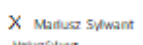
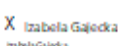


Załącznik do Zarządzenia nr 32/2024

Standard techniczny nr 48/2024 wymagań i zasad
stosowania ochrony od przepięć w liniach i stacjach
elektroenergetycznych TAURON Dystrybucja S.A.
(wersja pierwsza)

Kraków, czerwiec 2024 r.

Opracowali:	1. Jan Olszewski	Centrala	Podpis przedstawiciela Zespołu: X  Jan Olszewski Podpisany przez Olszewski Jan
	2. Wiesław Bruzda	Oddział w Jeleniej Górze	
	3. Piotr Pasieka	Oddział w Legnicy	
	4. Grzegorz Bernat	Oddział w Opolu	
	5. Daniel Domagała	Oddział we Wrocławiu	
	6. Rafał Stich	Oddział w Częstochowie	
	7. Tomasz Lach	Oddział w Gliwicach	
	8. Krzysztof Jura	Oddział w Gliwicach	
Sprawdził:	Zdzisław Koszkul	Kierownik Biura Standaryzacji	X  Zdzisław Koszkul Podpisany przez Koszkul Zdzisław
Sprawdził pod względem formalno-prawnym:	Mariusz Sylwant	Radca Prawny	X  Mariusz Sylwant Podpisany przez SylwantMariusz
Sprawdziła:	Izabela Gajecka	Dyrektor Departamentu Inwestycji i Rozwoju Sieci	X  Izabela Gajecka Podpisany przez GajeczkaIzabela
Zaakceptował:	Maciej Mróz	Wiceprezes Zarządu ds. Operatora	X  Maciej Mróz Podpisany przez Mróz Maciej
Odpowiedzialny za aktualizację:	Biuro Standaryzacji		

Spis treści:

1.	Podstawa opracowania.	4
2.	Cel opracowania.	4
3.	Zakres stosowania.	4
4.	Opis zmian.	4
5.	Definicje.	5
6.	Ochrona sieci o napięciu znamionowym 110 kV.	6
6.1	Znormalizowane poziomy izolacji w sieciach 110 kV.	6
6.2	Uziemienie punktu neutralnego sieci 110 kV.	6
6.3	Dobór i instalowanie ograniczników przepięć w sieci 110 kV.	7
6.4	Ochrona od przepięć linii napowietrznych 110 kV.	9
6.5	Ochrona od przepięć linii kablowych 110 kV.	11
6.6	Stacje i rozdzielnie o napięciu znamionowym 110 kV.	14
6.7	Transformatory o górnym napięciu znamionowym 110 kV.	17
7.	Uziemienia urządzeń ochrony od przepięć.	18
7.1	Wymagane wartości rezystancji uziemienia odgromowego.	18
7.2	Uziomy naturalne.	19
7.3	Dodatkowe uziomy sztuczne.	20
7.4	Rezystancja uziemienia słupów.	20
7.5	Wysoka rezystywności gruntu.	20
7.6	Przewody łączące przewody odgromowe i ograniczniki przepięć	20
8.	Ochrona sieci elektroenergetycznych średniego napięcia.	21
8.1	Linie z przewodami nieizolowanymi i niepełnoizolowanymi.	21
8.2	Linie z przewodami izolowanymi.	22
8.3	Punkt neutralny.	22
8.4	Stacje i rozdzielnie SN.	22
8.5	Ochrona od przepięć.	22
9.	Ochrona sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia.	25
9.1	Znormalizowane poziomy izolacji.	25
9.2	Ograniczniki przepięć.	25
9.3	Urządzenia stacyjne niskiego napięcia.	26
9.4	Linie napowietrzne i kablowe niskiego napięcia.	26
9.5	Uziemienia odgromowe.	28
10.	Postanowienia końcowe.	28
11.	Załącznik.	28
11.1	Załącznik nr 1: Dokumenty i normy związane.	28

1. Podstawa opracowania.

Podstawą opracowania Standardu są: dokumenty i normy związane oraz wymagania jakościowe zawarte w Załączniku nr 1 do Standardu, a także powszechnie uznane zasady wiedzy technicznej.

2. Cel opracowania.

Celem opracowania jest wprowadzenie zunifikowanych rozwiązań technicznych oraz stosowanie jednolitych zasad budowy sieci dystrybucyjnej TAURON Dystrybucja S.A.

3. Zakres stosowania.

- 3.1 „Standard techniczny nr 48/2024 wymagań i zasad stosowania ochrony od przepięć w liniach i stacjach elektroenergetycznych TAURON Dystrybucja S.A.” (dalej: Standard) zawiera podstawowe wymagania techniczne, dla ochrony od przepięć w liniach i stacjach TAURON Dystrybucja S.A. (dalej: TD S.A.).
- 3.2 Standard obowiązuje od dnia jego wprowadzenia stosownym Zarządzeniem Prezesa Zarządu TD S.A. i należy stosować go w przypadku zabudowy ochrony od przepięć w liniach lub stacjach elektroenergetycznych sieci rozdzielczej TD S.A.
- 3.3 W przypadkach remontu lub naprawy eksploatowanych linii lub stacji elektroenergetycznych, dopuszcza się stosowanie zasad, które zostały zastosowane przy ich budowie.
- 3.4 Rozwiązania odbiegające od wymagań zawartych w Standardzie powinny uzyskać akceptację komórki merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji w TD S.A., zgodnie z obowiązującymi w tym zakresie procedurami. Do zmiany Załącznika do Standardu upoważniony jest Dyrektor Departamentu Inwestycji i Rozwoju Sieci, o ile zmiany te nie stoją w sprzeczności z przepisami prawa oraz obowiązującymi regulacjami wewnętrznymi lub wewnątrzkorporacyjnymi. Wskazana wyżej zmiana Załącznika nie stanowi zmiany Standardu. Projekty zmiany Załącznika opracowuje i przedstawia wyżej przywołanemu Dyrektorowi Departamentu, Kierownik lub upoważniony przez niego pracownik komórki merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji. Osoby te są zobowiązane przekazać zmieniony i zaakceptowany Załącznik do Biura Zarządu celem opublikowania go w TAURONECIE.
- 3.5 W sprawach, w których przed dniem wejścia w życie Standardu zawarto umowę lub wydano warunki przyłączenia – albo w inny sposób powołano się na dotychczas obowiązujące zasady, stosuje się te dotychczasowe zasady, chyba że strony umówią się na zastosowanie zasad tego Standardu.
- 3.6 W przypadkach, w których Standard odwołuje się do treści innych Standardów technicznych, a Standardy te uległy zmianie (zmiana numeru, tytułu, układu jednostek redakcyjnych, treści), należy stosować odpowiednie wymagania określone w aktualnych i obowiązujących Standardach technicznych.
- 3.7 Jeżeli wymagania Standardu są bardziej rygorystyczne aniżeli wymagania wynikające z przepisów powszechnie obowiązujących i norm, to należy stosować się do wymagań Standardu.
- 3.8 Ilekroć w dokumencie użyto słowa „należy”, „powinien” lub ich odmian, oznacza to, że opisana czynność, warunek są konieczne lub wymagane do spełnienia.

4. Opis zmian.

Wersja pierwsza.

Wszelkie kolejne zmiany treści Standardu oraz jego Załącznika rejestrowane będą w „Karcie aktualizacji Standardu” stanowiącej odrębny dokument i przechowywanej w komórce merytorycznie odpowiedzialnej za obszar standaryzacji.

5. Definicje.

- **Wysokie napięcie (WN)** – napięcie znamionowe sieci 110 kV.
- **Średnie napięcie (SN)** – napięcie znamionowe sieci wyższe od 1 kV i niższe od 110 kV.
- **Niskie napięcie (nN)** – napięcie znamionowe sieci do 1 kV.
- **Znamionowy poziom izolacji** – wartości napięć, które charakteryzują izolację urządzenia pod względem jej wytrzymałości dielektrycznej.
- **Napięcie znamionowe sieci U_n** . Wartość skuteczna napięcia międzyprzewodowego określająca lub identyfikująca daną sieć.
- **Najwyższe napięcie sieci U_s** . Największa wartość skuteczna międzyfazowego napięcia roboczego, która występuje w normalnych warunkach pracy sieci w dowolnym miejscu i czasie.
- **Najwyższe napięcie urządzenia U_m** . Największa wartość skuteczna napięcia międzyfazowego, do którego odnoszą się właściwości układu izolacyjnego i przy którym zapewnione jest działanie urządzenia zgodnie z wymaganiami norm.
- **Znamionowe wytrzymywane napięcie udarowe piorunowe**. Wytrzymywane napięcie udarowe urządzenia lub jego części, charakteryzujące wytrzymałość jego izolacji na przepięcia.
- **Beziskiernikowy ogranicznik przepięć z tlenków metali**. Ogranicznik przepięć składający się z warystorów, wykonanych z tlenków metali, połączonych szeregowo lub równolegle, bądź szeregowo i równolegle, bez szeregowych lub równoległych iskierników. Umieszczone w obudowie z wyprowadzonymi zaciskami, przeznaczonymi do wykonywania połączeń elektrycznych i mechanicznych, zwany dalej ogranicznikiem przepięć lub ogranicznikiem.
- **Napięcie znamionowe ogranicznika U_r** . Najwyższa dopuszczalna wartość skuteczna napięcia między zaciskami ogranicznika, przy której zapewnione jest jego poprawne działanie w warunkach przepięć dorywczych.
- **Napięcie trwałej pracy ogranicznika U_c** . Zadeklarowana dopuszczalna wartość skuteczna napięcia, które może być trwale przyłożone między zaciski ogranicznika.
- **Znamionowy prąd wyładowczy ogranicznika I_n** . Wartość szczytowa prądowego udaru, która jest stosowana do sklasyfikowania ogranicznika.
- **Graniczny udar prądowy ogranicznika**. Wartość szczytowa udaru prądowego mającego kształt udaru 4/10μs, który jest stosowany do sprawdzania odporności ogranicznika na bezpośrednie uderzenie pioruna.
- **Napięcie obniżone ogranicznika U_{res}** . Wartość szczytowa napięcia występującego na zaciskach ogranicznika podczas przepływu prądu wyładowczego.
- **Piorunowy poziom ochrony ogranicznika U_{pl}** . Największa wartość napięcia obniżonego przy znamionowym prądzie wyładowczym I_n .
- **Wytrzymałość zwarcia ogranicznika I_{max}** . Jest to najwyższa wartość prądu zwarcia sieci w miejscu zainstalowania ogranicznika, którą uszkodzony ogranicznik wytrzyma bez uszkodzenia, mogącego stanowić zagrożenie dla otoczenia.
- **Współczynnik zwarcia doziemnego k_z** . Stosunek wartości skutecznej najwyższego napięcia częstotliwości sieciowej między zdrową fazą a ziemią w danym miejscu, w czasie zwarcia do ziemi jednej lub większej liczby faz w danym punkcie sieci, do wartości skutecznej napięcia, która wystąpiłaby w rozpatrywanym miejscu bez zwarcia.

