izolatora należy określać metodami opisanymi w *Specyfikacji Technicznej* IEC/TS 62073. Powinna ona odpowiadać **klasie zwilżalności WC 1** (według IEC/TS 62073, tablica 1.).

Palność materiału osłony i kloszy powinna odpowiadać kategorii **V0** według normy PN-EN 60695-11-10 (tę normę przywołuje się w PN-EN 62217), przy czym próbę palności należy wykonywać na próbce pionowej.

Barwa osłony powinna być zgodna z dokumentacją techniczną.

Osłonę szkłoepoksydowego rdzenia można wykonywać w całości razem z kloszami albo można wykonane osobno klosze nakładać sukcesywnie na osłonę (system modułowy).

Przy dobieraniu profilu izolatora zaleca się korzystać z postanowień zawartych w *Specyfikacji Technicznej* IEC 60815-3 (patrz również p. 6.1.2. niniejszej *Specyfikacji*). Grubość elastomeru silikonowego na szkłoepoksydowym rdzeniu powinna wynosić co najmniej 3 mm.

Na powierzchni osłony dopuszcza się drobne usterki o maksymalnym obszarze określonym w normie PN-EN 61109, p. 13.2. Ślad szwu na kloszach i na osłonie powinien być możliwie najmniejszy i nie powinien być zagłębiony w stosunku do otaczającej powierzchni.

Zastosowane do wytwarzania izolatorów materiały polimerowe powinny zapewnić bezawaryjną pracę izolatorów w warunkach środowiskowych, określonych w p. 4.2., tablica 4.1., niniejszej *Specyfikacji*.

6.2.3. Okucia

W kompozytowych izolatorach wiszących do linii 400 kV należy stosować okucia z uchem widlastym dla złączy o ruchu nieograniczonym (oznaczone w normie PN-IEC 60471 literą L) i o rozmiarze zgodnym z normą PN-IEC 60471.

Konstrukcja okuć widlastych oraz właściwości zastosowanego na okucia materiału powinny zapewnić wymaganą mechaniczną wytrzymałość izolatora. Dostawca powinien określić znamionową wytrzymałość okuć, a także podać ich obciążenie niszczące (wartość średnią i odchylenie standardowe uzyskane w ostatnich badaniach kontrolno-odbiorczych okuć). Okucia nie powinny ulegać trwałemu odkształceniu w zakresie znamionowego obciążenia mechanicznego (*SML*) izolatora.

Przy doborze materiału i konstruowaniu okucia należy uwzględnić odporność izolatora na obciążenia zmienne. W sprawozdaniu z badań konstrukcyjnych dostawca powinien przedstawić – jako uzupełnienie badań zmęczeniowych izolatora – obliczenia wytrzymałości zmęczeniowej okuć.

UWAGA – W przypadku, gdy dostawca zaoferował izolatory o wyższym znamionowym obciążeniu mechanicznym (*SML*), niż wskazano w tablicach w p. 5., powinien także przyjąć większy rozmiar ucha widlastego (elementu złącza) w okuciach, o odpowiednio wyższej wytrzymałości mechanicznej (patrz norma PN-EN 61466-1, tablica 1.).

Konstrukcję okuć oraz zastosowany do ich wykonania gatunek stali należy tak dobrać, aby

- a) naprężenie w przekroju wymiarującym (niebezpiecznym), obliczone przy znamionowym obciążeniu mechanicznym (*SML*), nie było większe od granicy plastyczności materiału; oprócz opisu wyniku próby wytrzymałości mechanicznej, spełnienie tego warunku należy wykazać obliczeniowo;
- b) naprężenie w przekroju wymiarującym (niebezpiecznym), obliczone przy obciążeniu rozciągającym na poziomie 60 % znamionowego obciążenia mechanicznego (60 % *SML*), nie przekroczyło wartości wytrzymałości zmęczeniowej zastosowanej stali; oprócz wyniku badań zmęczeniowych, spełnienie tego warunku należy również wykazać obliczeniowo.

UWAGA – Od tego wymagania można odstąpić, pod warunkiem, że dostawca przedstawi charakterystykę zmęczeniową oferowanego typu izolatora. Oczekuje się charakterystyki wyznaczonej przy amplitudzie obciążenia zmiennego na poziomie 20-25 % obciążenia średniego. Na podstawie charakterystyki zmęczeniowej można wykazać trwałość izolatora w założonym okresie eksploatacji.

Wykonane obliczenia producent (dostawca) przedkłada zamawiającemu wraz ze sprawozdaniem z badań konstrukcyjnych lub badań typu.

W przypadku dopuszczenia znamionowego obciążenia mechanicznego (*SML*) innego (większego), niż podane w niniejszej *Specyfikacji* w tablicach w p. 5., rozmiar uch widlastych okuć należy dostosować do *SML* zgodnie z regułami podanymi w normie PN-EN 61466-1, p. 7., tablica 1.

W dokumentacji technicznej (także w sprawozdaniu z badań konstrukcyjnych i badań typu w ramach „sprawdzenia materiałów”) należy podać gatunek zastosowanej na okucia stali oraz sposób ich zabezpieczenia antykorozyjnego. Gatunek zastosowanego na okucia materiału należy potwierdzić stosownymi badaniami metaloznawczymi, których wynik dołącza się do sprawozdania z badań typu.

Przyczepność powłoki cynkowej powinna być taka, aby nie występowały jej złuszczenia przy montażu osprzętu ochronnego lub ruchu łańcuchów izolatorów podczas eksploatacji linii.

Powierzchnie okuć powinny być gładkie, bez ostrych nierówności, mogących powodować ulot oraz wzrost poziomu napięcia zakłóceń radioelektrycznych.

6.2.4. Łączenie okuć ze szkłoepoksydowym rdzeniem

Każdy kompozytowy izolator wiszący do linii 400 kV powinien być montowany zgodnie z wymaganiami podanymi w dokumentacji technicznej producenta.

Jest warunkiem koniecznym, aby okucia były trwale połączone ze szkłoepoksydowym rdzeniem. Okucia należy montować metodą współosiowego zaciskania (zakuwania). Podczas zaciskania nie dopuszcza się żadnego ingerowania w strukturę rdzenia.

Na żądanie zamawiającego, w celu wykazania poprawności konstrukcji i zastosowanego sposobu okuwania, dostawca powinien podczas badań kontrolno-odbiorczych przedstawić rysunek poprzecznego przekroju węzła montażowego izolatora.

6.3. Makroskopowe powierzchnie graniczne

Makroskopowe powierzchnie graniczne kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV powinny spełniać kryteria podane w PN-EN 62217, p. 9.2 (9.2.6.1., 9.2.6.2.2. i 9.2.6.3.2.).

W celu uniemożliwienia penetracji wilgoci i zabezpieczenia rdzenia przed wpływami środowiska, można – przy odpowiednio dobranej konstrukcji i technologii – użyć metastabilnego kauczuku silikonowego.

Dodatkowo należy sprawdzić przyczepność polimerowej osłony do szkłoepoksydowego rdzenia lub do metalowego okucia (jeżeli producent zastosował nałożenie osłony na fragment zewnętrznej powierzchni okucia). Metodę sprawdzenia należy opisać (np. w dokumentacji technicznej). Zaleca się jednak przeprowadzanie tej próby metodą rozwarstwiania (odrywania) według normy ГОСТ Р 52082-2003, p. 8.9.5.4. Zgodnie z przyjętymi przy tej metodzie kryteriami przyczepności, **siła F potrzebna do oderwania od rdzenia fragmentu osłony o szerokości h nie powinna być mniejsza od 10 N/cm** (patrz również p. 7.4.5. niniejszej *Specyfikacji*).

6.4. Masa

Masę izolatorów należy podać w dokumentacji technicznej. Tolerancja masy izolatorów nie powinna przekraczać $\pm 7\%$.

6.5. Właściwości mechaniczne

6.5.1. Wytrzymałość na rozciąganie przy obciążeniu statycznym

Wartości znamionowego (rozciągającego) obciążenia mechanicznego (*SML*) kompozytowych wiszących izolatorów liniowych 400 kV należy przyjmować ze znormalizowanego szeregu (w kiloniutonach):

160, 210, 300, 400.

W uzasadnionych przypadkach nie wyklucza się stosowania innych wartości *SML*, niż z szeregu znormalizowanego.

Doraźne obciążenie izolatora statyczną siłą rozciągającą, o przypisanej mu wartości *SML*, nie powinno powodować żadnych uszkodzeń (na przykład wysunięcia się rdzenia z okucia), ani trwałych odkształceń elementów izolatora. Charakterystyka statyczna izolatora w zakresie *SML* powinna być liniowa. Jedynie przy wartościach obciążenia bliskich *SML* dopuszcza się niewielkie zagięcie charakterystyki statycznej.

Wyznaczane w badaniach konstrukcyjnych obciążenie niszczące (poszczególnych izolatorów) i jego wartość średnia (PN-EN 61109, p. 10.4.2.1.) powinny być zawsze większe od *SML*.

6.5.2. Wytrzymałość na rozciąganie przy obciążeniu zmiennym (cyklicznym)

Przeznaczone do linii 400 kV kompozytowe izolatory wiszące powinny mieć odpowiednią wytrzymałość przy rozciągającym obciążeniu cyklicznym.

Na podstawie wyników badań laboratoryjnych oraz ich analizy dostawca powinien wykazać, że przewidywana mechaniczna wytrzymałość izolatora po wystarczająco długim okresie jego eksploatacji przy stałym narażeniu na obciążenia cykliczne o częstotliwości 7 Hz, przy amplitudzie 25 % średniego obciążenia rozciągającego (statycznego), będzie nie mniejsza niż $1/3$ *SML*.

