
Standaryzacja w liniach elektroenergetycznych NN – rola, korzyści, przykłady

dr inż. Krzysztof Lenarczyk

Departament Standardów Technicznych | Wydział Techniki Liniowej

8 października 2025 r.

www.pse.pl

| Agenda

1. Wstęp
2. Proces standaryzacji w PSE S.A.
3. Przedstawianie na wybranych przykładach standaryzacji wymagań i rozwiązań w PSE:
 - projekty słupów,
 - uziemienia,
 - projekty konstrukcji przewodów odgromowych typu OPGW,
 - projekt konstrukcji przewodu fazowego do linii 400 kV.

| Wstęp

Główne korzyści ze standaryzacji:

1. **Zapewnienie jakości:** dzięki stosowaniu standardów, produkty oraz usługi są projektowane i produkowane zgodnie z określonymi wymaganiami jakościowymi. Standaryzacja pozwala na eliminację wad, błędów i niezgodności, co zwiększa niezawodność, trwałość i zmniejsza ryzyko awarii
2. **Zmniejszenie różnorodności produktów**
3. **Optymalizacja magazynowania i logistyki**
4. **Zwiększenie elastyczności i uniwersalności**
5. **Łatwiejsza eksploatacja i usuwanie awarii**
6. **Ułatwienie szkoleń i rozwoju pracowników**

Wstęp

1. Główne obszary ustandaryzowane w zakresie linii NN w PSE S.A.:

- linie napowietrzne
- linie kablowe

Wszystkie standardowe specyfikacje techniczne dostępne są na stronie PSE:

<https://www.pse.pl/dokumenty>

	Załącznik 01. Linia napowietrzna 400 kV - Słupy	483 KB	24-01-2023
	Załącznik 02. Linia napowietrzna 400 kV - Fundamenty	558 KB	24-01-2023
	Załącznik 03. Linia napowietrzna 400 kV – Uziemienia linii napowietrznych	695 KB	05-08-2025
	Załącznik 04. Linia napowietrzna 400 kV – Przewód fazowy	883 KB	24-01-2023
	Załącznik 05. Linia napowietrzna 400 kV - Przewody odgromowe stalowo-aluminiowe	1104 KB	12-02-2021
	Załącznik 06. Linia napowietrzna 400 kV - Przewód OPGW	1219 KB	08-02-2021

▼ Standardy sieci przesyłowej	☐
WYKAZ STANDARDÓW	☐
> STACJE ELEKTROENERGETYCZNE	☐
▼ LINIE ELEKTROENERGETYCZNE	☐
▼ Linie napowietrzne	☐
▼ Nowe linie napowietrzne	☐
Linia napowietrzna 400kV nowobudowana	☐
Archiwum	☐
> Istniejące linie napowietrzne	☐
> Wspólne	☐
> Linie kablowe	☐

| Proces aktualizacji/opracowania SST w PSE

1. Standardowe specyfikacje techniczne podlegają cyklicznym przeglądom – nie rzadziej niż 5 lat.
2. Niezależnie od okresu 5 letniego, na bieżąco monitorowane są zmiany norm oraz otoczenia wraz z analizą potrzeby zmian w specyfikacjach.
3. W ramach aktualizacji lub opracowywania nowych specyfikacji uwzględniane są wymagania norm oraz dokumentów międzynarodowych i krajowych: IEC, PN-EN, broszury techniczne Cigre, IEEE jak również doświadczenia.
4. Jednym z etapów w procesie są przeprowadzane konsultacje zewnętrzne (tzw. konsultacje z rynkiem).

Informacje o rozpoczęciu konsultacji ogłaszane są na stronie internetowej PSE:

<https://www.pse.pl/konsultacje-aktywne>

Opiniowanie Standardowej Specyfikacji Technicznej „Załącznik 9 Oznakowanie linii”

Wprowadzenie

W związku z opracowaniem przez Departament Standardów Technicznych projektu aktualizacji Standardowej Specyfikacji Technicznej pt. „Załącznik 9 Oznakowanie linii” zwracamy się do wszystkich zainteresowanych o zapoznanie się z tym projektem i zgłaszanie ewentualnych uwag do jego treści.

Opis konsultacji

Udział w procesie opiniowania należy zgłaszać pod adres e-mail: standard@pse.pl poprzez nadesłanie własnoręcznie podpisanej Klauzuli poufności, która zobowiązuje recenzenta do nieupubliczniania otrzymanych dokumentów i informacji.