- **Sieć z bezpośrednio uziemionym punktem neutralnym.** Sieć, w której chociaż jeden punkt neutralny jest uziemiony bezpośrednio.
- **Sieć z punktem neutralnym izolowanym.** Sieć, której żaden punkt neutralny nie jest celowo połączony z ziemią z wyjątkiem połączeń o dużej impedancji, przeznaczonych do celów zabezpieczeniowych lub pomiarowych.
- **Sieć skompensowana za pomocą dławika gaszącego.** Sieć, której co najmniej jeden punkt neutralny jest połączony z ziemią przez reaktancję, która w przybliżeniu kompensuje składową pojemnościową prądu zwarcia jednofazowego.
- **Sieć z punktem neutralnym uziemionym przez impedancję.** Sieć, w której chociaż jeden punkt neutralny jest uziemiony przez odpowiednią impedancję celem zmniejszenia wartości prądów doziemienia.
- **Napięcie wytrzymywane.** Wartość napięcia probierczego, stosowanego w określonych warunkach podczas próby wytrzymałości elektrycznej, w trakcie której dopuszcza się wystąpienie określonej liczby wyładowań zupełnych.
- **Znamionowe napięcie wytrzymywane.** Wartość napięcia probierczego stosowanego podczas znormalizowanej próby wytrzymałości elektrycznej, która pozwala sprawdzić, czy izolacja jest dostosowana co najmniej do jednego spośród wymaganych napięć wytrzymywanych. Jest to wartość znamionowa dla izolacji danego urządzenia.
- **Znamionowy poziom izolacji.** Zbiór znamionowych napięć wytrzymywanych które charakteryzują wytrzymałość elektryczną izolacji.
- **Koordynacja izolacji.** Wybór znamionowego lub znormalizowanego poziomu izolacji elektrycznej urządzeń w zależności od napięć roboczych i przebiegów, jakie mogą pojawić się w sieci, do której urządzenia te są przeznaczone, z uwzględnieniem warunków środowiskowych w eksploatacji i charakterystyk zastosowanych urządzeń ochronnych.

6. Ochrona sieci o napięciu znamionowym 110 kV.

6.1 Znnormalizowane poziomy izolacji w sieciach 110 kV.

Znnormalizowane poziomy izolacji zalecane dla urządzeń instalowanych w sieciach o napięciu znamionowym 110 kV, wybrane z uwzględnieniem zastosowanych ograniczników przepięć zgodnie z wymaganiami koordynacji izolacji ustalonej na podstawie norm: [N1] i [N2].

Tabela nr 1. Znnormalizowane poziomy izolacji urządzeń w sieci o napięciu znamionowym 110 kV.

Napięcie znamionowe sieci U_n	110 kV
Najwyższe napięcie urządzenia U_m	123 kV
Znamionowe wytrzymywane napięcie przemienne o częstotliwości sieciowej U_w 50Hz	230 kV
Znnormalizowane wytrzymywane napięcie udarowe piorunowe U_{wl}	550 kV
Minimalne odstępy izolacyjne doziemny i międzyfazowy N	1,10 m

6.2 Uziemienie punktu neutralnego sieci 110 kV.

Sieci o napięciu znamionowym 110 kV powinny pracować z bezpośrednio uziemionym punktem neutralnym w taki sposób, aby we wszystkich stanach ruchowych współczynnik zwarcia doziemnego k_z nie był większy niż 1,4. Współczynnikiem zwarcia doziemnego

określany jest stosunek napięcia U_{L1z} , względem ziemi dla dowolnego punktu fazy zdrowej np.: L1 w czasie zwarcia innej fazy z ziemią, do napięcia U_{L10} w tym samym miejscu przed zwarcie.

$$k_z = \frac{U_{L1z}}{U_{L10}}$$

Można przyjmować, że powyższe wymaganie jest spełnione gdy:

$$1 \leq X_0/X_1 \leq 3 \text{ oraz } R_0/X_1 \leq 1$$

X_0 , R_0 – reaktancja i rezystancja dla składowej symetrycznej zerowej obwodu zwarcia doziemnego z uwzględnieniem rezystancji w miejscu zwarcia z ziemią, jeżeli występuje,
 X_1 - reaktancja dla składowej symetrycznej zgodnej obwodu zwarcia doziemnego.

6.3 Dobór i instalowanie ograniczników przepięć w sieci 110 kV.

- 1) W sieci 110 kV instalowane powinny być wyłącznie beziskiernikowe ograniczniki przepięć z elementem aktywnym w postaci stosu warystorów.

Element aktywny powinien być zabudowany w osłonie kompozytowej zbudowanej z warstwy wewnętrznej wykonanej z materiału izolacyjnego o odpowiedniej wytrzymałości elektrycznej i mechanicznej oraz osłony zewnętrznej z gumy silikonowej o dobrych właściwościach hydrofobowych, wykonanej w technologii HCR lub LSR. Drogi upływu osłon izolacyjnych należy dobrać do warunków zabrudzeniowych występujących w planowanym miejscu ich zainstalowania zgodnie z normą [N15].

Doboru należy dokonać w oparciu o długość drogi upływu dla II lub III strefy zabrudzeniowej.

- 2) Wytrzymałość zwarciorowa ograniczników przepięć powinna być dobrana do największego spodziewanego prądu zwarciorowego w miejscu ich zainstalowania.

Ograniczniki należy instalować możliwie jak najbliżej chronionego urządzenia, a połączenia z przewodami roboczymi sieci i przewodami uziemiającymi powinny być możliwie najkrótsze i prowadzone po odcinkach prostych. Dotyczy to także połączeń z zaciskami neutralnymi transformatorów.

Tabela nr 2. Podstawowe dane techniczne ograniczników przepięć przyłączanych do przewodów roboczych w sieciach o napięciu znamionowym 110 kV.

Napięcie znamionowe sieci	U_n	kV	110
Najwyższe napięcie sieci	U_s	kV	123
Klasa ogranicznika	$\geq$	–	SL
Napięcie pracy ciągłej ogranicznika	$U_c \geq$	kV	77
Napięcie znamionowe ogranicznika	$U_r \geq$	kV	96
Graniczny prąd wyładowczy	$I_{hc} \geq$	kA	100
Znamionowy prąd wyładowczy 8/20 μ s	$I_n \geq$	kA	10
Piorunowy poziom ochrony	$U_{pl} \leq$	kV	300
Wytrzymałość zwarciova	$I_s \geq$	kA	40
Zdolność do powtarzalnego przepływu ładunku	$Q_{rs} \geq$	C	1
Znamionowa energia cieplna odniesiona do U_r	$W_{th}/U_r \geq$	kJ/kV	4
Klasa rozładowania linii	$LD \geq$	–	2

Tabela nr 3. Podstawowe dane techniczne ograniczników przepięć przyłączanych do zacisków neutralnych w sieciach o napięciu znamionowym 110 kV.

Napięcie znamionowe sieci	U_n	kV	110
Najwyższe napięcie sieci	U_s	kV	123
Klasa ogranicznika	$\geq$	–	SL
Napięcie pracy ciągłej ogranicznika	$U_c \geq$	kV	48
Napięcie znamionowe ogranicznika	$U_r \geq$	kV	60
Graniczny prąd wyładowczy	$I_{hc} \geq$	kA	100
Znamionowy prąd wyładowczy 8/20 μ s	$I_n \geq$	kA	10
Piorunowy poziom ochrony	$U_{pl} \leq$	kV	200
Wytrzymałość zwarciova	$I_s \geq$	kA	40
Zdolność do powtarzalnego przepływu ładunku	$Q_{rs} \geq$	C	1
Znamionowa energia cieplna odniesiona do U_r	$W_{th}/U_r \geq$	kJ/kV	4

- 3) Ograniczniki przepięć w sieciach 110 kV należy wyposażyć w liczniki zadziałań zabudowywane na podstawach izolacyjnych, przystosowanych do pracy w warunkach wewnętrznych i napowietrznych oraz wytrzymywanym krótkotrwale napięciu częstotliwości sieciowej nie mniejszym niż 3 kV. Liczniki zadziałań powinny być wyposażone we wskaźniki prądu upływu, umożliwiające ocenę ich stanu technicznego podczas eksploatacji.