Podstawą analizy odporności kompozytowych izolatorów liniowych 400 kV na cykliczne rozciągające obciążenia mechaniczne jest charakterystyka zmęczeniowa, wyznaczona empirycznie dla danego typu izolatora.

Ocenę odporności izolatora na cykliczne obciążenie rozciągające należy przeprowadzać stosując *kryterium główne* (wymagające wyznaczenia charakterystyki zmęczeniowej), lub *kryterium uproszczone* (bez konieczności wyznaczenia charakterystyki zmęczeniowej).

Opis kryteriów podano w p. 7.4.7.

6.6. Odporność na zmiany temperatury przy obciążeniu (wytrzymałość termomechaniczna)

Zgodnie z postanowieniami normy PN-EN 61109, p. 10.3.2., kompozytowe wiszące izolatory liniowe powinny wytrzymać bez uszkodzenia cztery cykle nagrzewania do $+(50 \pm 5)^\circ\text{C}$ i chłodzenia do $-(35 \pm 5)^\circ\text{C}$, przy równoczesnym probierczym rozciągającym obciążeniu mechanicznym równym co najmniej 50 % *SML*.

6.7. Właściwości elektryczne

Dla każdego typu kompozytowych izolatorów wiszących do linii o znamionowym napięciu $U_n = 400\text{ kV}$ (najwyższe dopuszczalne napięcie urządzenia $U_m = 420\text{ kV}$) dostawca powinien określić:

- znamionowe napięcie wytrzymywane udarowe piorunowe na sucho
- znamionowe napięcie wytrzymywane udarowe łączeniowe, w deszczu.

W dokumentacji technicznej i w wykazie danych gwarantowanych dla danego typu kompozytowego wiszącego izolatora liniowego podaje się znamionowe wartości tych znormalizowanych napięć. Jako informacje dodatkowe zaleca się podawać również inne, wyznaczone w badaniach, parametry elektryczne izolatorów (na przykład 50-procentowe napięcie udarowe piorunowe na sucho).

6.8. Odporność na działanie łuku elektrycznego

Badania odporności na działanie łuku elektrycznego przeprowadza się na żądanie zamawiającego. Przy wykonywaniu tych badań zaleca się korzystanie z postanowień i metod prób według normy PN-EN 61467. Zakres odporności izolatora na łuk elektryczny powinien być wówczas ujęty w dokumentacji technicznej.

Próby łukiem łańcuchów izolatorów do linii 400 kV należy przeprowadzać z osprzętem ochronnym, przewidzianym do stosowania w eksploatacji. W wyniku próby łukiem nie dopuszcza się istotnego uszkodzenia osprzętu ochronnego.

Niezależnie od uzgodnień i ewentualnego wykonania próby łukiem na łańcuchu izolatorów kompozytowych wymaga się jednak, aby oddziaływanie łuku elektrycznego, jaki może wystąpić podczas eksploatacji, nie obniżyło wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej izolatora.

6.9. Poziom zakłóceń radioelektrycznych

Pomiaru poziomu emisji zakłóceń radioelektrycznych dokonuje się na żądanie zamawiającego. Zamawiający określa także dopuszczalny poziom napięcia zakłóceń radioelektrycznych.

W przypadku przeprowadzenia takich pomiarów, należy je wykonać zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 60437.

6.10. Eksploatacja izolatorów w warunkach narażenia na zabrudzenia

Kompozytowe wiszące izolatory liniowe 400 kV powinny być dostosowane do eksploatacji w II lub III strefie zabrudzeniowej według PN-E-06303.

Przy doborze izolatorów do warunków zabrudzeniowych korzysta się z kryterium drogi upływu według normy PN-E-06303, załącznik E.

Nie wyklucza się korzystania z kryteriów podziału terenu na strefy zabrudzeniowe i zasad doboru izolatorów podanych w *Specyfikacji Technicznej* IEC/TS 60815-1 i IEC/TS 60815-3, jednak należy to uzgodnić między zamawiającym a dostawcą.

6.11. Oznakowanie (cechowanie)

Izolator powinien być trwale i czytelnie oznakowany wyróżnikiem oznaczenia, utworzonym zgodnie z zasadami podanymi w normie PN-EN 61466 (obydwa arkusze) lub PN-E-02051.

Oprócz wyróżnika oznaczenia zaleca się dodatkowo umieścić na izolatorze:

- nazwę lub znak wytwórcy
- datę wykonania (co najmniej dwie ostatnie cyfry roku produkcji i numer tygodnia w roku)
- kolejny numer izolatora.

Dopuszcza się umieszczanie innych danych według potrzeb, a także stosowanie wyróżnika według przyjętej praktyki producenta. W takim przypadku w dokumentacji technicznej należy podać przyjętą zasadę budowy oznaczenia izolatora, w tym również wyróżnika oznaczenia. Nieznormalizowane oznaczenia należy uzgadniać między zamawiającym a dostawcą.

6.12. Osprzęt ochronny

Łańcuchy izolatorów kompozytowych w liniach 400 kV należy wyposażać w osprzęt ochronny.

Za osprzęt ochronny należy uważać:

- osprzęt przeznaczony do zabezpieczenia izolatorów przed termicznym oddziaływaniem łuku elektrycznego, nazywany zwykle osprzętem łukochronnym

- osprzęt poprawiający rozkład pola elektrycznego wokół łańcucha izolatorów, a tym samym przeciwdziałający wyładowaniom ulotowym i zakłóceniom radioelektrycznym, nazywany zwykle osprzętem sterującym.

Zaleca się stosowanie pierścieni stalowych. Wymagania chropowatości powierzchni osprzętu ochronnego należy przyjmować jak dla okuć (p. 6.2.3. niniejszej *Specyfikacji*).

Dostawca izolatorów powinien przedstawić propozycje rodzaju i miejsca zamontowania osprzętu ochronnego. W celu oceny przez zamawiającego skuteczności zastosowanego osprzętu ochronnego zaleca się, aby dostawca izolatorów przeznaczonych do linii 400 kV dostarczył:

- rysunek konstrukcyjny izolatora z uwidocznionym sposobem mocowania osprzętu ochronnego względem okucia izolatora;
- wykresy rozkładu natężenia pola elektrycznego izolatora z zamocowanym osprzętem ochronnym (również bez osprzętu) w konfiguracji łańcucha, przeznaczonego do eksploatacji w linii 400 kV; zaleca się wykonać symulację, stosując program komputerowy 3D.

Dostawca powinien wykazać, że zostały spełnione następujące wymagania:

- maksymalne natężenie pola elektrycznego na czystym i suchym izolatorze, z zamontowanym osprzętem ochronnym, nie przekracza **4,5 kV/cm**;
- wartości natężenia pola elektrycznego na elementach łańcucha izolatorów nie przekraczają:

– na metalowych elementach łańcucha izolatorów	– 17 kV/cm
– na pniu izolatora	– 4,5 kV/cm
– na uszczelnieniu izolatora	– 3,5 kV/cm
– wewnątrz izolatora (powierzchnie graniczne)	– 30 kV/cm .

Spełnienie tych wymagań jest podstawą akceptacji proponowanego rozwiązania przez zamawiającego.

Osprzętu ochronnego w łańcuchu nie należy montować na okuciach izolatorów.

Pozostałe wymagania dla osprzętu ochronnego w łańcuchach kompozytowych izolatorów w linii 400 kV należy przyjąć zgodnie ze specyfikacją zamawiającego na osprzęt.

6.13. Ogólne wymagania dotyczące pakowania i transportu

Zalecane przez zamawiającego zasady pakowania, przechowywania i transportu kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV omówiono w załączniku nr 2. Oczekuje się, że producent (dostawca) potwierdzi przestrzeganie tych zasad, lub przedstawi do akceptacji zamawiającego stosowane przez niego metody alternatywne.

Niezależnie od tego producent (dostawca) powinien określić zakres swojej odpowiedzialności za dostarczenie izolatorów na wskazane przez zamawiającego miejsce.

7. Badania kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV

7.1. Postanowienia ogólne

Wymagane właściwości i parametry oferowanych izolatorów (znormalizowane i dodatkowe, określone przez PSE S.A. w niniejszej *Specyfikacji*), należy sprawdzać w odpowiednich badaniach. Protokoły badań konstrukcyjnych i badań typu należy dostarczyć zamawiającemu.

Na oferowany typ izolatorów dostawca powinien przedstawić certyfikat zgodności. Zaleca się, aby był on wydany przez jednostkę certyfikującą na podstawie wyników badań oraz aby zarówno jednostka certyfikująca jak i laboratorium, w którym wykonywano badania izolatorów, posiadały stosowną akredytację. W przeciwnym wypadku decyzja uznania certyfikatu należy do zamawiającego.

UWAGA – Uznaje się certyfikaty zgodności wydane przez jednostki certyfikujące krajów członkowskich Unii Europejskiej (również krajów spoza UE, z którymi zawarto stosowne porozumienia o wzajemnym uznawaniu) pod warunkiem, że podstawa opracowania certyfikatu jest znana i zgodna z oczekiwaniami zamawiającego (przede wszystkim dotyczy to rodzaju i zakresu badań, na podstawie których dokonano oceny zgodności).

7.2. Rodzaje badań

Zgodnie z normą PN-EN 61109 i PN-EN 62217 dla kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV należy uwzględnić następujące rodzaje badań:

- a) badania konstrukcyjne;
- b) badania typu;
- c) badania kontrolno-odbiorcze;
- d) badania wyrobu.