W odpowiedzi zostanie przesłana do Państwa opracowana Standardowa Specyfikacja Techniczna wraz z Kartą uwag. Uzupełnioną Kartę uwag prosimy przesłać najpóźniej do dnia 11 kwietnia 2025 r. na wskazany powyżej adres e-mail.

Nadesłane w terminie uwagi zostaną przedstawione na Komitecie Standaryzacji PSE S.A. celem podjęcia decyzji o ich wprowadzeniu lub odrzuceniu.

Dane kontaktowe

standard@pse.pl

| Proces aktualizacji/opracowania SST w PSE

Nowe oraz zaktualizowane SST podlegają akceptacji przez Komitet Standaryzacji w PSE.

Po zatwierdzeniu specyfikacji na stronie internetowej ogłaszana jest informacja o spotkaniu, na którym zostaną zaprezentowane wprowadzone zmiany w SST.

Prezentacja zmian w Standardowych Specyfikacjach Technicznych w zakresie linii NN

Wprowadzenie

W związku z aktualizacją przez PSE S.A. Specyfikacji Technicznej zapraszamy wszystkich zainteresowanych do udziału w prezentacji niżej wymienionego standardu:

Opis konsultacji

Uziemienia linii napowietrznych (nr kodowy: **PSE-TS.UZIEM.LN.PL/2025v1**).

Termin prezentacji w formie online **05.09.2025** w godzinach **12.00-13.00**.

Chęć wzięcia udziału w prezentacji prosimy zgłaszać na adres e-mail: standard@pse.pl.

Dane kontaktowe

standard@pse.pl

| Proces aktualizacji/opracowania SST w PSE

W każdej specyfikacji technicznej określony jest przedmiot i zakres, wymagane parametry i właściwości oraz zawarty jest wykaz norm powołanych. Określone są wymagania w zakresie badań: typu, kontrolno-odbiorczych i wyrobu, oraz wymagania w zakresie zapewnienia jakości i tabele danych gwarantowanych do uzupełnienia przez oferenta.

Zakres badań typu ukierunkowany jest co do zasady aby był jednolity z wymaganiami norm.

Przykład: wykaz badań typu przewodów OPGW

Lp.	Badanie	Norma i metoda badania
1	Sprawdzenie zachowania się ośrodka optycznego podczas rozciągania przewodu (tensile performance test)	PN-EN 60794-1-21, p. 3 – metoda E1
2	Sprawdzenie zachowania się przewodu w warunkach obciążenia siłą rozciągającą (stress-strain test)	PN-EN 50182, p. 6.4.7 – Aneks C
3	Sprawdzenie siły zrywającej przewód (breaking strength test)	PN-EN 50182, p. 6.4.8
4	Próba przewijania przewodu (sheave test)	PN-EN 60794-1-21, p. 23 – metoda E18B
5	Badanie odporności na drgania eolskie (aeolian vibration test)	PN-EN 60794-1-21, p. 24 – metoda E19
6	Badanie pełzania przewodu (creep test)	PN-EN 61395
7	Badanie odporności na taniec przewodu (galloping test)	PN-EN 60794-1-21, p. 31 – metoda E26
8	Badanie odporności na cykliczne zmiany temperatury (temperature cycling test)	PN-EN 60794-1-22, p. 4 – metoda F1
9	Badanie wodoszczelności wzdłużnej (longitudinal water penetration test)	PN-EN 60794-1-22, p. 5 – metoda F5B
10	Badanie odporności na prądy zwarciovowe (short circuit test)	PN-EN 60794-1-24, p. 3 – metoda H1
11	Badanie odporności na wyładowania atmosferyczne (lightning test)	PN-EN 60794-1-24, p. 4 – metoda H2

| SST w zakresie linii napowietrznych NN

W obszarze standaryzacji linii napowietrznych wyróżniamy specyfikacje dot. nowych linii oraz modernizowanych linii.

Podstawową specyfikacją dla nowych linii 400 kV jest SST pt. „Linia napowietrzna 400 kV” wraz załącznikami: Załącznik 1 „Słupy”, Załącznik 2 „Fundamenty”, Załącznik 3 „Uziemienie”, Załącznik 4 „Przewód fazowy”, Załącznik 5 „Przewody odgromowe stalowo-aluminiowe”, Załącznik 6 „Przewód OPGW”, Załącznik 7a „Ceramiczne izolatory długopniowe”, Załącznik 7b „Szkłane izolatory kołpakowe”, Załącznik 8 „Osprzęt”, Załącznik 9 „Oznakowanie linii”, Załącznik 10 „Oznakowanie przeszkodowe”

Mamy ustandaryzowane grupy przewodów typu: ACSS, AFL, AFLs, AAL, AAFL.