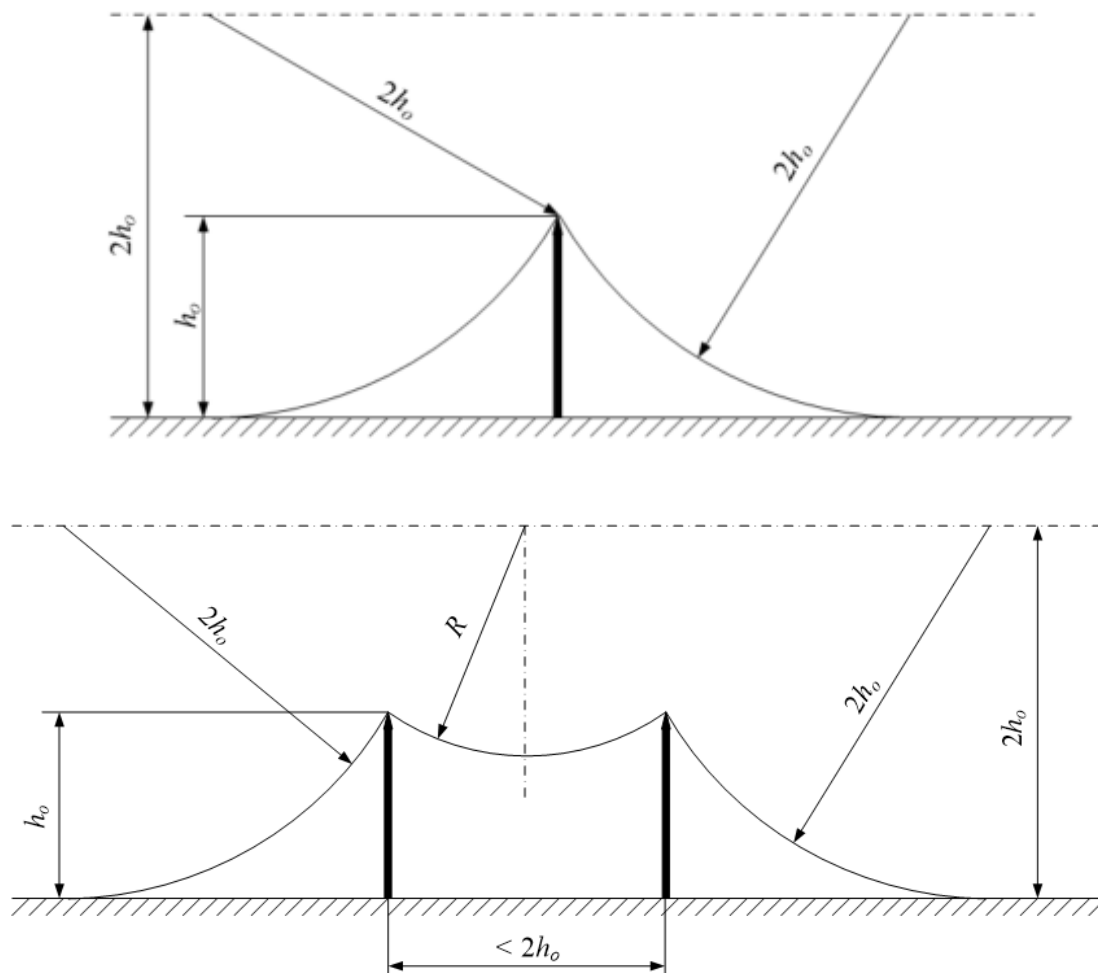
- 4) Przewody uziemiające, łączące zaciski uziomowe ograniczników z zaciskami liczników zadziałów powinny być izolowane na całej długości, a izolacja powinna wytrzymywać krótkotrwałe napięcie o częstotliwości sieciowej min. 3 kV
- 5) Połączenia zacisków uziomowych ograniczników lub liczników zadziałów z uziemieniem stacji należy wykonać najkrótszą drogą do węzłów uziomu kratowego.
Rodzaj przewodów uziemiających i ich powierzchnia przekroju powinny być dobrane zgodnie z wymaganiami zawartymi w Standardzie technicznym [S3].
- 6) Połączenia ograniczników przepięć z przewodami roboczymi sieci i z zaciskami neutralnymi transformatorów powinny być wykonane po najkrótszej drodze, najlepiej przy pomocy odcinków prostoliniowych w celu uniknięcia powstania pętli. Przekrój tych przewodów nie powinien być mniejszy niż przekrój przewodu oszynowania i nie mniejszy od zalecanego przez producenta ograniczników.
- 7) Połączenia zacisków uziomowych liczników zadziałów z węzłami uziomu kratowego stacji, należy wykonać najkrótszą drogą przy pomocy przewodów uziemiających. Przekroje połączeń zacisków uziomowych liczników z węzłami uziomu kratowego powinny być tak dobrane aby wytrzymywać przepływ prądu zwarcia stacji.
- 8) Zaciski uziomowe liczników zadziałów, niezależnie od połączenia z uziemieniem stacji, należy dodatkowo połączyć, po najkrótszej drodze, z kadzią chronionego transformatora lub z powłoką metalową chronionego kabla.
- 9) Każde zakłócenia zewnętrzne docierające do transformatora 110 kV/SN od strony GN i SN powinny być ograniczane przed wejściem do transformatora, poprzez zastosowanie ograniczników przepięć przed każdym uzwojeniem transformatora.
- 10) W przypadku odcinków linii kablowych o długościach przekraczających kilkadziesiąt metrów, łączących elektroenergetyczne linie napowietrzne, należy zainstalować ograniczniki przepięć po obu stronach linii kablowych.
- 11) Ograniczniki przepięć stosowane w sieci 110 kV powinny również spełniać wymagania norm [N2] i [N4] oraz Standardu technicznego [S4].

6.4 Ochrona od przepięć linii napowietrznych 110 kV.

- 1) Elektroenergetyczne linie napowietrzne o napięciu znamionowym 110 kV należy chronić przewodami odgromowymi na całej ich długości. Przewody odgromowe należy uziemiać na każdym słupie linii. Przy wejściu do stacji przewody odgromowe powinny być połączone z uziemionymi konstrukcjami wsporczy (bramki liniowe).
- 2) Wszystkie przewody fazowe linii napowietrznej 110 kV powinna obejmować strefa ochronna przewodu odgromowego. Strefę ochronną jednego przewodu odgromowego dla linii jednotorowej lub strefę ochronną dwóch przewodów odgromowych dla linii dwutorowej, można wyznaczyć sposobem kąta ochronnego lub metodą toczącej się kuli.
- 3) Przy zastosowaniu metody kąta ochronnego należy przyjmować kąty ochrony odgromowej o wartości: nie większej niż 30° dla skrajnych przewodów fazowych bez uwzględnienia parcia wiatru na przewody i nie większej niż 60° dla przewodu fazowego znajdującego się między przewodami skrajnymi również bez uwzględnienia parcia wiatru na te przewody.

- 4) W przypadku stosowania metody toczącej się kuli, strefę ochronną wyznaczoną przez jeden przewód dla linii jednotorowej lub dwa przewody dla linii dwutorowej należy określić w następujący sposób: pojedynczy przewód odgromowy tworzy strefę ochronną w kształcie namiotu, której granice są określone łukami o promieniu $2h_o$ (h_o – wysokość zawieszenia przewodu odgromowego).

Promień tworzący strefę ochronną zaczepiony na umownej prostej umieszczonej na wysokości $2h_o$ nad powierzchnią terenu, tak aby łuk utworzony przez ten promień stykał się z przewodem odgromowym w sposób pokazany na poniższym rysunku.



Rys. nr 1. Strefa ochronna wyznaczona metodą toczącej się kuli dla pojedynczego przewodu odgromowego.