Program, zakres, kolejność wykonywania badań, liczbę izolatorów do prób oraz kryteria oceny wyników poszczególnych prób należy przyjmować według podanych norm i wymagań PSE S.A., opisanych w niniejszej *Specyfikacji*.

7.3. Zakres badań

7.3.1. Badania konstrukcyjne

Celem badań konstrukcyjnych jest sprawdzenie, czy konstrukcja, materiały i technologia produkcji są właściwe.

Do **badania konstrukcyjnych** kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV należy włączyć następujące próby i sprawdzenia:

- **ogłędziny**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie materiałów**
(według niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie wymiarów**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **próby powierzchni granicznych i połączeń okuć**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **próby materiału kloszy i osłony**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **próby materiału rdzenia**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **próby wytrzymałości okutego rdzenia w zależności od czasu**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109)
- **sprawdzenie mechanicznej wytrzymałości przy obciążeniu zmiennym**
(według niniejszej *Specyfikacji*).

7.3.2. Badania typu

Celem badań typu jest sprawdzenie podstawowych właściwości kompozytowego izolatora liniowego, które zależą głównie od jego kształtu i wymiarów oraz sprawdzenie właściwości mechanicznych rdzenia okutego. Badania typu należy wykonywać na izolatorach kompozytowych o sprawdzonej wcześniej konstrukcji, to znaczy izolatory o danej konstrukcji (danego typu) powinny przejść wcześniej badania konstrukcyjne z wynikiem dodatnim.

Do **badania typu** kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV należy włączyć następujące próby i sprawdzenia:

- **ogłędziny**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie materiałów**
(według niniejszej *Specyfikacji*);

- **sprawdzenie wymiarów**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie masy**
(według niniejszej *Specyfikacji*);
- **próbę napięciem wytrzymywanym udarowym piorunowym na sucho**
(według PN-EN 61109);
- **próbę napięciem wytrzymywanym udarowym łączeniowym, w deszczu**
(według PN-EN 61109);
- **sprawdzenie dopuszczalnej granicy uszkodzenia oraz szczelności między powierzchniami granicznymi okuć a osłoną izolatora**
(według PN-EN 61109);
- **pomiar poziomu emisji zakłóceń radioelektrycznych** – na żądanie
(według PN-EN 60437 oraz niniejszej *Specyfikacji*).
- **próbę odporności na łuk elektryczny** – na żądanie
(według PN-EN 61467 oraz niniejszej *Specyfikacji*).

7.3.3. Badania kontrolno-odbiorcze

Celem badań kontrolno-odbiorczych jest sprawdzenie tych właściwości kompozytowych izolatorów liniowych, które zależą od jakości produkcji i od zastosowanych materiałów. Wykonuje się je na izolatorach pobranych losowo z partii przedstawionej do odbioru. Zamawiający ma prawo wyboru próbek i obecności podczas tych badań.

Do **badania kontrolno-odbiorczych** kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV należy włączyć następujące próby i sprawdzenia.

- **ogłędziny**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie materiałów**
(według niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie wymiarów**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie masy**
(według niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie szczelności między powierzchniami granicznymi okuć a osłoną izolatora**
(według PN-EN 61109);
- **sprawdzenie wytrzymałości przy znamionowym obciążeniu mechanicznym *SML***
(według PN-EN 61109);

- **sprawdzenie okuć**
(według PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie zabezpieczenia antykorozyjnego**
(według PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*).

W przypadku, gdy pobrana próbka izolatorów nie spełniła wymagań w badaniach kontrolno-odbiorczych, należy przeprowadzić badania powtórne, zgodnie z postanowieniami PN-EN 61109.

7.3.4. Badania wyrobu

Celem badań wyrobu jest eliminowanie kompozytowych izolatorów liniowych z wadami produkcyjnymi. Należy je wykonywać na każdym wyprodukowanym izolatorze (badania stuprocentowe).

Do **badania wyrobu** kompozytowych izolatorów liniowych 400 kV należy włączyć następujące próby i sprawdzenia:

- **ogłędziny**
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **sprawdzenie wymiarów** – w uzgodnionym zakresie
(według PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz niniejszej *Specyfikacji*);
- **mechaniczną próbę wyrobu** probierczym obciążeniem rozciągającym
(według PN-EN 61109).

Na żądanie zamawiającego dostawca powinien przedstawić sprawozdanie z badań wyrobu oferowanej partii izolatorów.

7.4. Dodatkowe informacje na temat metod prób i sprawdzeń

7.4.1. Założenia ogólne

Próby i sprawdzenia znormalizowane opisano w przywołanych podstawowych normach z tego zakresu: PN-EN 62217 i PN-EN 61109 oraz w normach, które w nich przywołano. Poniżej podaje się więc tylko dodatkowe szczegóły niektórych prób znormalizowanych oraz opis prób dodatkowych, wymaganych według niniejszej *Specyfikacji*.

7.4.2. Ogłędziny

Ogłędziny polegają na sprawdzeniu nie uzbrojonym okiem, czy izolatory odpowiadają wymaganiom podanym w normach, dokumentacji technicznej lub niniejszej *Specyfikacji*.

Podczas oględzin w szczególności zaleca się sprawdzić:

- a) kompletność izolatora
- b) jakość polimerowej osłony i kloszy
- c) jakość wykonania okuć
- d) sposób i jakość montażu
- e) oznakowanie (cechowanie)

Należy przyjąć, że oględziny są pierwszą próbą podczas każdego rodzaju badań.

Ujemny wynik chociaż jednego z powyższych sprawdzeń może być przyczyną uznania wyniku całych oględzin za ujemny, a tym samym odrzucenia badanej partii izolatorów lub odstąpienia od odbioru.

7.4.3. Sprawdzenie materiałów

Sprawdzenie zastosowanych do wykonania izolatorów materiałów przeprowadza się na podstawie świadectw, atestów lub protokołów badań materiałowych, zwykle dostarczanych producentowi izolatorów przez producentów materiałów lub elementów izolatora (na przykład okuć).

Zaleca się, aby placówki wydające takie dokumenty posiadały certyfikowany system zarządzania jakością i akredytację na wykonywany zakres badań.

Dostawca powinien przedstawić zamawiającemu stosowne dokumenty podczas badań kontrolno-odbiorczych, a także opisać je w sprawozdaniu z badań konstrukcyjnych i typu. Zamawiający izolatory może te dokumenty uznać, albo – w razie pojawienia się jakichkolwiek wątpliwości lub w celu weryfikacyjnego sprawdzenia – przeprowadzić dodatkowe lub powtórne kontrolne badania materiałów.

Przedstawione w tych dokumentach wyniki badań należy oceniać pod kątem zgodności z wymaganiami i zaleceniami podanymi normach, w dokumentacji technicznej i niniejszej *Specyfikacji*.

Dodatni wynik sprawdzenia materiałów polimerowych stanowi podstawę do przeprowadzenia prób materiałów kloszy i osłony, natomiast dodatni wynik sprawdzenia materiału okuć uzasadnia celowość sprawdzenia ich zabezpieczenia antykorozyjnego oraz wszelkich prób mechanicznych kompletnych izolatorów.

Oprócz wymagań znormalizowanych właściwości zastosowanych na elementy izolatora materiałów powinny spełniać wymagania zamieszczone w p. 6.2.1., p. 6.2.2. i p. 6.2.3. niniejszej *Specyfikacji*.

7.4.4. Sprawdzenie masy

Sprawdzenie to zaleca się wykonywać w ramach badań typu i badań kontrolno-odbiorczych.

Masę izolatorów należy sprawdzać ważąc je pojedynczo z dokładnością, w zależności od gabarytów izolatora, od 0,2 kg do 0,4 kg. Masa izolatorów powinna być zgodna z podaną w dokumentacji technicznej. Zaleca się, aby masy izolatorów tego samego typu nie różniły się między sobą o więcej niż wskazano to w p. 6.4. niniejszej *Specyfikacji*.

7.4.5. Próby powierzchni granicznych i połączeń okuć

Próby te wykonuje się w ramach **badania konstrukcyjnych**. Izolatory należy przygotować do prób zgodnie ze wskazaniem PN-EN 62217 i oraz PN-EN 61109. Metody wykonywania prób zostały również opisane w tych normach.

W próbie napięciem udarowym o stromym czole, przeprowadzanej w ramach prób weryfikacyjnych w badaniach konstrukcyjnych, należy stosować udar napięciowy o stromości co najmniej 2 000 kV/ μ s.

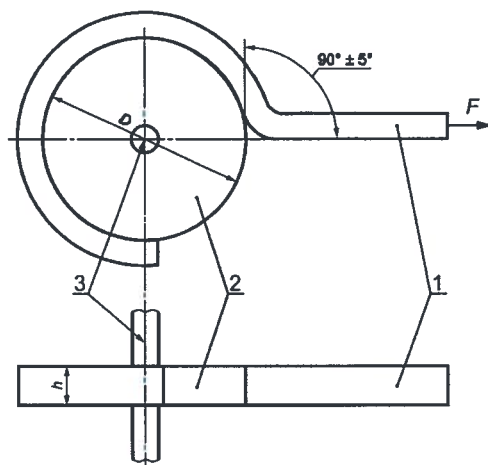
Po uzgodnieniu, poszczególne próby wchodzące w skład badań powierzchni granicznych i połączeń okuć metalowych można dodatkowo włączyć do zakresu innych badań.