Opracowaliśmy projekty typowych konstrukcji przewodów OPGW

Ponadto jest też część wspólnych specyfikacji dla nowych i istniejących linii:

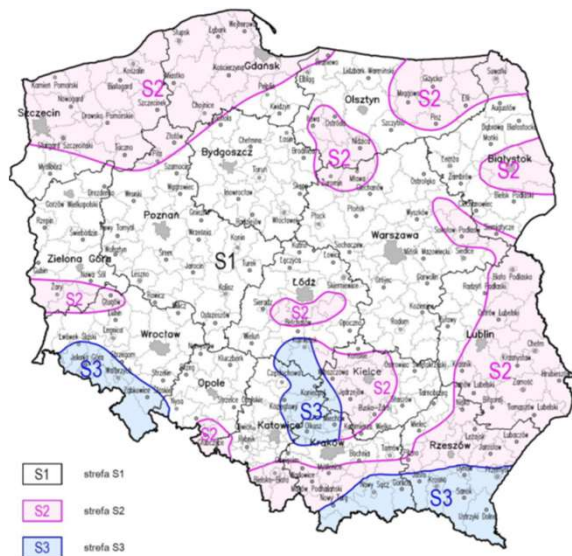
- Standard profilu podłużnego oraz wykazu montażowego napowietrznej linii elektroenergetycznej NN
- Wymagania dla szerokości standardowych pasów technologicznych napowietrznych linii 220 kV i 400 kV
- Wymagania odnośnie zakresu i metodyki pomiarów parametrów elektrycznych linii elektroenergetycznych NN
- Wymagania techniczne PSE S.A. dotyczące zabezpieczeń antykorozyjnych konstrukcji stalowych i stalowych ocynkowanych
- Instrukcja wykonywania napraw oraz ochrony powierzchniowej fundamentów konstrukcji wsporczych elektroenergetycznych linii najwyższych napięć
- Badanie uziemień odgromowych słupów oraz skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w napowietrznych liniach elektroenergetycznych NN

| Standardowe projekty słupów do linii NN

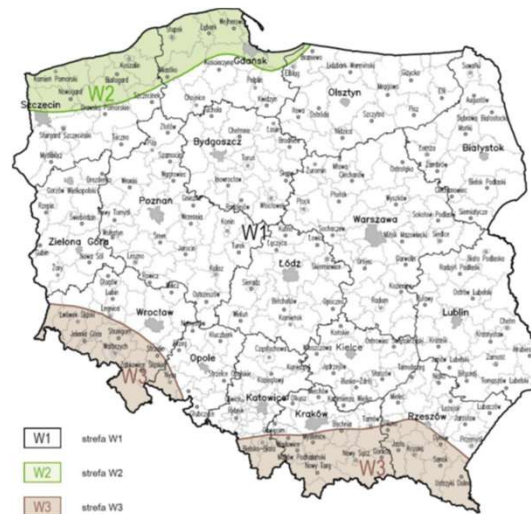
Opracowaliśmy standardowe projekty słupów do linii dwutorowych 400 kV, dla strefy klimatycznych: S1W1, S2W2, S2W1, S3W3.

Obecnie trwają prace projektowe nad opracowaniem kolejnych typowych konstrukcji słupów 220 kV:

- jednotorowe do strefy S1W1
- dwutorowe do strefy S2W2



Mapa stref obciążenia oblodzeniem



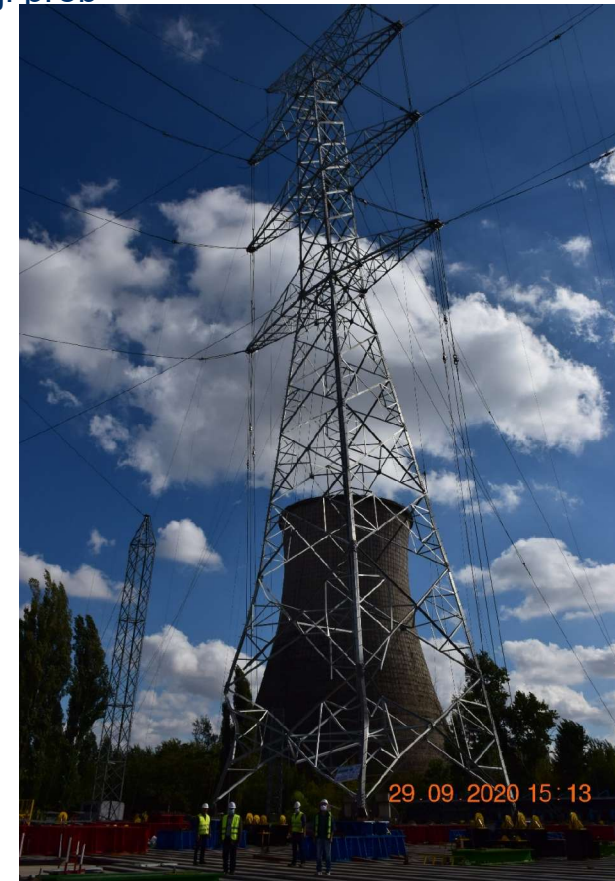
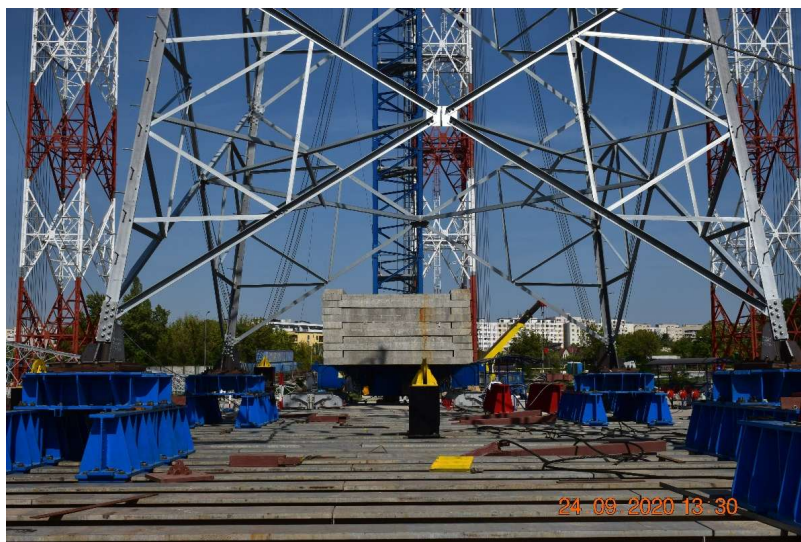
Mapa stref obciążenia wiatrem

Standardowa seria dwutorowych 400 kV do S1W1

Typ słupa	Symbol	Kąt załomu [°]	Długość przęsła wiatrowego [m]	Typ słupa	Symbol	Kąt załomu [°]	Długość przęsła wiatrowego [m]
Przelotowy	P	180 - 178	450	Przelotowy nadleśny	PNL	180 - 178	400
	Pk	180 - 178	400		Mocne nadleśne	M1NL	180 - 170
	PL	180 - 178	450	M3NL		170 - 150	400
Mocny	M1	180 - 170	450	M6NL		150 - 120	400
	M3	170 - 150		Narożny	N5	180 - 175	450
	M6	150 - 120			Przelotowy dłuższe przęsła	Pm	180 - 178
	K	70 - 90		Przelotowy przekroczenio- wy		PP700	180 - 178
		PP900	180 - 178		900		

| Standardowe słupy – badania obciążeniowe

W ramach procesu projektowego wykonane zostały próby obciążeniowe na stacji prób



| Uziemienia linii

Wymagania w zakresie projektowania i wykonania układów uziemiających słupów linii elektroenergetycznych 110 kV, 220 kV oraz 400 kV ujęte są w Standardowej Specyfikacji Technicznej.

Podstawy normalizacyjne:

- PN-EN 50341 -1: 2013-03 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV – Część 1: Wymagania ogólne – Specyfikacje wspólne
- PN-EN 50341-2-22:2022-06 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV – Część 2-22: Krajowe Warunki Normatywne (NNA) dla Polski
- PN-EN 62561-1 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 1: Wymagania dotyczące elementów połączeniowych
- PN-EN IEC 62561-2 Elementy urządzenia piorunochronnego (LPSC) – Część 2: Wymagania dotyczące przewodów i uziomów
- PN-EN 62305-3 Ochrona odgromowa – Część 3: Uszkodzenia fizyczne obiektów i zagrożenie życia

| Wymagania ogólne do uziemień w liniach NN

Każdy słup linii powinien być wyposażony w układ uziemiający. W skład układu uziemiającego wchodzi:

- uziomy poziome lub uziomy poziome i pionowe,
- przewody uziemiające,
- zaciski kontrolne.