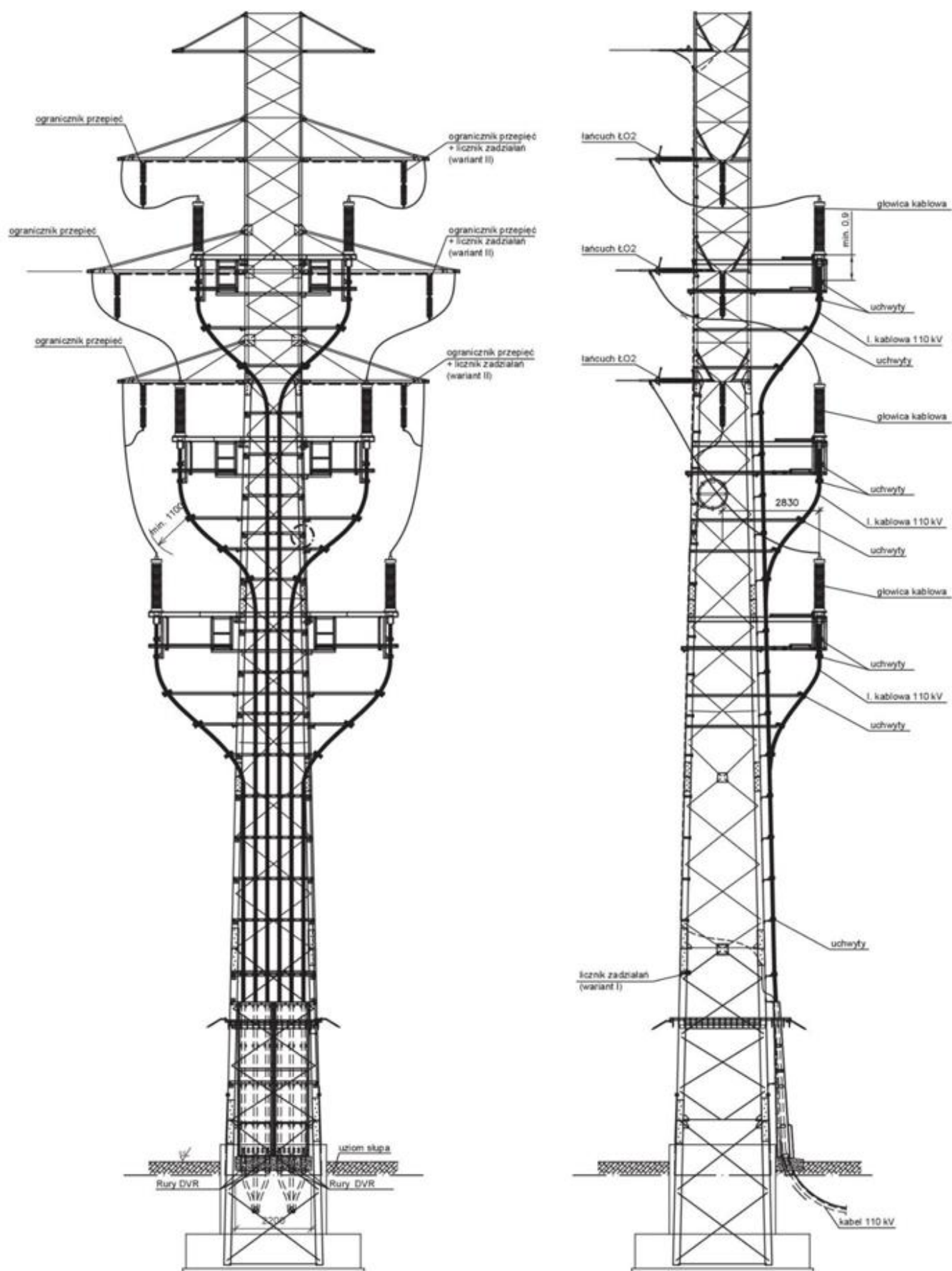
- 5) Przekrój przewodów odgromowych powinien być dobrany do prądów zwarciovych występujących w chronionej linii i nie powinien być mniejszy niż 50 mm^2 dla przewodów aluminium-stal lub ze stopów aluminium. Przewody odgromowe oraz przewody odgromowe skojarzone z włóknami światłowodowymi (OPGW) powinny spełniać aktualne wymagania techniczne zawarte w Standardzie technicznym [S5] oraz wymagania zawarte w normach [N11] i [N12].
- 6) Przewody odgromowe należy uziemiać na każdym słupie. W przypadku stosowania dwóch przewodów odgromowych dopuszczalne jest połączenie jednego z przewodów odgromowych z konstrukcją słupów za pomocą iskierników.

- 7) Na wejściu do stacji przewody odgromowe powinny być połączone z konstrukcjami wsporczymi i uziomem stacji. Do mocowania przewodów odgromowych do konstrukcji wsporczych stacji zaleca się stosowanie izolatorów odciągowych.
- 8) Jeżeli w linii o napięciu znamionowym 110 kV występuje wstawka kablowa ciągłość przewodów odgromowych powinny zapewnić żyły powrotne kabli lub przewód (przewody) ECC. W przypadku podejścia kablowego do stacji żyły powrotne kabli lub przewód ECC powinny stanowić połączenie między przewodami odgromowymi a uziomem stacji.

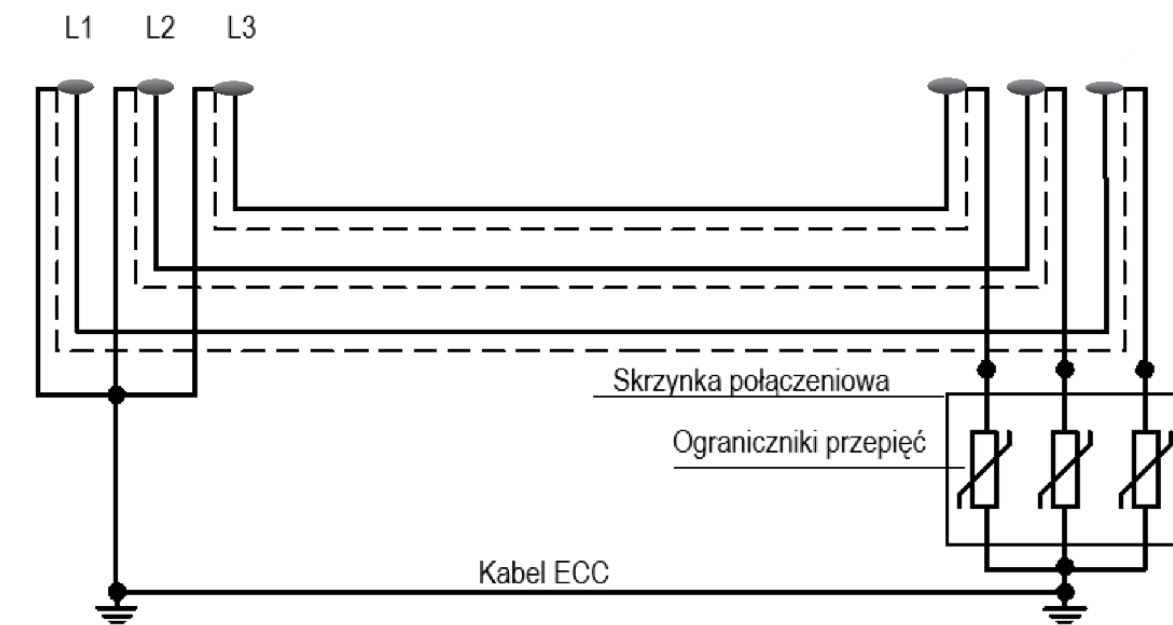
6.5 Ochrona od przepięć linii kablowych 110 kV.

Izolację przewodów roboczych linii kablowych 110 kV połączonych na obu końcach z linią napowietrzną oraz ich głowice kablowe należy chronić przed przepięciami według następujących zasad:

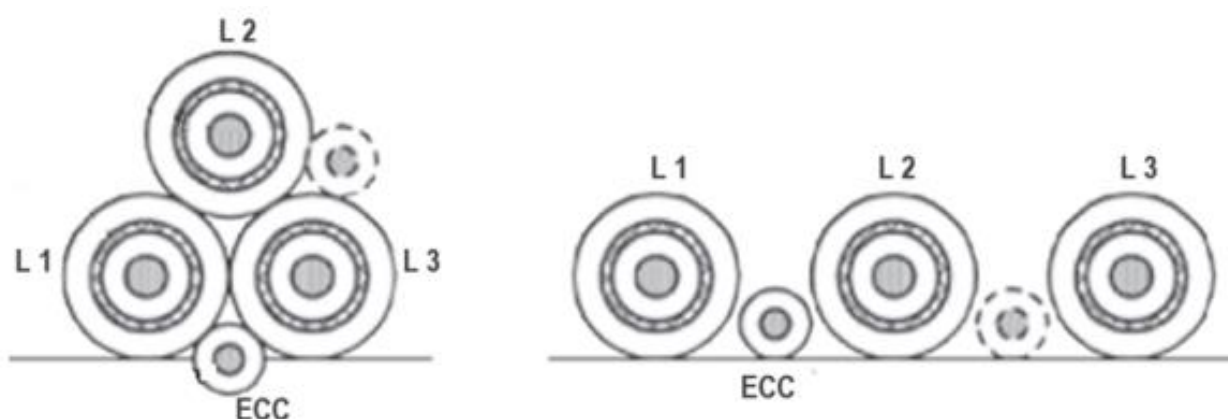
- 1) W pobliżu głowic kablowych powinny być zabudowane ogranicznikami przepięć zainstalowane na obu końcach linii kablowej, niezależnie od długości kabla.
- 2) Między ogranicznikami przepięć, a uziomem ogranicznika powinny być zabudowane liczniki zadziałań; które należy montować na podstawach izolacyjnych, na wysokości co najmniej 3 m nad poziomem terenu. Przewody łączące zaciski uziomowe liczników zadziałań z uziomem powinny być połączone przewodem prowadzonym po najkrótszej drodze. Dopuszcza się również zastosowanie liczników zadziałań ze zdalnym odczytem.
- 3) Oprócz ochrony izolacji głównej należy stosować także ochronę przeciwprzepięciową powłoki zewnętrznej kabli 110 kV w układach z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych tzw. single point bonding – SPB oraz ochronę muf przeznaczonych do krzyżowania żył powrotnych w układzie tzw. cross-bonding screens – CB. Dla układu kabli z obustronnym połączeniem i uziemieniem ekranów (*both-ends bonding*) nie jest wymagana ochrona przepięciowa powłoki zewnętrznej.
- 4) Ochrona powłoki zewnętrznej kabli 110 kV w układach z jednostronnym uziemieniem żył powrotnych z zastosowaniem kabli ECC.
 - a. Dodatkowe kable ECC należy stosować w układzie SPB przy dużej mocy zwarciowej, która może wystąpić w linii kablowej 110 kV, a także gdy wprowadzona do stacji linia kablowa wychodzi poza teren zabudowanej na stacji kraty uziemiającej.
 - b. Obciążalność zwarciowa kabli ECC i ich wszystkich połączeń powinna być równoważna obciążalności żyły powrotnej kabla 110 kV.
 - c. W płaskim układzie linii kablowej przy zastosowaniu jednego kabla ECC, należy wykonywać przeplot w środku jego elektrycznej długości, polegający na przejściu na drugą stronę środkowego kabla 110 kV. W przypadku dwóch kabli ECC w ramach przeplotu należy zamienić je miejscami.
 - d. Dla linii kablowych 110 kV prowadzonych poza terenem stacji elektroenergetycznych należy stosować tylko izolowane kable ECC.
 - e. Dla układów SPB ograniczniki przepięć na nieuziemiającym końcu żył powrotnych powinny być zawsze połączone w gwiazdę, a punkt gwiazdowy połączony z uziemiającym kablem ECC.