Do prób powierzchni granicznych i połączeń okuć w badaniach konstrukcyjnych należy włączyć także sprawdzenie przyczepności polimerowej osłony do szkłoepoksydowego rdzenia lub do metalowego okucia (jeżeli producent zastosował nałożenie osłony na fragment zewnętrznej powierzchni okucia). Wynik sprawdzenia powinien być zgodny z wymaganiami wskazanymi w p. 6.3. niniejszej *Specyfikacji*.

UWAGA – Konieczność sprawdzenia przyczepności osłony do rdzenia może wynikać także podczas oględzin uszkodzonego izolatora po próbie wytrzymałości mechanicznej, jeżeli pojawią się wątpliwości co do prawidłowości połączenia *osłona-rdzeń*.

Sprawdzenie przyczepności należy wykonać na co najmniej pięciu próbkach (mogą być pobrane z izolatorów po próbie wytrzymałości mechanicznej). W przypadku, gdy istnieją przesłanki wadliwego wykonania konkretnego izolatora (np. stwierdzone podczas oględzin przed lub po próbie mechanicznej), dopuszcza się przeprowadzenie prób przyczepności osłony na jednym izolatorze w pięciu miejscach, w tym na jednym z okuć (jeżeli wynika to z technologii wykonania).

Sposób przeprowadzenia tej próby zilustrowano na rys. 7.1. (według rysunku JI.3. w informacyjnym załączniku JI do normy ГOCT P 52082-2003).



Rys. 7.1. Sprawdzenie przyczepności polimerowej osłony do szkłoepoksydowego rdzenia
(lub do zewnętrznej powierzchni okucia)

F – siła odrywania osłony
 h – szerokość odrywanego pasma osłony
 D – średnica szkłoepoksydowego rdzenia

1 – polimerowa osłona
 2 – szkłoepoksydowy rdzeń
 3 – oś obrotu

OPIS METODY SPRAWDZANIA PRZYCZEPNOŚCI OSŁONY na podstawie normy ГOCT P 52082-2003

Próbki (fragmenty pnia, czyli rdzenia z osłoną) należy wyciąć z różnych miejsc izolatora (izolatorów) wzdłuż jego wysokości. Grubość h każdej próbki powinna być równa $(10 \pm 0,5)$ mm.

Na każdej próbce należy zrobić poprzeczne przecięcie, aż do powierzchni szkłoepoksydowego rdzenia. Odrywanie (odspajanie) osłony od rdzenia przeprowadza się ręcznie, zaczynając od tego poprzecznego przecięcia i zapewniając jednocześnie trwałe mechaniczne uchwycenie „początku” odrywanego pasma osłony (patrz rys. 5.1.). Odrywanie osłony powinno się odbywać z możliwością pomiaru siły ciągnięcia z dokładnością nie gorszą niż $\pm 2,0$ N. Podczas sprawdzenia należy zapewnić możliwość płynnego i lekkiego (bez wyraźnych oporów) obracania się próbki wokół osi (w tym celu próbkę można na przykład przewiercić wzdłuż osi i wstawić w wywiercony otwór tulejkę z obrotowym sworzniem, który z kolei mocuje się w nieruchomym uchwycie, umożliwiającym obracanie się próbki wokół sworznia). Podczas odrywania (ciągnięcia) pasma osłony kąt między odrywaniem pasmem a rdzeniem powinien wynosić $(90 \pm 5)^\circ$. Próbkę prowadzi się aż do oderwania osłony na całym obwodzie rdzenia. Po próbie na każdej próbce należy zmierzyć rzeczywistą szerokość odrywanego (odspajanego) pasma osłony, z dokładnością nie gorszą niż $\pm 0,5$ mm. Przyczepność osłony do rdzenia określa się jako średnią wartość siły odrywania (siły ciągnięcia) w stosunku do rzeczywistej szerokości odrywanego pasma osłony – w [N/cm]. Jako wynik sprawdzenia należy przyjąć średnią wartość z wyników uzyskanych na każdej próbce.

7.4.6. Próby mechanicznej wytrzymałości przy obciążeniu statycznym

Metody tych prób są znormalizowane. Oględziny izolatora po próbie niszczącej mogą jednak ujawnić pewne nieprawidłowości technologiczne, na przykład słabą przyczepność osłony do rdzenia lub okucia. W takim przypadku zaleca się przeprowadzenie dodatkowych sprawdzeń według uzgodnionej metody, wynikającej z ujawnionej nieprawidłowości.

7.4.7. Sprawdzenie mechanicznej wytrzymałości przy obciążeniu zmiennym

Odporność na zmienne (cykliczne) obciążenia mechaniczne ma istotne znaczenie przy ocenie trwałości kompozytowych izolatorów wiszących do linii 400 kV. Uważa się więc za konieczne, aby dostawca (oferent) przedstawił wyniki zmęczeniowych prób izolatorów i ocenę ich długotrwałej wytrzymałości według jednego z proponowanych kryteriów. Wybór zastosowanego kryterium należy uzgodnić.

Próbkę mechanicznej wytrzymałości przy obciążeniu zmiennym zaleca się (patrz p. 7.3.1.) przeprowadzać w ramach badań konstrukcyjnych.

Ocenę izolatorów kompozytowych pod względem długotrwałej wytrzymałości przy obciążeniu zmiennym (cyklicznym) zaleca się dokonywać na podstawie analizy charakterystyki zmęczeniowej danego typu izolatora, którą korzystnie jest wyznaczyć jako zależność względnego obciążenia maksymalnego (F_{\max}/SML – zwykle w procentach) od liczby cykli (N) zmian obciążenia do zniszczenia izolatora:

$$F_{\max}/SML = f(N). \quad (7.1.)$$

Zależność tę najdokładniej odwzorowuje funkcja potęgowa, której wykresem w układzie współrzędnych w skali logarytmicznej jest linia prosta.

Podczas próby wytrzymałości izolatora przy obciążeniu cyklicznym przebieg rozciągającego obciążenia probierczego, przyłożonego do izolatora, powinien mieć postać funkcji harmoniczej

$$F(t) = F_m + F_a \sin \omega t, \quad (7.2.)$$

w której:

F_m – obciążenie średnie (średnia arytmetyczna obciążenia maksymalnego i minimalnego)

F_a – amplituda obciążenia

$\omega = 2\pi f$ – częstość zmian naprężenia, f – częstotliwość drgań,

którą umownie można zapisać w postaci uproszczonej, jako

$$F = (F_m \pm F_a). \quad (7.3.)$$

Przy wyznaczaniu charakterystyki zmęczeniowej należy przyjmować amplitudę obciążenia równą 25 % obciążenia średniego

$$F_a = 25 \% F_m. \quad (7.4.)$$

Dopuszcza się, aby próby zmęczeniowe wykonywać na modelach izolatorów, czyli okutych rdzeniach (mogą być bez osłony lub z osłoną „technologiczną”).

Modele powinny być wykonane według takiej samej technologii, szczególnie węzła montażowego, jak kompletne izolatory (ten sam rodzaj i średnica szkłoepoksydowego rdzenia oraz takie same okucia, jak w kompletnym izolatorze).

Modele mogą mieć mniejszą długość montażową, niż kompletny izolator do linii 400 kV (na przykład taką, jak izolator do linii 110 kV, czyli nie przekraczającą 1,5 m; nie zaleca się wykonywania modeli krótszych niż 1 m).

Mając wyznaczoną charakterystykę zmęczeniową danego typu izolatora – jej postać analityczną lub graficzną – można oszacować (obliczyć) po jakim czasie (przy założeniu ciągłego oddziaływania obciążeń cyklicznych) wytrzymałość izolatora obniży się do 1/3 *SML*. Czas ten nie powinien być mniejszy od oczekiwanej trwałości izolatora.

Kryterium główne

W ramach *kryterium głównego* wyznaczoną charakterystykę zmęczeniową należy porównać z umowną *charakterystyką graniczną*:

$$y(x) = 200 x^{-0,1}. \quad (7.5.)$$

gdzie:

y – obciążenie względne – F_{max}/SML – w procentach

x – liczba cykli zmian obciążenia.

Jeżeli charakterystyka zmęczeniowa (którą jednak trzeba znać lub wyznaczyć) przebiega powyżej krzywej granicznej w zakresie od 100 % *SML* do 1/3 *SML*, to izolator uznaje się za odpowiedni do pracy w warunkach obciążeń zmiennych.

UWAGA – Praktycznie wystarczy, gdy charakterystyka od $1,0 \times 10^6$ cykli przebiega powyżej charakterystyki granicznej, a jej kąt nachylenia do osi 0-x jest mniejszy niż charakterystyki granicznej.

Kryterium uproszczone

Kryterium uproszczone polega na przeprowadzeniu próby zmęczeniowej jednego izolatora (ewentualnie dwóch) danego typu przy następujących parametrach cyklicznego rozciągającego obciążenia probierczego:

- obciążenie maksymalne $F_{\max} = 60 \% SML$
- amplituda obciążenia $F_a = 25 \% F_m$
- częstotliwość obciążenia $f = 7 \text{ Hz}$.

Przykładowo, dla typowego kompozytowego izolatora liniowego do linii 400 kV o $SML = 210 \text{ kN}$, parametry tak określonego cyklicznego obciążenia probierczego będą wynosić:

- obciążenie maksymalne $F_{\max} = 126 \text{ kN}$
- amplituda obciążenia $F_a = 25,2 \text{ kN}$
- obciążenie średnie (składowa stała) $F_m = 100,8 \text{ kN}$.