Układ uziemiający powinien być dobrany do warunków zwarciovych występujących w linii elektroenergetycznej, lokalnych warunków gruntowych (w tym zmierzonej wartości rezystywności gruntu lub określonej wg pkt. H.2.1 normy PN-EN 50341-1: 2013-03, przy czym należy wtedy przyjąć maksymalną wartość rezystywności dla danego typu gruntu wg tablicy H.1). W dokumentacji projektowej linii nowobudowanych, należy przedstawić sposób doboru (wraz z obliczeniami) układu uziemiającego dla poszczególnych stanowisk słupów.

Wartość rezystancji uziemienia słupa nowobudowanej linii elektroenergetycznej 220 kV i 400 kV nie powinna być większa niż 15 Ω , mierzona zgodnie z Standardową Specyfikacją Techniczną „Badanie uziemień odgromowych słupów oraz skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w napowietrznych liniach elektroenergetycznych NN”:

- Pomiar rezystancji należy wykonać w okresie od 1 kwietnia do 31 października.
- Dopuszcza się wykonanie pomiarów w innym terminie. Jednak w takim przypadku wymagane jest wykonanie pomiarów weryfikacyjnych w najbliższym okresie, o którym mowa powyżej.
- Nie należy wykonywać pomiarów rezystancji słupów przy gruncie silnie nasyconym wodą (po roztopach śniegu oraz przez trzy dni po długotrwałych lub intensywnych opadach deszczu) oraz w przypadku występowania zmarzliny w gruncie.

Budowa układów uziemiających słupów linii NN

Układy uziemiające powinny być wykonywane, jako uziomy poziome lub uziomy poziome i pionowe, dzięki połączeniom w gruncie wszystkich elementów poziomych i pionowych.

W przypadku stalowych słupów kratowych przewody uziemiające należy przyłączyć do każdej nogi słupa. Przewody uziemiające należy prowadzić po wewnętrznej stronie fundamentu i konstrukcji słupa oraz odpowiednio wyprofilować.

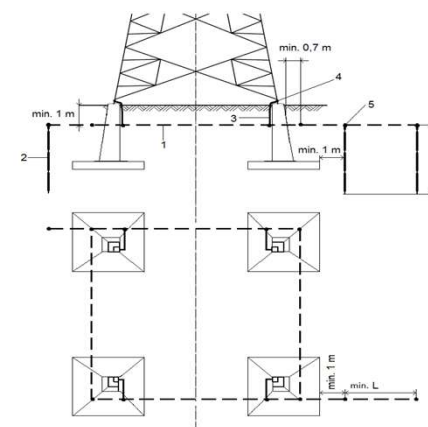
Elementy układu uziemiającego:

- uziomy pionowe powinny być wykonane z prętów miedzianych lub stalowych pomiedziowanych,
- uziomy poziome (otokowe) powinny być wykonane z taśmy (bednarki) miedzianej lub stalowej pomiedziowanej,
- przewody uziemiające powinny być wykonane z miedzi lub stali pomiedziowanej z warstwą cyny.

Poniżej jako przykład przywołano wymagania ujęte w SST w zakresie stali pomiedziowanej:

Wymiary poprzeczne materiałów uziomów pionowych, poziomych i przewodów uziemiających, ze względu na wytrzymałość mechaniczną i odporność na korozję wykonanych ze stali pomiedziowanej elektrolitycznie (o czystości miedzi 99,9 %) powinny wynosić:

- dla uziomu poziomego (otokowego), przewodu uziemiającego - taśma (bednarka) o powierzchni przekroju $\geq 90 \text{ mm}^2$ i minimalnej grubości 3 mm oraz grubości powłoki miedzianej $\geq 70 \text{ }\mu\text{m}$ (wg PN-EN IEC 62561-2),
- dla uziomu pionowego – pręt o średnicy $\varnothing \geq 14 \text{ mm}$ i grubości powłoki miedzianej $\geq 250 \text{ }\mu\text{m}$ (wg PN-EN IEC 62561-2).



Rysunek 1 Poglądowy układu uziemiający stalowego słupa linii: 1 – uziom otokowy, 2 – uziom pionowy (usytuowanie przykładowe), 3 – przewód uziemiający, 4 – połączenie rozłączne (zacisk kontrolny) na konstrukcji słupa, 5 – połączenie elementów układu uziemiającego, L – długość uziomu pionowego.

| Badania elementów uziemień (badania typu)

PSE wymaga przedstawienia badań typu celem potwierdzenia wymaganych właściwości i parametrów elementów uziemienia.