Rys. nr 2. Przykład zabudowy ograniczników przepięć na kratowym słupie kablowym do linii dwutorowej.



Rys. nr 3. Przykładowy montaż ograniczników przepięć dla układu SPB wraz z kablem ECC.



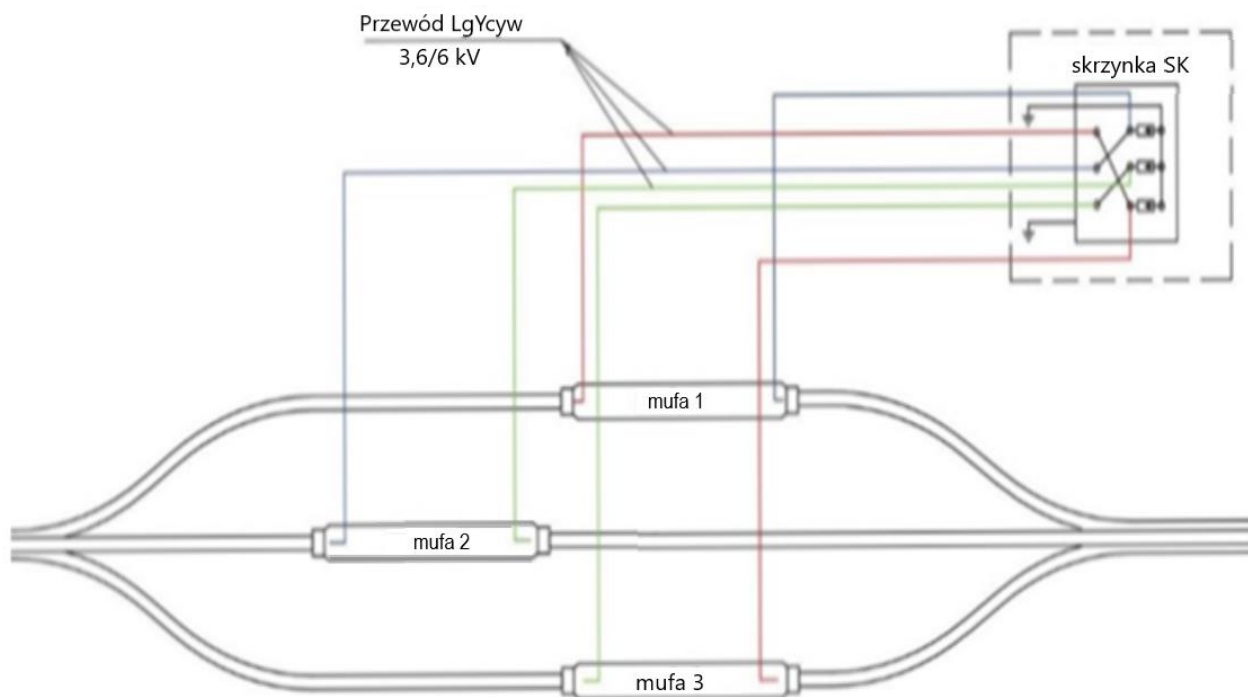
Rys. nr 4. Rozmieszczenie kabli ECC w trójkątnym i płaskim układzie kabli 110 kV.

Tabela nr 4. Podstawowe dane techniczne ograniczników przepięć do ochrony osłon zewnętrznych kabli 110 kV.

Parametr	Wartość wymagana
Klasa ogranicznika	DH
Napięcie pracy ciągłej ogranicznika U_c	≤ 5 kV
Znamionowy prąd wyładowczy 8/20 μ s I_n	10 kA
Zdolność do powtarzalnego przepływu ładunku Q_{rs}	$\geq 0,4$ C
Ładunek dopuszczalny termicznie	$\geq 1,1$ C

5) Ochrona powłoki zewnętrznej kabli 110 kV w układach z krzyżowaniem żył powrotnych typu CB.

- a. Wyprowadzenia z każdej mufy cross-bondingowych należy realizować za pomocą dwóch przewodów jednożyłowych typu LgYcyw, o przekrojach odpowiadających przekrojowi żył powrotnych. Długość przewodów łącząca żyły powrotne z ogranicznikami przepięć powinna być jak najkrótsza i nie powinna przekraczać 10 m.
- b. Skrzynki cross-bondingowe należy uziemiać za pomocą ocynkowanych taśm stalowych (bednarek) ułożonych poziomo i połączonych z uziemieniami pionowymi w postaci wbijanych prętów. Rezystancja wykonanego uziemienia powinna być nie mniejsza niż 10 Ω .
- c. W celu zapewnienia ochrony izolacji powłok zewnętrznych kabla i izolacji skrzynek połączeniowych napięcie zadziałania ograniczników przepięć nie powinno przekraczać 80% ich wytrzymałości. Pozostałe parametry ograniczników powinny być takie same jak w przypadku ograniczników do ochrony osłon kabli przy jednostronnym uziemieniu żył powrotnych.
- d. W układach CB należy stosować ograniczniki przepięć w trzech pierwszych stanowiskach krzyżowania żył powrotnych, za głowicami kablowymi od strony linii napowietrznych oraz na dwóch pierwszych stanowiskach krzyżowania, za rozdzielniami wewnętrznymi.

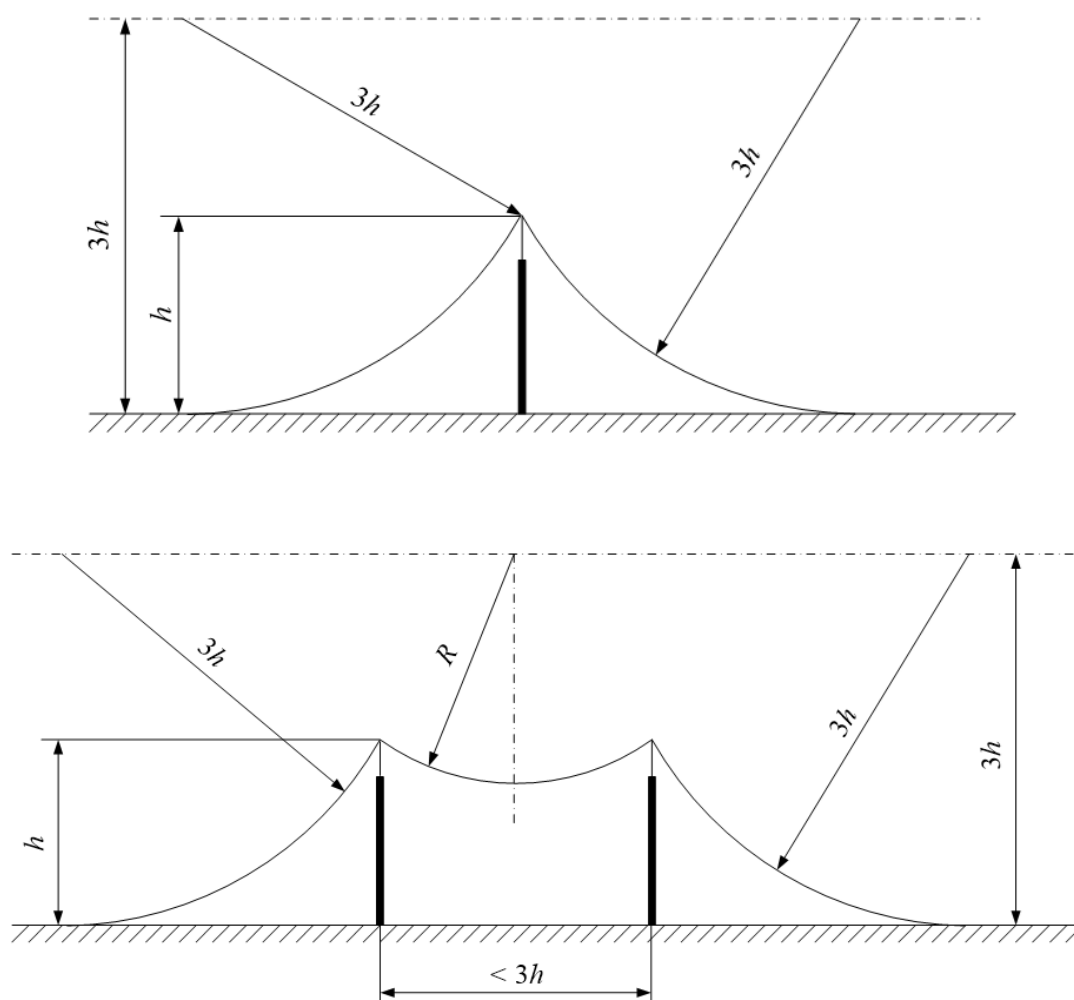


Rys. nr 5. Przykładowy montaż ograniczników przepięć w skrzynkach crossbondingowych dla układu CB.