Obciążenie to można w sposób uproszczony zapisać jako

$$F = (100,8 \pm 25,2) \text{ kN.} \quad (7.6.)$$

Stosując **kryterium uproszczone**, próbę należy prowadzić do osiągnięcia $1,0 \times 10^6$ cykli. Jeżeli izolator przejdzie taką próbę bez żadnych uszkodzeń, uznaje się go (dany typ) za odpowiedni do pracy w warunkach obciążeń zmiennych. Jeżeli zniszczenie izolatora nastąpi szybciej, należy przeprowadzić taką samą próbę (przy takich samych parametrach obciążenia) na jeszcze jednym izolatorze.

UWAGA – W przypadku, gdy pierwszy izolator ulegnie zniszczeniu przed osiągnięciem $1,0 \times 10^6$ cykli, celem próby drugiego izolatora jest także sprawdzenie rozrzutu wytrzymałości izolatorów przy obciążeniu cyklicznym. Stąd istotą kryterium uproszczonego jest prowadzenie próby do $1,0 \times 10^6$ cykli, mimo że na poziomie $60 \% SML$ już po około 200 tys. cykli „znajdujemy” się nad charakterystyką graniczną.

Jeżeli otrzymane punkty (wyniki prób dwóch izolatorów) będą się znajdowały powyżej charakterystyki granicznej, wówczas badany typ izolatora można uznać za przydatny do eksploatacji pod względem długotrwałej wytrzymałości przy obciążeniach cyklicznych. W przeciwnym wypadku, należy uznać, że izolatory nie spełniają przyjętego kryterium.

UWAGI

1. W przypadkach budzących wątpliwości (np. bardzo duży rozrzut wyników) rozstrzygające może być jednak dopiero wyznaczenie charakterystyki zmęczeniowej.
2. Jeżeli pierwszy badany izolator zerwie się na przykład po 100 tys. cykli, mija się z celem badanie drugiego izolatora, gdyż punkt ten leży poniżej charakterystyki granicznej.

7.4.8. Sprawdzenie przełamania rdzenia

Po każdej niszczącej próbie wytrzymałości mechanicznej kompozytowego izolatora wiszącego do linii 400 kV należy dokonać oględzin (sprawdzenia) miejsca i sposobu zniszczenia izolatora. W sprawozdaniu z badań należy podać informację o wynikach takich oględzin.

Podczas sprawdzania przełamania rdzenia i oględzin sposobu zniszczenia izolatora, szczególną uwagę zaleca się zwracać na:

- miejsce zniszczenia rdzenia (w okuciu, poza okuciem)
- sposób zniszczenia izolatora (tylko wysunięcie rdzenia z okucia, czy również rozwarstwienie rdzenia lub uszkodzenie okuć)
- przyczepność osłony do rdzenia
- położenie płaszczyzny zniszczenia (prostopadła do osi rdzenia, czy też pod możliwym do określenia kątem).

W przypadkach wskazujących na możliwe wady rdzenia, zaleca się wyciąć z rdzenia, prostopadle do jego osi, cienki krążek i poddać go obserwacji mikroskopowej. Pozwoli to – na przykład – na określenie grubości i gęstości włókien w matrycy żywicznej rdzenia oraz na zaobserwowanie ewentualnych mikropęknięć, powstałych wskutek przyłożenia obciążenia mechanicznego.

7.4.9. Sprawdzenie okuć

Sprawdzenie przeprowadza się w ramach **badania kontrolno-odbiorczych** zgodnie z wymaganiami podanymi w normie PN-EN 61109. Dodatkowo należy sprawdzić czy okucia spełniają inne wymagania podane w p. 6.2.3. niniejszej *Specyfikacji*.

7.4.10. Próba napięciem wytrzymywanym udarowym piorunowym na sucho

Próbie przeprowadza się metodami znormalizowanymi.

Należy także wyznaczyć rzeczywistą wartość udarowego napięcia wytrzymywanego i udarowego napięcia przeskoku, co należy ująć w sprawozdaniu z badań.

7.4.11. Próba napięciem wytrzymywanym udarowym łączeniowym w deszczu

Próbie przeprowadza się metodami znormalizowanymi.

Należy także wyznaczyć rzeczywistą wartość udarowego napięcia wytrzymywanego i udarowego napięcia przeskoku, co należy ująć w sprawozdaniu z badań.

7.4.12. Próba odporności na łuk elektryczny

W przypadku żądania przez zamawiającego wykonania próby odporności kompozytowego izolatora liniowego (jego elastomerowej osłony, kloszy i węzła montażowego) na działanie łuku elektrycznego należy przeprowadzić ją zgodnie z postanowieniami zawartymi w normie PN-EN 61467. Zaleca się także, aby przeprowadzać ją w ramach **badania typu**.

Przy ocenie wyników próby łukiem należy kierować się postanowieniami normy PN-EN 61467 oraz wymaganiami podanymi w p. 6.8. niniejszej *Specyfikacji*.

UWAGI

1. W normie PN-EN 61467, p. 10., omówiono ogólne zasady oceny wyników prób odporności łańcuchów izolatorów na działanie łuku elektrycznego.
2. Na podstawie zaleceń, podanych w normie PN-EN 61467, należy przyjąć, że w wyniku prób łukiem elektrycznym łańcucha izolatorów kompozytowych nie dopuszcza się:
 - uszkodzenia osłony, powodującego odsłonięcie rdzenia
 - uszkodzenia osłony, skutkującego utratą szczelności między makroskopowymi powierzchniami granicznymi izolatora (przede wszystkim w obszarze zaciskania rdzenia – na styku *rdzeń-osłona-okucie*)
 - uszkodzenia osłony, powodującego wyciek materiałów uszczelniających (w przypadku ich stosowania)
 - uszkodzenia elementów osprzętu ochronnego, skutkującego zmianą gradientu pola elektrycznego w przerwie izolacyjnej łańcucha (między rożkami), a w konsekwencji obniżeniem się elektrycznej wytrzymałości łańcucha, wzrostem wyładowań ulotowych i zakłóceń radioelektrycznych
 - obniżenia się wytrzymałości izolatora poniżej znamionowego obciążenia mechanicznego *SML* (obciążenie niszczące izolatora nie powinno być mniejsze od *SML*).

7.4.13. Pomiar poziomu emisji zakłóceń radioelektrycznych

Próbę wykonuje się w ramach **badania typu** wyłącznie na żądanie zamawiającego. W przypadku takiego żądania, pomiar poziomu emisji zakłóceń radioelektrycznych należy przeprowadzić według normy PN-EN 60437, kierując się wymaganiami podanymi w p. 6.9. niniejszej *Specyfikacji*.

UWAGA – Poziom zakłóceń radioelektrycznych określa się dla izolatora (łańcucha izolatorów) z osprzętem łukochronnym i sterującym, na łańcuchu wskazanym przez zamawiającego.

8. Dostarczane przez producenta (dostawcę) gwarantowane dane techniczne kompozytowych izolatorów do linii 400 kV oraz informacje dodatkowe

TABLICA 8.1. Informacje i dane techniczne dostarczane przez producenta

1.	Producent		
2.	Oznaczenie typu izolatora (wyróżnik oznaczenia)		
3.	Wymiary izolatora (wraz z tolerancjami)		
	3.1. Znamionowa długość montażowa izolatora ¹⁾		mm
	3.2. Znamionowa długość izolacyjna (odległość między krawędziami okuć) ^{1), 5)}		mm
	3.3. Znamionowa średnica klosza/kloszy ^{1), 2)}		mm
	3.4. Grubość klosza na obrzeżu/grubość klosza przy pniu ³⁾		mm
	3.5. Znamionowa średnica rdzenia ¹⁾		mm
	3.6. Znamionowa średnica pnia ¹⁾		mm
	3.7. Liczba kloszy małych/liczba kloszy dużych ²⁾		szt.
	3.8. Podziałka kloszowa		mm
4.	Odchyłki położenia i kształtu		
	4.1. Największe przesunięcie kątowe (skręcenie) okuć ¹⁾		°
5.	Znamionowa droga upływu (wraz z tolerancją) ^{1), 4), 5)}		mm
6.	Droga przeskoku na sucho ^{1), 5)}		mm
7.	Właściwości mechaniczne kompletnego izolatora		
	7.1. Znamionowe obciążenie mechaniczne (rozciągające) <i>SML</i> ¹⁾		kN
	7.2. Minimalne mechaniczne obciążenie niszczące (uzyskane w ostatnich badaniach typu)		kN
	7.3. Rozciągające obciążenie probiercze w badaniach wyrobu ¹⁾		kN
	7.4. Odporność na zmiany temperatury przy obciążeniu (należy stwierdzić spełnienie wymagań według p. 6.5.2.)		
	7.5. Odporność na zmienne rozciągające obciążenia mechaniczne (należy stwierdzić spełnienie jednego z kryteriów według p. 6.5.2. i p. 7.4.7.)		

TABLICA 8.1. c.d.