Producent wraz z badaniami typu zobowiązany jest dostarczyć deklaracje zgodności potwierdzające, że wyroby stosowane do wykonywania układu uziemiającego spełniają wymagania norm właściwych dla danych grup wyrobów wskazanych w Standardowej Specyfikacji Technicznej.

Badania typu powinny być wykonane przez laboratorium posiadające ważną akredytację.

Badania typu elementów połączeniowych należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN 62561-1.

Badania typu przewodów uziemiających, uziomów poziomych i pionowych należy przeprowadzić zgodnie z normą PN-EN IEC 62561-2.

| Typowe konstrukcje przewodów OPGW

Celem opracowania typowych konstrukcji przewodów odgromowych typu OPGW:

- Ograniczenie typów przewodów OPGW stosowanych w liniach 400kV
- Ujednolicenie przewodów odgromowych instalowanych w liniach
- Skrócenie czasu reakcji na stany awaryjne linii poprzez możliwość zapewnienia stanów magazynowych (rezerwy przewodów i osprzętu)
- Możliwość łatwiejszego zarządzania dokumentacją projektową linii
- Zastosowanie w nowoprojektowanych liniach 400kV

| Przyjęte założenia techniczne do OPGW

- Liczba włókien światłowodowych – 48J;
- Przyjęcie prognozowanych mocy zwarciovych zgodnie z analizą topologii sieci;
- Czas trwania zwarcia - 0,5s;
- Średnica przewodów nie powinna przekraczać średnicy przewodów odgromowych przyjętych dla serii standardowych słupów;
- Przewody instalowane w strefach klimatycznych: W1S1; W1S2; W2S2;
- Koordynacja zwisów zachowana z przewodem 468/24-A1F/UHST-261;
- Przewód OPGW o minimum dwóch warstwach oplotu;
- Tuby z włóknami światłowodowymi powinny być umieszczone w wewnętrznej warstwie oplotu;
- Przewód OPGW zbudowany z drutów okrągłych. Drut centralny powinien być stalowy aluminiowany, druty w kolejnych warstwach stalowe aluminiowane lub aluminiowe;
- Średnica drutów zewnętrznej warstwy nie mniejsza niż 2,5mm;
- Zgodność ze Standardową Specyfikacją Techniczną „Przewód OPGW” PSE-TS.OPGW.NN PL/2020v1;
- Zgodność z Polską Normą PN-EN 50341-1:2013-03 i z NNA PN-EN 50341-2-22:2022-06

Projekty przewodów OPGW

Zaprojektowano 7 typów przewodów

Typ przewodu	Średnica zewnętrzna przewodu [mm]	Przekrój poprzeczny [mm ²]	Masa jednostkowa przewodu [kg/km]	RTS [kN]	Moduł elastyczności [kN/mm ²]	Współczynnik wydłużenia cieplnego [1/°C]	Wytrzymałość zwarciova I ² t (35-200°C) [kA ² s]	Klasa odporności na wyładowania piorunowe [-]
Typ 1	12.5	83.4	590	106.2	162.0	13.0×10 ⁻⁶	34.80	1
Typ 2	13.2	94.7	665	120.6	162.0	13.0×10 ⁻⁶	44.84	2
Typ 3	13.5	97.3	683	135.0	162.0	13.0×10 ⁻⁶	47.35	2
Typ 4	12.8	87.0	451	70.8	116.5	15.6×10 ⁻⁶	51.98	1
Typ 5	15.0	119.7	562	80.0	104.7	16.7×10 ⁻⁶	105.90	2
Typ 6	15.8	140.7	588	78.4	94.0	17.5×10 ⁻⁶	160.50	2
Typ 7	17.5	173.2	688	93.3	90.0	18.0×10 ⁻⁶	248.10	2