6.6 Stacje i rozdzielnie o napięciu znamionowym 110 kV.

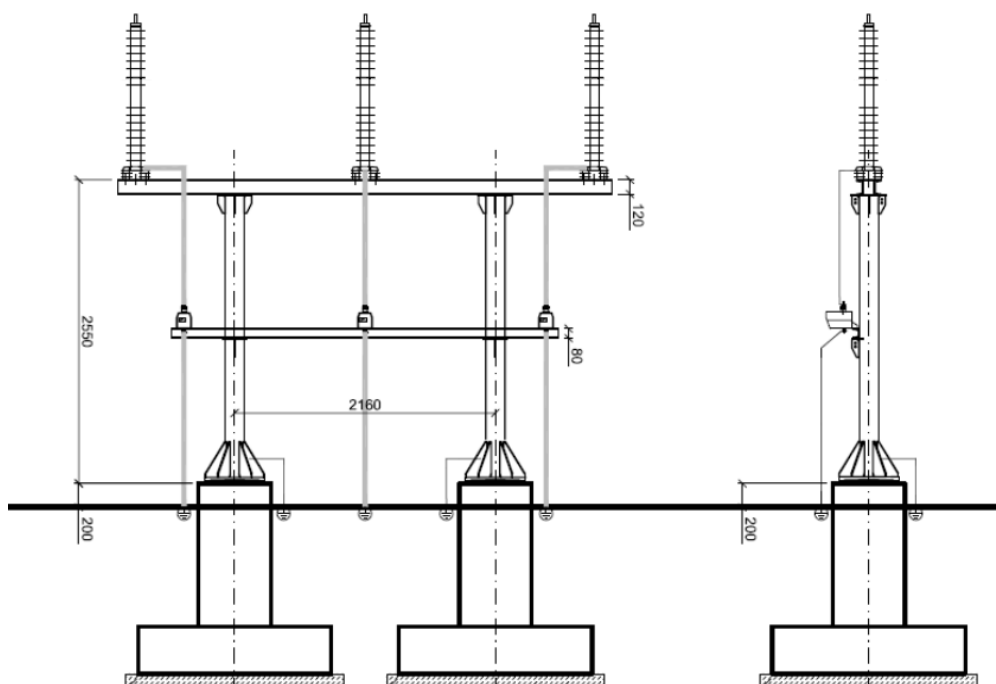
- 1) Ochronę stacji i rozdzielni napowietrznych o górnym napięciu znamionowym 110 kV od bezpośrednich uderzeń piorunów, należy realizować za pomocą zwodów pionowych.
- 2) Zwody pionowe należy instalować na konstrukcjach wsporczych rozdzielni napowietrznych (zwody nieizolowane) z wyjątkiem bramek transformatorowych i konstrukcji, na których umieszczone są izolatory o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV.

- 3) Zwody pionowe izolowane (nieinstalowane na konstrukcjach wsporczych) powinny być ustawione w odległości nie mniejszej niż 3 m od tych konstrukcji i od chronionych urządzeń. Zwody te należy połączyć z uziemieniem stacji. Zaleca się umieszczać zwody możliwie blisko węzłów siatki uziomowej lub w pobliżu uziemień pionowych.
- 4) Budynki rozdzielni wewnętrznych i nastawni zaleca się chronić zwodami poziomymi niskimi, jeżeli budynki te nie znajdują się w strefie ochronnej innych zwodów lub obiektów.
- 5) Strefa ochronna wyznaczana przez pojedynczy zwód pionowy ma kształt stożka, ograniczonego przez łuki o promieniu $3h$ (h – wysokość zwodu), przechodzące przez koniec zwodu, tak jak pokazano na poniższym rysunku. Dwa zwody pionowe o rozstawie mniejszym niż $3h$ tworzą strefę ochronną, która między zwodami jest ograniczona przez łuk o promieniu R . Promień ten jest zaczepiony symetrycznie między zwodami na wysokości $3h$, a łuk przez niego utworzony powinien przechodzić przez wierzchołki zwodów. Promień ten jest zaczepiony symetrycznie między zwodami na wysokości $3h$, a łuk przez niego utworzony powinien przechodzić przez wierzchołki zwodów.

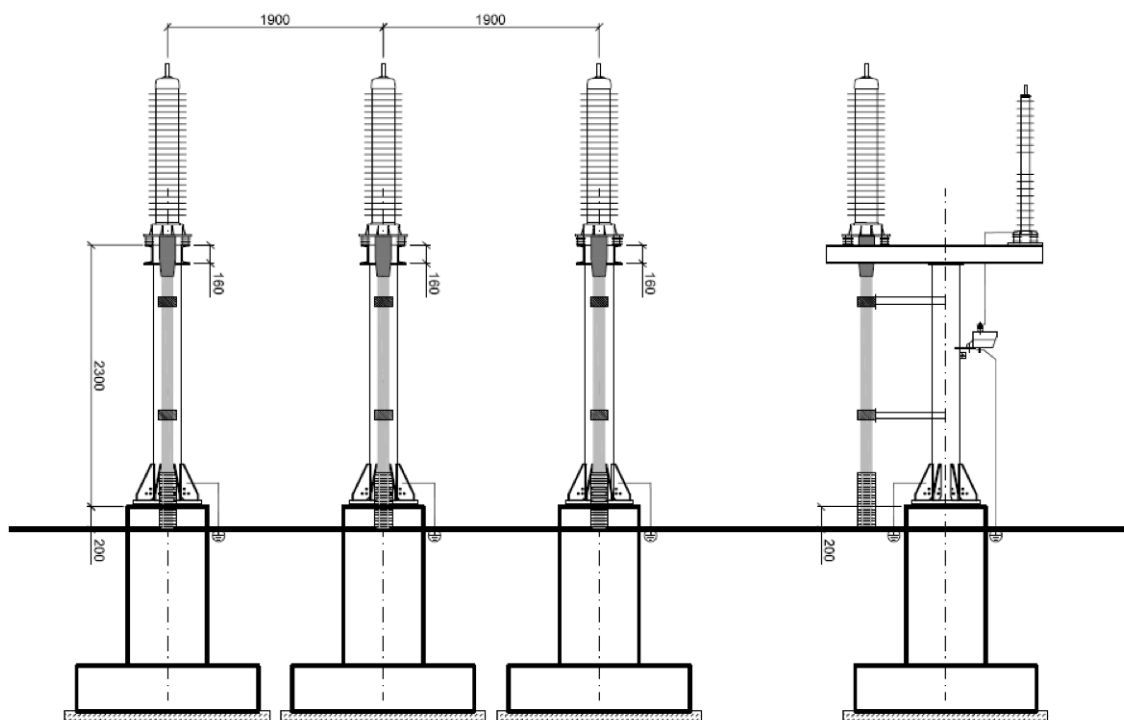


Rys. nr 6. Przykład wyznaczania stref ochronnych pojedynczego zwodu pionowego i dwóch zwodów pionowych.

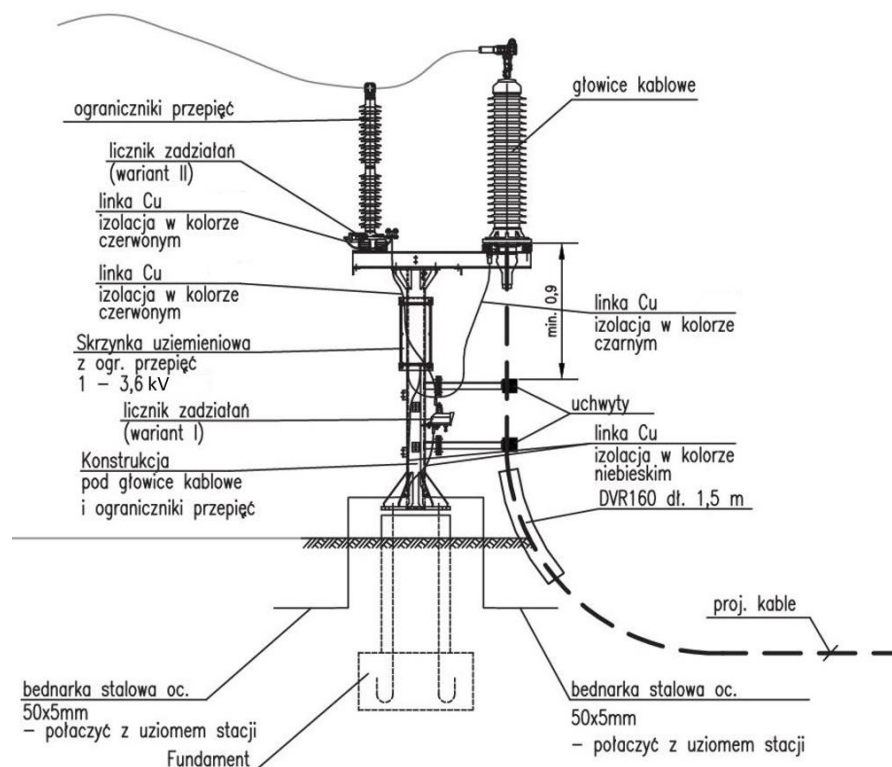
- 6) Rozdzielnie o napięciu znamionowym 110 kV i urządzenia stacji, należy również chronić za pomocą dodatkowych ograniczników przepięć zainstalowanych na wejściu każdej linii napowietrznej wprowadzonej bezpośrednio do rozdzielni.
- 7) Ograniczniki przepięć powinny być zainstalowane w polach liniowych po stronie liniowej wyłączników. Ograniczniki te należy wyposażać w liczniki zadziałań, których zaciski uziomowe powinny być połączone z uziemieniem stacji.
- 8) Ochrona przed przepięciami zapewniana jest przez ograniczniki przepięć przyłączone w polach liniowych. Jako ogólną zasadę należy przyjąć, że ograniczniki przepięć powinny być instalowane na wejściu linii w celu ochrony rozdzielnic gazowej nawet, gdy otwarty jest wyłącznik liniowy.
- 9) W przypadku stacji z izolacją SF6 ochrona przed przepięciami zapewniana jest przez ograniczniki przepięć przyłączone w polach liniowych. Ograniczniki te należy zainstalować na wejściu linii napowietrznej do stacji. W przypadku rozległych instalacji GIS (na przykład o fazach rozdzielonych w wykonaniu napowietrznym) dopuszcza się wyposażanie takich instalacji w wewnętrzne ograniczniki przepięć.