8.	Właściwości elektryczne				
	8.1. Znamionowe napięcie wytrzymałwane udarowe piorunowe na sucho ¹⁾			kV	
	8.2. 50-procentowe napięcie udarowe piorunowe na sucho biegunowości dodatniej			kV	
	8.3. 50-procentowe napięcie udarowe piorunowe na sucho biegunowości ujemnej			kV	
	8.4. Znamionowe napięcie wytrzymałwane przemienne o częstotliwości sieciowej, w deszczu (1-minutowe) ¹⁾			kV	
	8.5. Dopuszczalny poziom emisji zakłóceń radioelektrycznych (na kompletnym łańcuchu izolatorów w układzie odwzorowującym warunki eksploatacji)			wykonanie próby na żądanie zamawiającego	
	8.6. Odporność na działanie łuku elektrycznego (na łańcuchu izolatorów z osprzętem)			wykonanie próby na żądanie zamawiającego	
9.	Właściwości i parametry elementów izolatora				
	9.1. Okucia				
		typ okucia ¹⁾			
		materiał i sposób wykonania okucia			
		sposób łączenia okucia z rdzeniem			
		wymiary (rozmiar) ucha widlastego ¹⁾ (element złącza o ruchu nieograniczonym)			
		znamionowa mechaniczna wytrzymałość okucia na rozciąganie ^{1), 6)}			kN
		metoda zabezpieczenia antykorozyjnego okuć			
		minimalna grubość powłoki antykorozyjnej		w pojedynczym punkcie	μm
	średnia			μm	
	9.2. Rdzeń	średnica rdzenia ¹⁾			mm
		typ włókien szklanych			
		minimalna wytrzymałość włókien na rozciąganie			MPa
		materiał matrycy (materiał zespalający)			

TABLICA 8.1. c.d.

9. c.d.	9.3. Osłona i klosze (rodzaj materiału) ¹⁾	
	9.4. Materiał uszczelniający	
10.	Masa izolatora (wraz z tolerancją) ¹⁾	kg
11.	Rodzaj zastosowanego osprzętu ochronnego i ocena jego skuteczności (spełnienie wymagań według p. 6.12. i – po uzgodnieniu – p. 6.8. i p. 6.9.)	
12.	Normy stosowane w produkcji i w badaniach oferowanych izolatorów	
13.	Rysunek wymiarowy ⁷⁾	
14.	Certyfikat systemu zarządzania jakością produkcji ⁸⁾	
<p>UWAGI do TABLICY 8.1.</p> <p>1) Gwarantowane dane techniczne.</p> <p>2) Podanie jednej liczby oznacza zastosowania kloszy o jednakowym wysięgu (średnicy).</p> <p>3) Należy uwzględnić wszystkie rodzaje kloszy, zastosowanych w danym izolatorze.</p> <p>4) Dopuszcza się podawanie <i>minimalnej znamionowej drogi upływu</i> lub <i>minimalnej drogi upływu</i>.</p> <p>5) W przypadku nakładania osłony również na część okucia, należy w poprawny sposób dokonać pomiaru drogi upływu, drogi przeskoku i odstępu izolacyjnego (między widocznymi częściami okuć), uwzględniając definicje tych wielkości podane w normie PN-E-02051.</p> <p>6) Jako dodatkową informację należy podać także obciążenie niszczące (wartość średnia i odchylenie standardowe uzyskane w ostatnich badaniach kontrolno-odbiorczych okuć), naprężenie w przekroju wymiarującym okucia przy obciążeniu <i>SML</i> oraz obliczenia wytrzymałości zmęczeniowej okuć.</p> <p>7) Należy uzgodnić ewentualne dostarczenie rysunków wykonawczych lub rysunków przekrojów (np. węzła montażowego).</p> <p>8) Zaleca się, aby system zarządzania jakością był zgodny z PN-EN ISO 9001:2009 .</p>		

ZAŁĄCZNIK nr 1

ZALECENIA

**dotyczące pakowania, przechowywania i transportu
izolatorów kompozytowych do linii 400 kV**

Z1.1. Pakowanie

Z1.1.1. Zasady ogólne

W każdym przypadku pakowanie powinno chronić izolatory przed uszkodzeniami podczas załadunku, rozładunku i transportu.

Opakowania powinny ograniczać swobodę zmiany położenia izolatorów, uniemożliwiać wysunięcie się jakiegokolwiek części izolatora poza opakowanie i nie dopuszczać do stykania się izolatorów między sobą lub z metalowymi elementami opakowania (gwoździe, taśmy itp.). Zaleca się, aby opakowanie w każdym przypadku było przystosowane do mechanicznego załadunku i rozładunku.

Jeżeli osprzęt ochronny przygotowuje się do transportu razem z izolatorami, należy pakować go osobno.

Na każdym opakowaniu należy w sposób trwały podać co najmniej następujące dane:

- a) nazwę lub znak handlowy (logo) wytwórcy;
- b) wyróżnik oznaczenia izolatora;
- c) liczbę izolatorów w opakowaniu;
- d) masę brutto w kilogramach;
- e) napis "**ostrożnie**", co najmniej z dwóch stron.

Jest wskazane, aby na opakowaniu znajdował się adres miejsca przeznaczenia przesyłki. Inne szczegóły pakowania izolatorów należy uzgodnić między zamawiającym a dostawcą.

UWAGA – Jeżeli nie uzgodniono inaczej zaleca się, aby na opakowaniu z izolatorami podać dodatkowo:

- numer partii
- datę wysyłki i – jeżeli to możliwe – datę produkcji
- stwierdzenie poprawności pakowania z wymaganiami dokumentacji
- istotne informacje dodatkowe; na przykład „**składować w położeniu poziomym**”.

Z1.1.2. Zalecenia szczegółowe

Przygotowując kompozytowe izolatory liniowe do transportu lądowego zwykle wystarczy zabezpieczyć każdy z nich miękką folią i ułożyć na drewnianych, odpowiednio przygotowanych, paletach. Należy zwrócić uwagę, aby przenosząc pojedyncze izolatory na palety nie były one poddawane nadmiernemu zginaniu.

UWAGA – Każdy izolator można na przykład owinąć folią polietylenową z pęcherzykami powietrza.

Palety należy również owinąć folią w celu zabezpieczenia izolatorów przed uszkodzeniami mechanicznymi i zabrudzeniami. Palet z izolatorami nie należy spinać metalowymi taśmami.

Nie dopuszcza się układania palet w stosy bez stosowania odpowiednich rusztowań, tak aby izolatory nie były narażone na obciążenia mechaniczne.

Ze względu na długość kompozytowych izolatorów do linii 400 kV (ponad 3 m), a także elastyczność niektórych typów izolatorów, może się okazać bezpieczniejsze umieszczenie każdego z nich w rurze, na przykład z polichlorku winylu. Rurę z izolatorem zamyka się z obu stron odpowiednimi pokrywami, zapewniającymi stabilne położenie izolatora oraz umożliwiającymi wymianę powietrza.

Kompozytowe izolatory liniowe przeznaczone do transportu morskiego zaleca się tak pakować, aby zapewnić prostoliniowe ułożenie izolatorów, niezależne od położenia opakowania. Mogą to być odpowiednio przygotowane skrzynie lub wspomniane rury.

UWAGI

1. Przygotowanie izolatorów do transportu drogą morską może wymagać dodatkowego, czasowego (na czas transportu), zabezpieczenia antykorozyjnego okuć, mimo że mają one powłokę antykorozyjną.
2. Przy opakowaniach drewnianych należy sprawdzić, czy nie wymagają one (w zależności od kraju) spełnienia przepisów fitosanitarnych i odpowiednich dopuszczeń (na przykład Sanepidu).

Z1.2. Przechowywanie

Kompozytowe izolatory liniowe zaleca się przechowywać w opakowaniach (skrzyniach, paletach, rurach), w jakich dostarczono je na miejsce przechowywania. Miejsce to powinno być zadaszone, aby na opakowania z izolatorami nie oddziaływały opady atmosferyczne, a także zabezpieczone przed gryzoniami. Opakowania z izolatorami należy składować w sposób uniemożliwiający uszkodzenie zarówno samych opakowań, jak i izolatorów.

Nie zaleca się przechowywania izolatorów bez opakowań. Jeżeli świadomie zdecydowano się na wyjęcie izolatorów ze skrzyń dostawczych powinny pozostać co najmniej owinięte folią. Należy je wówczas przechowywać w położeniu wiszącym, zawieszane za górne okucia, tak aby nie oddziaływały na nie żadne obciążenia (momenty) zginające lub skręcające.

Przy przechowywaniu (magazynowaniu) izolatorów kompozytowych należy przestrzegać także następujących zasad:

- a) skrzynie z izolatorami powinny stać bezpośrednio na suchym podłożu w miejscu pozbawionym stojącej wody oraz substancji zanieczyszczających takich jak oleje i substancje ropopochodne;
- b) sposób przechowywania powinien zapewniać prostoliniowość izolatorów i brak oddziaływań sił zginających i skręcających;
- c) przed wyjęciem izolatorów ze skrzyń należy – po odbiciu wieka skrzyni – usunąć wszystkie gwoździe z boków skrzyni oraz kawałki uciętych taśm metalowych, a dopiero potem wyciągać izolatory;

- d) jeżeli izolatory zostały umieszczone w plastikowych rurach, można je układać w kilku warstwach w położeniu poziomym; liczba warstw zależy od wytrzymałości rury, która podczas składowania nie powinna się odkształcić;
- e) w każdym przypadku pomieszczenie, w którym magazynuje się izolatory, powinno mieć właściwą wentylację, zapobiegającą ewentualnemu wystąpieniu pleśni na izolatorach.

UWAGA – Konieczność zapewnienia wymiany powietrza podczas przechowywania odnosi się również do pojedynczych izolatorów, owiniętych folią lub umieszczonych w plastikowych rurach.