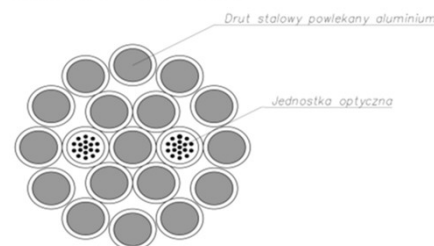
Projekty przewodów OPGW

Parametry przewodu OPGW Typ 1

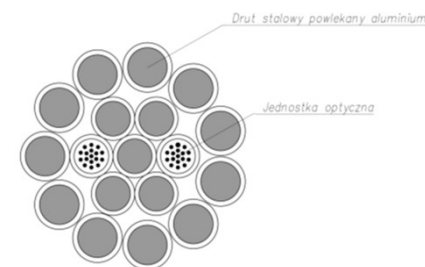
Budowa				
Warstwa	Materiał	Liczba drutów	Średnica drutu	Tolerancja
Centralna	Drut stalowy powlekany aluminium 20.3% AL o min. wytrzymałości 1340 MPa	1	2,50 mm	±0,04 mm
Warstwa 1	Drut stalowy powlekany aluminium 20.3% AL o min. wytrzymałości 1340 MPa	4	2,50 mm	±0,04 mm
	Tuba ze stali nierdzewnej z włóknami światłowodowymi G.652.D	2	2,40 mm	±0,04 mm
Warstwa 2	Drut stalowy powlekany aluminium 20.3% AL o min. wytrzymałości 1340 MPa	12	2,50 mm	±0,04 mm

Dane techniczne			
Wielkość	Wartość	Jednostka	Tolerancja
Średnica przewodu	12,50	[mm]	±1%
Masa jednostkowa przewodu	590	[kg/km]	±2%
Przekrój przewodu:	83,45	[mm ²]	–
przekrój drutów stalowo-aluminiowych	83,45	[mm ²]	–2,65/+2,69 mm ²
przekrój drutów aluminiowych	–	[mm ²]	–
Znamionowa wytrzymałość na rozciąganie (RTS)	106,2	[kN]	–3,38/+3,42 kN
Moduł elastyczności (Younga)	162,0	[kN/mm ²]	–
Współczynnik wydłużenia cieplnego	13,0	[×10 ⁻⁶ /°C]	–
Rezystancja przewodu dla prądu stałego (temp. 20°C)	1,034	[Ω/km]	–
Maksymalna siła rozciągająca MAT (70% RTS)	74,3	[kN]	–
Maks. prąd zwarcia (1s, 35°C–200°C)	5,90	[kA]	–0,19/+0,19 kA
Maks. dopuszczalna energia zwarcia I ² t	34,80	[kA ² s]	–2,21/+2,28 kA ² s
Klasa odporności na wyładowania piorunowe	1	[–]	–

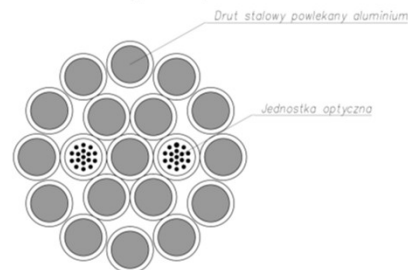
Przewód OPGW Typ 1 – 12,5mm



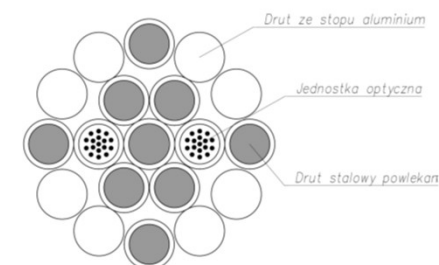
Przewód OPGW Typ 2 – 13,2mm



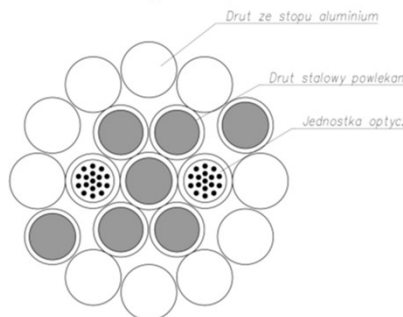
Przewód OPGW Typ 3 – 13,5mm



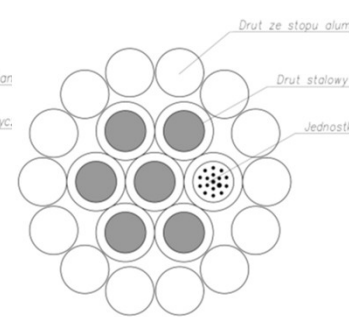
Przewód OPGW Typ 4 – 12,8mm



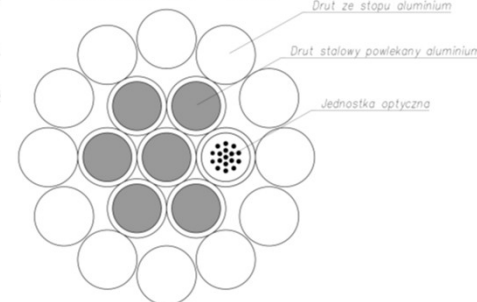
Przewód OPGW Typ 5 – 15,0mm



Przewód OPGW Typ 6 – 15,8mm



Przewód OPGW Typ 7 – 17,5mm



| Przewód fazowy do linii 400 kV

Przewód 468/24-A1F/UHST-261 typu ACSR/TW (Aluminium Conductor Steel Reinforced / Trapezoidal Wire) stosowany jest w liniach 400 kV, jako przewód składowy wiązki trójprzewodowej.