Rys. nr 7. Przykład zabudowy ograniczników przepięć na konstrukcji w polu linii napowietrznej.



Rys. nr 8. Przykład zabudowy ograniczników przepięć na konstrukcji w polu linii kablowej.



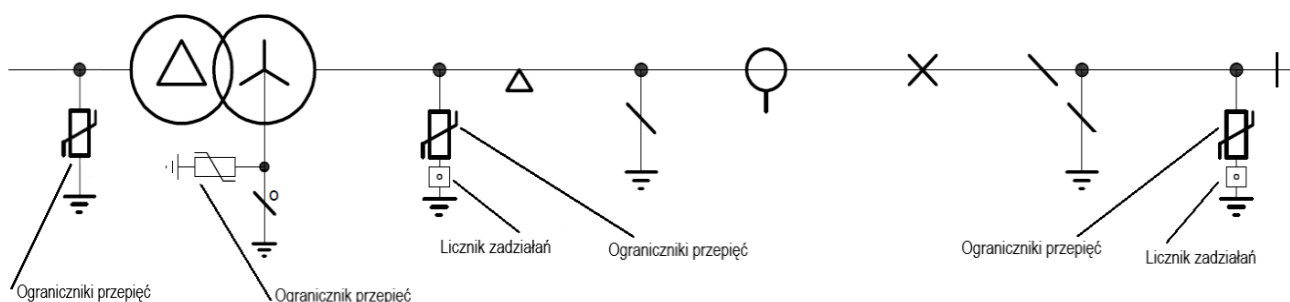
Rys. nr 9. Przykładowy montaż ograniczników przepięć na konstrukcji kablowej w rozdzielni 110 kV stacji napowietrznej 110/SN.

6.7 Transformatory o górnym napięciu znamionowym 110 kV.

- 1) Do ochrony uzwojeń transformatorów o napięciu znamionowym WN/SN należy stosować ograniczniki przepięć zainstalowane przed każdym uzwojeniem transformatora, tak blisko zacisków chronionych uzwojeń, jak to tylko możliwe. Największa odległość od

ograniczników przepięć do zacisków chronionych uzwojeń WN, mierzona wzdłuż przewodów łączących, nie powinna przekraczać 40 m. Natomiast dla uzwojeń SN odległość ta nie powinna przekraczać:

- a. 5 m dla uzwojeń o napięciach znamionowych 6 – 10 kV,
 - b. 10 m dla uzwojeń o napięciach znamionowych 15 – 30 kV.
- 2) Ograniczniki przepięć powinny być zainstalowane pomiędzy chronionym uzwojeniem transformatora, a najbliższym łącznikiem w obwodzie tego uzwojenia. Ograniczniki należy również wyposażać w liczniki zadziałań, których zaciski uziomowe powinny być połączone z uziemieniem stacji.
 - 3) Zaciski neutralne uzwojeń transformatorów również należy chronić ogranicznikami przepięć, jeżeli we wszystkich układach ruchowych nie są trwale, bezpośrednio połączone z uziemieniem stacji.
 - 4) Jeżeli przed każdym uzwojeniem transformatora zabudowano ograniczniki przepięć, a transformator wcześniej został wyposażony w iskierniki zamontowane na izolatorach przepustowych, to iskierniki te należy zdemontować.



Rys. nr 10. Przykładowe rozmieszczenia ograniczników przepięć w rozdzielni 110 kV.

7. Uziemienia urządzeń ochrony od przepięć.

Uziemienia urządzeń ochrony od przepięć w liniach napowietrznych i kablowych oraz w stacjach elektroenergetycznych powinny być wykonane zgodnie z wymaganiami zawartymi w normach dotyczących projektowania i budowy elektroenergetycznych linii napowietrznych i kablowych w kwestii ochrony od porażeń, a dla obiektów budowlanych odnośnie ochrony odgromowej. Powinny również uwzględniać wymagania zawarte w aktualnie obowiązującym Standardzie technicznym [S3].

7.1 Wymagane wartości rezystancji uziemienia odgromowego.

Wymagane wartości rezystancji uziemienia dla urządzeń sieci elektroenergetycznej powinny być zapewnione przy prądzie przemiennym o częstotliwości 50 Hz oraz powinny być zachowane przy wszystkich sezonowych zmianach rezystywności gruntu. Rezystancje uziemienia słupów linii z przewodami odgromowymi powinny być zapewnione oddzielnie dla każdego słupa, tzn. w warunkach, gdy uziom danego słupa nie jest połączony z uziomami sąsiednich słupów i stacji elektroenergetycznych. Można przyjąć, że warunki te są spełnione bez odłączania przewodów odgromowych od słupów linii, jeżeli rezystancja uziemienia jest mierzona przy zastosowaniu metody eliminującej wpływ sąsiednich uziomów.

$$R_{max} = R \cdot k_r$$

Gdzie:

R_{max} – największa spodziewana rezystancja uziemienia, w Ω ,

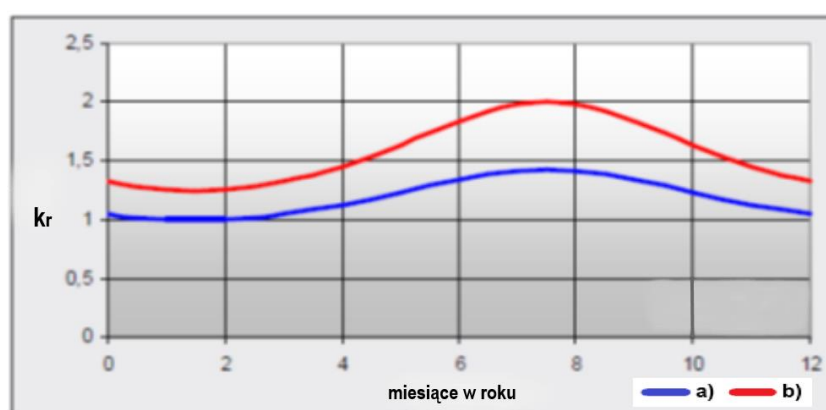
R – rezystancja uziemienia zmierzona, w Ω ,

k_r – wskaźnik sezonowych zmian rezystywności gruntu.

Tabela nr 5. Wskaźniki sezonowych zmian rezystywności gruntu.

Rodzaj uziomu	Rozmiar uziomu	Rezystywność gruntu [Ω m]	Wskaźnik k_r		
			grunt w czasie pomiarów		
			Suchy ¹⁾	Wilgotny ²⁾	Mokry ³⁾
Uziom poziomy na głębokości 0,6 do 1 m	$l < 30$ m	dowolna	1,4	2,2	3,0
Uziom poziomy ułożony głębiej niż 1 m	$l < 30$ m	dowolna	Wartość k_r odczytana z poniższego wykresu		
Uziom kratowy	$S_E < 900$ m ²	$\rho \leq 200$	1,3	1,8	2,4
		$\rho > 200$	1,4	2,2	3,0
	$S_E \geq 900$ m ²	$\rho \leq 200$	1,1	1,3	1,4
		$\rho > 200$	1,2	1,6	2,0
Uziom pionowy	$l = (2,5 \div 5)$ m	dowolna	1,2	1,6	2,0
	$l > 5$ m	dowolna	1,1	1,2	1,3

- 1) W okresie od czerwca do września włącznie z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych obfitych opadach.
- 2) W okresie od października do maja, poza okresem zaliczanym do okresu ¹⁾, z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.
- 3) W okresie trzech dni po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.



Wartość współczynnika k_r dla uziomów poziomych położonych na głębokości co najmniej 1 m,

- a) dla okresów długotrwałej suszy lub dla uziomu umieszczonego w obszarze wód gruntowych,
- b) dla okresów po opadach deszczu.

7.2 Uziomy naturalne.

Jako uziomy należy wykorzystywać przede wszystkim uziomy naturalne, takie jak fundamenty słupów i konstrukcji stalowych oraz zakopane części słupów i konstrukcji żelbetowych, umieszczone w odległości do 50 m od zacisku uziemiającego uziemiającego urządzenia.

Standard techniczny nr 48/2024 wymagań i zasad stosowania ochrony od przepięć w liniach i stacjach elektroenergetycznych TAURON Dystrybucja S.A. (wersja pierwsza).

7.3 Dodatkowe uziomy sztuczne.

Dodatkowe uziomy sztuczne należy wykonywać tylko w takich przypadkach, kiedy uziomy naturalne nie spełniają wymagań dotyczących rezystancji uziemienia. Uziomy sztuczne zaleca się umieszczać w odległości do 35 m od zacisku uziemiającego uziemianego urządzenia.

7.4 Rezystancja uziemienia słupów.

Rezystancja uziemienia każdego ze słupów linii z przewodami odgromowymi nie powinna przekraczać wartości podanych w dalszej części dokumentu, w tabeli nr 6.

Niezależnie od rezystywności gruntu, rezystancja uziemienia słupów na których zainstalowano ograniczniki przepięć nie powinna przekraczać 10 Ω .

Tabela nr 6. Wartości rezystancji uziemienia słupów linii z przewodami odgromowymi.