Z1.3. Transport

Z1.3.1. Zalecenia ogólne

Opakowania z izolatorami należy chronić w czasie transportu przed gwałtownymi wstrząsami, które mogą powodować tarcie powierzchni izolatorów o opakowanie. Opakowania, na których zaznaczono wymagane położenie, należy transportować w tym położeniu. W każdym przypadku załadunek i rozładunek izolatorów powinien odbywać się za pośrednictwem opakowania. Nie dopuszcza się bezpośredniego oddziaływania środków transportu (haki, liny lub inne zestawy transportowe) na izolator, gdyż grozi to jego trwałym uszkodzeniem.

W trakcie transportu na izolatorach nie należy umieszczać innych materiałów lub sprzętu. Zaleca się transportować izolatory w skrzyniach lub (po uzgodnieniu) w opakowaniach plastikowych o odpowiedniej wytrzymałości.

Nie należy transportować izolatorów luzem (rzuconych na skrzynię ciężarówki), związanych w pęczki lub przymocowanych łańcuchami bądź linami.

W wyjątkowych przypadkach gotowe do montażu izolatory (kompletne łańcuchy izolatorów, lecz z izolatorami owiniętymi folią) można przewozić na krótkie odległości. Skrzynia samochodu musi być wówczas wyłożona czystą plastikową folią lub brezentem, na których nie mogą się znajdować żadne dodatkowe elementy i zanieczyszczenia, mogące spowodować jakiegokolwiek uszkodzenie izolatora.

Należy zwrócić uwagę na elementy osprzętu ochronnego, zamontowane na obydwu końcach izolatorów, aby niewłaściwe ułożenie łańcucha nie spowodowało ich odkształcenia, ani też nie wywołało dodatkowych szkodliwych naprężeń w izolatorze.

Łańcuchów izolatorów nigdy nie należy układać jeden na drugim.

Inne szczegóły transportu izolatorów należy uzgodnić między zamawiającym a dostawcą.

Z1.3.2. Przyjmowanie przesyłki

Po przyjeździe na miejsce rozładunku należy sprawdzić stan skrzyń; jeżeli stwierdzono poważne ich uszkodzenia, należy koniecznie zweryfikować stan izolatorów i wyeliminować ewentualne uszkodzone sztuki.

Zaleca się przestrzegać następującego przebiegu przyjmowania przesyłki:

- a) sprawdzić, czy skrzynia nie jest uszkodzona;
- b) otwierać skrzynię tak, aby ostre narzędzia użyte do tego celu nie uszkodziły powierzchni izolatorów; należy usunąć lub wbić wszystkie wystające gwoździe, które mogłyby uszkodzić osłony izolatorów przy ich wyjmowaniu;
- c) zdejmując opaski, należy usunąć wszystkie gwoździe ze ścianek i wieka skrzyni;
- d) sprawdzić, czy typ dostarczonych izolatorów odpowiada zamówionemu i podanemu w liście przewozowym;
- e) sprawdzić wrywkowo (przez oględziny) stan izolatorów lub, w uzasadnionych przypadkach, zweryfikować w obecności dostawcy całą partię i odrzucić każdy uszkodzony izolator;
- f) jeżeli skrzynia była uszkodzona – natychmiast powiadomić dostawcę, a następnie:
 - przeprowadzić oględziny każdego izolatora w skrzyni w obecności przedstawiciela dostawcy i instytucji ubezpieczającej przesyłkę
 - odrzucić każdy izolator, na którym stwierdzono uszkodzenia osłony lub okucia i przekazać dostawcy.

UWAGA – Jeżeli izolatory nie były przeznaczone do bezpośredniego zainstalowania, po przyjęciu przesyłki należy je przekazać do miejsca składowania zgodnie z zaleceniami podanymi w p. Z1.2. (na przykład włożyć izolatory do ich oryginalnych skrzyń i ponownie zamknąć).

Z1.4. Zalecenia dotyczące montażu i instalowania

Po dostarczeniu izolatorów na miejsce montażu zaleca się ponownie sprawdzić stan skrzyń (opakowań). W przypadku wątpliwości należy powtórzyć czynności według p. Z1.3.2.

Po wyjęciu izolatora ze skrzyni należy przez oględziny dokładnie sprawdzić stan każdego z nich. Izolatory, wykazujące ślady uszkodzenia osłony (w postaci nacięć, otarć, częściowo odstłoniętego rdzenia, lokalnych naderwań osłony – zwłaszcza na rdzeniu, nakłuc, rozszczepień) lub okuć, należy natychmiast odrzucić. Po oględzinach zaleca się ponowne owinięcie izolatorów folią (lub umieszczenie w jednorazowych foliowych workach), ułożenie ich na rozłożonej na ziemi tkaninie lub folii i dopiero tak przygotowane – łączyć w łańcuchy. Folie należy ściągnąć z izolatorów dopiero po ostatecznym ich zainstalowaniu na słupach.

W szczególności podczas montażu i instalowania izolatorów na linii zaleca się:

- a) podnosić (przemieszczać) izolatory lub łańcuchy izolatorów w położeniu pionowym za pomocą liny zamocowanej do jednego z okuć, tak aby nie spowodować zginania izolatora; lina nie powinna mieć kontaktu z powierzchnią izolatora;

UWAGA – Dopuszcza się ostrożne podnoszenie izolatora rękami (najlepiej w czystych bawełnianych rękawiczkach) włożonymi pod klosz; w żadnym przypadku nie można tego wykonywać za pomocą liny związanej pod kloszem izolatora.

- b) sprawdzić po montażu łańcucha, czy izolator ma swobodę ruchu (wychyla się) w płaszczyźnie przegubu złącza widlastego;
- c) nie układać izolatorów jeden nad drugim (nawet w folii), aby nie stwarzać możliwości uszkodzenia osłony polimerowej jednego izolatora przez okucia drugiego;
- d) nie kłaść izolatorów bezpośrednio na gruncie; izolatory należy zabezpieczyć przed kontaktem z gruntem, przez wcześniejsze rozłożenie wystarczająco gładkiej płachty z tkaniny lub folii o odpowiedniej grubości i elastyczności;
- e) nie pozostawiać izolatorów w miejscach, w których mogą one zostać przejechane, nadeptane lub uderzone przez inne materiały lub sprzęt;
- f) uważać, aby pomosty, drabiny, narzędzia i bloczki stosowane podczas prac instalacyjnych nie uszkodziły osłon izolatorów kompozytowych;
- g) uważać, aby nie uszkodzić powierzchni izolatora ostrymi narzędziami;
- h) nie obciążać izolatora nadmiernymi siłami lub momentami zginającymi i skręcającymi;
- i) nie chodzić po izolatorach (nawet, gdy są owinięte folią) ani – po zainstalowaniu – nie wspinać się po nich;
- j) mocować liny do wciągania izolatorów na słup wyłącznie do okuć izolatora, natomiast nigdy do osłony izolatora (możliwość uszkodzenia osłony); liny nie mogą mieć kontaktu z silikonową powierzchnią izolatora;
- k) bezwzględnie odrzucić i usunąć z miejsca budowy izolatory kompozytowe, których uszkodzenia stwierdzono dopiero podczas montażu osprzętu.

UWAGI

1. Ze względu na możliwość utraty hydrofobowości, nie wydaje się uzasadnione czyszczenie izolatorów z drobnych zabrudzeń (błota, wazeliny, smaru), mogących powstać w trakcie prowadzenia prac montażowych.
2. Postępowanie z izolatorami uszkodzonymi (wadliwymi i nie nadającymi się do zainstalowania) – oczekuje się, że dostawca przedstawi sposób postępowania.

Uszkodzenia izolatorów mogą powstać także podczas naciągania przewodów (przemieszczanie się łańcuchów izolatorów). Dlatego przy wykonywaniu czynności związanych z naciąganiem przewodów zaleca się:

- nie używać żadnego sprzętu ani żadnej metody montażu, która mogłaby narazić izolatory na obciążenia skręcające lub zginające, lub spowodować uszkodzenie powierzchni izolatora
- do przewodu używać tak zwanych odprężaczy skrętu, umożliwiających obracanie się przewodu bez możliwości uszkodzenia izolatora obciążeniami skręcającymi lub zginającymi

- ostrożnie obchodzić się z przewodami, aby nie dopuścić do zapętlenia lub skręcenia się przewodu
- pod żadnym pozorem nie „odkręcać” skręconych wiązek przewodów, przez obracanie izolatora lub osprzętu łańcuchów
- sprzęt do naciągu umieszczać w bezpiecznej odległości od izolatorów
- izolatory kompozytowe unieruchomić w taki sposób, aby nie dopuścić do ich obracania się w trakcie regulacji ściągaczy śrubowych oraz aby siły skręcające nie przenosiły się na okucia izolatora
- ponownie sprawdzić, czy łańcuchy izolatorów mają swobodę wychylania się (w płaszczyźnie przegubu złącza widlastego) i czy podczas przeciągania przewodów przez rolki montażowe izolatory nie są poddawane obciążeniom zginającym.