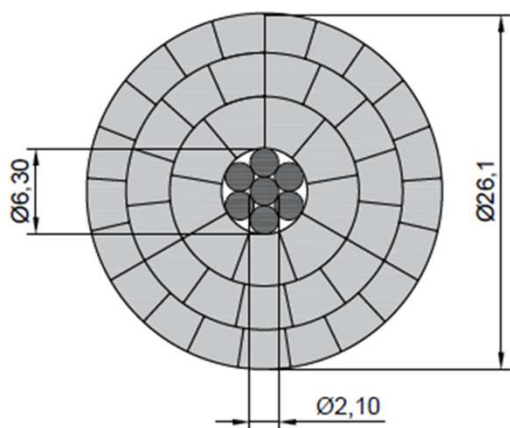
Przewód charakteryzuje się obniżoną wartością rezystancji, pozwalającą na ograniczanie strat przesyłowych energii elektrycznej. Maksymalna obliczeniowa rezystancja 1 km przewodu w temperaturze 20°C to 0,0619 Ω /km.

Jest to przewód stalowo-aluminiowy skręcony współosiowo z drutów aluminiowych profilowych. Materiałem przewodzącym są ciągnione na zimno druty z aluminium typu A1F, których całkowite pole powierzchni wynosi 468 mm². Profilowe druty aluminiowe skręcone są na rdzeniu stalowym wykonanym z okrągłych drutów stalowych typu UHST (Ultra High Strength) o całkowitym polu powierzchni wynoszącym 24 mm². Rdzeń stalowy wykonany jest z drutów pokrytych warstwą antykorozyjną z cynku i jest smarowany.

Przewód fazowy do linii 400 kV

Wymagane parametry i właściwości przewodu

Rysunek przekroju poprzecznego przewodu



druk aluminium



druk stalowy



Właściwości drutów z aluminium typu A1F

I.p.	Parametr	Jednostka	Wymagana wartość
1.	Znamionowa zastępcza średnica	mm	3,64
2.	Tolerancja średnicy	mm	+/-0,04
3.	Minimalna znamionowa wytrzymałość na rozciąganie	MPa	160
4.	Test nawijania na trzpień o średnicy równej znamionowej zastępczej średnicy	liczba nawinięć/odwinięć/nawinięć bez pęknięć	8/6/6
5.	Maksymalna rezystywność w temperaturze +20 °C	nΩm	28,264
6.	Współczynnik temperaturowej zmiany rezystancji	K ⁻¹	0,00403
7.	Gęstość materiału w temperaturze 20 °C	kg/dm ³	2,703
8.	Współczynnik rozszerzalności cieplnej	× 10 ⁻⁶ K ⁻¹	23,0
9.	Moduł Younga	GPa	68

Właściwości drutów stalowych typu UHST

I.p.	Parametr	Jednostka	Wymagana wartość
1.	Średnica znamionowa	mm	2,10
2.	Tolerancja średnicy	mm	+0,038/-0,025
3.	Minimalna znamionowa wytrzymałość na rozciąganie	MPa	1965
4.	Minimalne naprężenie przy 1 % wydłużeniu	MPa	1580
5.	Minimalne wydłużenie przy zerwaniu A ₂₅₀	%	3
6.	Średnica trzpienia przy teście nawijania	mm	8,4
7.	Minimalna ilość nawiniętych zwojów przy teście nawijania	ilość	8
8.	Średnica trzpienia przy teście badania przyczepności powłoki	mm	8,4
9.	Minimalna masa warstwy cynku	g/m ²	219
10.	Parametry testu równomierności pokrycia drutu stalowego typu UHST warstwą cynku	cykle x czas	2x 1min i 1x 0,5min.
11.	Gęstość materiału w temperaturze 20 °C	kg/dm ³	7,78
12.	Współczynnik rozszerzalności cieplnej	× 10 ⁻⁶ K ⁻¹	11,5
13.	Moduł Younga	GPa	207

Dziękuję za uwagę