ZAŁĄCZNIK nr 2

**Dodatkowe dokumenty normatywne
przydatne przy stosowaniu niniejszej *Specyfikacji***

Z2.1. Polskie Normy

PN-EN 60060-1:2011E

Wysokonapięciowa technika probiercza – Część 1. Ogólne definicje i wymagania probiercze

[IDT; IEC 60060-1:2010 (EN 60060-1:2010) *High-voltage test techniques – Part 1: General definitions, and test requirements*]

PN-EN 60071-1:2008P + A1:2010E

Koordinacja izolacji – Definicje, zasady i reguły

[IDT; IEC 60071-1:2006+A1:2010 (EN 60071-1:2006+A1:2010) *Insulation co-ordination – Part 1: Definitions, principles and rules*]

PN-EN 60071-2:2000P

Koordinacja izolacji – Przewodnik stosowania

[IDT; IEC 60071-2:1996 (EN 60071-2:1997) *Insulation co-ordination – Part 2: Application guide*]

PN-EN 60437:2007P

Badania zakłóceń radioelektrycznych emitowanych przez izolatory wysokonapięciowe

[IDT; IEC 60437:1997 (EN 60437:1997) *Radio interference test on high-voltage insulators*]

PN-EN 60695-11-10:2014E

Badanie zagrożenia ogniowego – Część 11-10. Płomienie probiercze – Metody badania płomieniem probierczym 50 W przy poziomym i pionowym ustawieniu próbki

[IDT; IEC 60695-11-10:2013 (EN 60695-11-10:2013) *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*]

PN-EN 61109:2010P

Izolatory do linii napowietrznych – Kompozytowe izolatory wiszące do sieci prądu przemiennego o znamionowym napięciu powyżej 1 000 V – Definicje metody badań i kryteria oceny

[IDT; IEC 61109:2008 (EN 61109:2008) *Insulators for overhead lines – Composite suspension and tension insulators for a.c. systems with a nominal voltage greater than 1 000 V – Definitions, test methods and acceptance criteria*]

PN-EN 61284:2002P

Elektroenergetyczne linie napowietrzne – Wymagania i badania dotyczące osprzętu

[IDT; IEC 61284:1997 (EN 61284:1997) *Overhead lines - Requirements and tests for fittings*]

PN-EN 61466-1:1999P

Izolatory kompozytowe wiszące do linii napowietrznych o znamionowym napięciu powyżej 1 000 V - Znormalizowane klasy wytrzymałości i rodzaje złączy

[IDT; IEC 61466-1:1997 (EN 61466-1:1997) *Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 kV – Part 1: Standard strength classes and end fittings*]

PN-EN 61466-2:2002P

Izolatory kompozytowe wiszące do linii napowietrznych o znamionowym napięciu powyżej 1 000 V – Część 2: Wymiary i właściwości elektryczne

[IDT; IEC 61466-2:1998+A1:2002 (EN 61466-2:1998+A1:2002) *Composite string insulator units for overhead lines with a nominal voltage greater than 1 kV – Part 2: Dimensional and electrical characteristics*]

PN-EN 61467:2012P

Izolatory do linii napowietrznych – Łańcuchy izolatorów z osprzętem i bez osprzętu do linii prądu przemiennego o znamionowym napięciu powyżej 1 000 V – Badania łukiem elektrycznym prądu przemiennego

[IDT; IEC 61467:2008 (EN 61467:2008) *Insulators for overhead lines – Insulator strings and sets for lines with a nominal voltage greater than 1 000 V – AC power arc tests*]

PN-EN 62217:2013E

Wnętrzowe i napowietrzne wysokonapięciowe izolatory polimerowe – Ogólne definicje, metody badań i kryteria oceny wyników

[IDT; IEC 62217:2012 (EN 62217:2013) *Polymeric HV insulators for indoor and outdoor use – General definitions, test methods and acceptance criteria*]

PN-EN ISO 4892-1:2001P

Tworzywa sztuczne – Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła – Część 1. Zasady ogólne

[IDT; ISO 4892-1:1999 (EN ISO 4892-1:2000) *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 1: General Guidance*]

PN-EN ISO 4892-2:2013E

Tworzywa sztuczne – Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła – Część 2. Lampy ksenonowe łukowe

[IDT; ISO 4892-2:2013 (EN ISO 4892-2:2013) *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 2: Xenon-arc sources*]

PN-EN ISO 4892-3:2013E

Tworzywa sztuczne – Metody ekspozycji na laboratoryjne źródła światła – Część 3. Lampy fluorescencyjne UV

[IDT; ISO 4892-3:2013 (EN ISO 4892-3:2013) *Plastics – Methods of exposure to laboratory light sources – Part 3: Fluorescent UV lamps*]

PN-EN ISO 9001:2009P + AC:2009P

Systemy zarządzania jakością – Wymagania

[IDT; ISO 9001:2008 + Cor1:2009 (EN ISO 9001:2008 + Cor.1) *Quality management systems – Requirements*]

PN-EN ISO 14001:2005P + AC:2009P

Systemy zarządzania środowiskowego – Wymagania i wytyczne stosowania

[IDT; ISO 14001:2008+Cor1:2009 (EN ISO 14001:2008+AC:2009) *Environmental management systems – Requirements with guidance for use*]

PN-EN ISO/IEC 17050-1:2010P

Ocena zgodności – Deklaracja zgodności składana przez dostawcę – Część 1. Wymagania ogólne

[IDT; ISO/IEC 17050-1:2004 (EN ISO/IEC 17050-1:2010) *Conformity assessment – Supplier's declaration of conformity – Part 1: General requirements*]

PN-IEC 60471:2006P

Wymiary złączy widlasto-uchatych w ogniwach łańcucha izolatorów

[IDT; IEC 60471:1977+A1:1980 *Dimensions of clevis and tongue coupling of string insulator units*]

PN-E-02051:2002P

Izolatory elektroenergetyczne – Terminologia, klasyfikacja i oznaczenia

[jednostronnie dostosowana do IEC 60050-471:1984 *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 471: Insulators*]

UWAGA – Norma terminologiczna IEC 60050-471:1984 została zastąpiona jej kolejną wersją z 2007 r. Jednak z uwagi na sposób opracowania, norma PN-E-02051 jest nadal aktualna.

PN-E-06303:1998P

Narażenie zabrudzeniowe izolacji napowietrznej i dobór izolatorów do warunków zabrudzeniowych

Z2.2. Międzynarodowe dokumenty normatywne

IEC 60050-471:2007

International Electrotechnical Vocabulary – Part 471: Insulators

UWAGA – Norma zastępuje jej poprzednią wersję z 1984 r. Nie została przyjęta przez CENELEC, gdyż wprowadzono tam IEC 62223:2009, jako EN 62223:2009. Nie ma także polskiego odpowiednika. W Polsce ten obszar zagadnień obejmuje własna norma PN-E-02051 i PN-EN 62223:2009E.

IEC 62223:2009

Insulators – Glossary and definitions

UWAGA – Norma została przyjęta przez CENELEC jako EN 62223:2009, a także wprowadzono ją w Polsce w języku oryginału, jako PN-EN 62223:2009E.

IEC/TS 60815-1:2008

Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 1: Definitions, information and general principles

IEC/TS 60815-2:2008

Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions – Part 2: Ceramic and glass insulators for a.c. systems

UWAGI

1. Dokument IEC/TS 60815-1:2008 wraz z dokumentem IEC/TS 60815-2:2008 (w randze *Specyfikacji Technicznej – TS*) zastąpiły dotychczasową publikację IEC/TR 60815:1986 (w randze *Raportu Technicznego – TR*), dotyczącą tych zagadnień.
2. Po opublikowaniu IEC/TS 60815-1:2008 i IEC/TS 60815-2:2008, należało wycofać istniejącą w Polsce normę PN-IEC 60815:1998 *Wytyczne doboru izolatorów do warunków zabrudzeniowych* (dotyczącą izolatorów ceramicznych i szklanych), która była polskim odpowiednikiem *Raportu Technicznego* IEC/TR 60815:1986. Normę tę wycofano w listopadzie 2011 r.
3. *Specyfikacje Techniczne* IEC/TS 60815-1:2008 i IEC/TS 60815-2:2008, jako nie mające statusu normy, nie zostały przyjęte przez Europejską Organizację Normalizacyjną – CENELEC, a tym samym nie mogły zostać wprowadzone jako Polskie Normy. Są one jednak jedynym dokumentem o zasięgu międzynarodowym (stosowanym również w państwach europejskich), który dotyczy zagadnień doboru izolatorów do warunków zabrudzeniowych.

IEC/TS 60815-3:2008

*Selection and dimensioning of high-voltage insulators intended for use in polluted conditions
– Part 3: Polymer insulators for a.c. systems*

UWAGA – W zbiorze Polskich Norm nie ma osobnego dokumentu obejmującego dobór izolatorów kompozytowych do warunków zabrudzeniowych. Zasady doboru izolatorów kompozytowych – w formie kryterium minimalnej jednostkowej drogi upływu – zostały podane dla informacji w normie PN-E-06303.

IEC/TR 62039:2007

Selection guide for polymeric materials for outdoor use under HV stress

IEC/TS 62073:2003

Guidance on the measurement of wettability of insulator surfaces

IEC/TR 62662:2010

Guidance for production, testing and diagnostics of polymer insulators with respect to brittle fracture of core materials

IEC/TR 62730:2012

HV polymeric insulators for indoor and outdoor use tracking and erosion testing by wheel test and 5 000 h test

UWAGA – Dokument ten opracowano w związku z nowelizacją normy IEC 62217:2005 i zastąpieniem jej nową wersją, czyli IEC 62217:2012. W tej znowelizowanej normie nie uwzględniono niektórych prób, ujętych w jej poprzedniej wersji, lecz przeniesiono je właśnie do tego nowego dokumentu tj. IEC/TR 62730:2012.

IEC-CISPR/TR 18-2:2010

*Radio interference characteristics of overhead power lines and high-voltage equipment,
Part 2: Methods of measurement and procedure for determining limits*

Z2.3. Zagraniczne dokumenty normatywne

ГОСТ Р 52082–2003

Изоляторы полимерные опорные наружной установки на напряжение 6-220 кВ - Общие технические требования