Napięcie znamionowe sieci U_n	Rezystancja uziemienia słupów przy rezystywności gruntu	
	$\rho < 1000 \Omega \cdot m$	$\rho \geq 1000 \Omega \cdot m$
110 kV	$\leq 10 \Omega$	$\leq 15 \Omega$

7.5 Wysoka rezystywności gruntu.

W przypadku wyjątkowo wysokiej rezystywności gruntu, jeżeli uzyskanie wymaganej rezystancji uziemienia na podejściach do stacji i w przęsłach specjalnych pociąga za sobą wysokie koszty, dopuszcza się większe wartości rezystancji uziemienia niż podane, pod warunkiem zastosowania rozwiązań zapewniających nie mniejszą skuteczność ochrony od przepięć niż skuteczność uzyskiwana przy spełnieniu ww. wymagań, na przykład zwiększenie znormalizowanego wytrzymywanego napięcia udarowego piorunowego izolacji zastosowanej w linii lub zainstalowanie liniowych ograniczników przepięć na wybranych słupach linii.

7.6 Przewody łączące przewody odgromowe i ograniczniki przepięć.

Przekrój przewodów łączących przewody odgromowe i ograniczniki przepięć zainstalowane na słupach z uziomem, powinien być dobrany do wartości prądów zwarciovych występujących w miejscu ich zainstalowania, zgodnie ze Standardem technicznym [S3]. Jako przewody uziemiające zaleca się wykorzystywać przewodzące elementy słupów i konstrukcji wsporczych. W liniach na słupach stalowych funkcję przewodów uziemiających pełni stalowa konstrukcja słupa.

8. Ochrona sieci elektroenergetycznych średniego napięcia.

8.1 Linie z przewodami nieizolowanymi i niepełnoizolowanymi.

Minimalne odstępy powietrzne w instalacjach elektroenergetycznych dla nieizolowanych i niepełnoizolowanych torów prądowych podano w dalszej części dokumentu, w tabeli nr 7.

Tabela nr 7. Wartości znamionowych napięć wytrzymywanych i minimalne odstępy izolacyjne w powietrzu w instalacjach elektroenergetycznych o napięciu $1 \text{ kV} < U_m \leq 100 \text{ kV}$.

U_n/U_m	Znamionowe, wytrzymywane napięcie przemienne	Znamionowe, wytrzymywane napięcie udarowe piorunowe	Minimalne odstępy izolacyjne doziemny i międzyfazowy oznaczone literą N	
	wartości szczytowe		wnętrzowe	napowietrzne
[kV]	[kV]	[kV]	[m]	[m]
20/24	50	125	0,16 / 0,22	
30/36	70	170	0,27 / 0,32	

- Odległości podstawowe nieizolowanych i niepełnoizolowanych torów prądowych do obudów, przegród i przeszkód powinny być nie mniejsze niż podane odstępy N.
Dla warunków specjalnych odstępy minimalne między częściami instalacji w powietrzu, , powinny być większe od odstępów podstawowych o:
 - 20% jeśli istnieje ryzyko opozycji faz,
 - 25% jeśli występują elementy o różnych poziomach napięć (zwiększona wartość odnosi się do wyższego poziomu napięcia),
 - 75% jeśli przewód wychyla się pod wpływem wiatru.
- Najmniejszy odstęp izolacyjny w powietrzu, czyli najmniejsza odległość części urządzeń pod napięciem od innych elementów uziemionych, zależy od napięcia znamionowego i rodzaju rozwiązania konstrukcyjnego rozdzielnic (wnętrzowa lub napowietrzna).
- W liniach z przewodami niepełnoizolowanymi dopuszcza się chwilowe, zetknięcia pomiędzy pojedynczymi przewodami poza punktami ich zamocowania. Zakłada się przy tym, że w warunkach zetknięcia się przewodów nie występują przebiegi, na które izolacja takich przewodów nie jest projektowana. Odległość pozioma i pionowa między przewodami niepełnoizolowanymi różnych linii prowadzonych na wspólnej konstrukcji nie powinna być mniejsza niż 0,6 m.

W jednonapięciowych liniach z przewodami niepełnoizolowanymi odległość pozioma i pionowa między punktami zamocowania przewodów nie powinna być mniejsza niż 0,4 m. Przepisy dotyczące zasad projektowania, budowy i eksploatacji instalacji elektroenergetycznych o napięciach wyższych od 1 kV są zawarte w normie [N8]. Dla instalacji o napięciu SN, w których są zachowane wymagane minimalne odstępy izolacyjne w powietrzu układ izolacyjny nie wymaga wykonywania badań wytrzymałości elektrycznej. W przypadku gdy nie są zachowane powyższe wymagane odstępy, układ powinien dodatkowo przejść z wynikiem pozytywnym próby wytrzymałości elektrycznej.

8.2 Linie z przewodami izolowanymi.

W jednonapięciowych liniach z przewodami pełnoizolowanymi lub w napowietrznych liniach kablowych przewody poszczególnych faz mogą się ze sobą stykać (stykają się). Izolacja robocza takich linii musi jednak spełniać wymagania wynikające z znamionowych napięć wytrzymywanych. Nie określa się odległości przewodów pełnoizolowanych od konstrukcji wsporczych. Zawieszenie lub prowadzenie przewodów pełnoizolowanych na uchwytach powinno zapewniać zachowanie takich odległości od konstrukcji wsporczych oraz elewacji budynków, aby w przewidywanych warunkach nie mogło wystąpić mechaniczne uszkodzenie izolacji przewodów.

8.3 Punkt neutralny.

Sposób uziemienia punktu neutralnego sieci SN powinien uwzględniać wymagania dotyczące eksploatacji sieci i niezawodności zasilania odbiorców oraz zapewniać prawidłowe działanie zabezpieczeń od zwarć z ziemią i urządzeń automatyki łączeniowej.

Wymagania techniczne dla punktów neutralnych sieci SN, zostały szczegółowo opisane w Standardzie technicznym [S11].

8.4 Stacje i rozdzielnie SN.

Dla urządzeń w stacjach i rozdzielniach o napięciu znamionowym od 6 kV do 30 kV, ochronę od przepięć przenoszonych przewodami roboczymi sieci, należy realizować za pomocą ograniczników przepięć zainstalowanych przy wszystkich uzwojeniach każdego transformatora. Ograniczniki należy rozmieścić w taki sposób, aby we wszystkich układach ruchowych izolacja urządzeń stacyjnych była chroniona co najmniej przez jeden ich komplet. Ograniczniki przepięć powinny być zainstalowane pomiędzy chronionym uzwojeniem transformatora, a najbliższym łącznikiem w obwodzie tego uzwojenia. Dopuszcza się instalowanie bezpieczników między ogranicznikami przepięć a transformatorem.

Transformatory uziemiające, zaciski neutralne, do których są przyłączone urządzenia do kompensacji lub rezystory uziemiające, należy chronić ogranicznikami przepięć zainstalowanymi tak blisko chronionych zacisków jak to tylko jest możliwe.

Urządzenia stacji połączonych z liniami napowietrznymi bezpośrednio lub za pośrednictwem kabli krótszych niż 2 km należy chronić ogranicznikami przepięć.

W stacjach przelotowych połączonych z liniami napowietrznymi za pomocą kabli krótszych niż 2 km, ale nie krótszych niż 0,5 km można nie instalować ograniczników przepięć.

8.5 Ochrona od przepięć.

Do ochrony od przepięć sieci średnich napięć należy stosować ograniczniki przepięć, a w liniach z przewodami niepełnoizolowanymi również układy łukoochronne.

- a. Instalowane w sieciach średnich napięć ograniczniki przepięć, powinny być wyłącznie ogranicznikami beziskiernikowymi, wykonanymi w postaci stosu warystorów ze spieku, na bazie tlenku cynku z dodatkiem tlenków innych metali. Warystory powinny być umieszczone w obudowie wewnętrznej wykonanej z materiału izolacyjnego zapewniającego dobrą wytrzymałość elektryczną i mechaniczną, oraz powinny mieć jednolitą osłonę zewnętrzną z tworzywa sztucznego – guma silikonowa HCR lub LSR. Metalowe części ograniczników wystawione na wpływy atmosferyczne powinny być

odporne na korozję (np. stal nierdzewna) lub powinny być odpowiednio zabezpieczone przed korozją (np. poprzez ocynkowanie ogniowe).

Tabela nr 8. Podstawowe dane techniczne ograniczników przepięć przyłączanych do przewodów roboczych w sieciach średnich napięć.

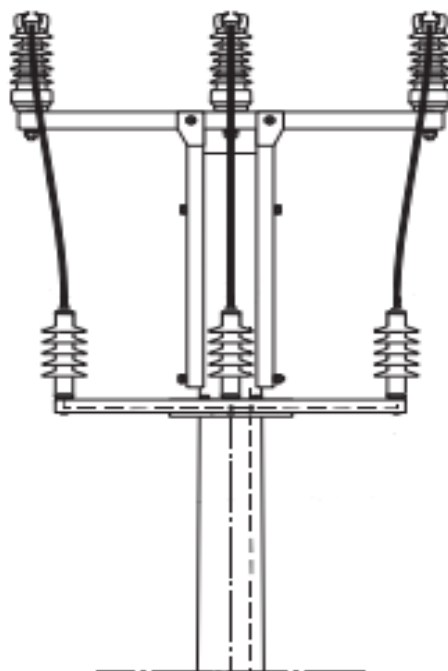
Klasa ogranicznika	DH
Graniczny prąd wyładowczy	≥ 100 kA
Znamionowy prąd wyładowczy 8/20 μ s	≥ 10 kA
Wytrzymałość zwarciova	≥ 20 kA
Powtarzalny przepływ ładunku Q_{rs}	$\geq 0,4$ C
Znamionowy ładunek cieplny Q_{th}	$\geq 1,1$ C

Napięcie znamionowe sieci U_n [kV]	Najwyższe napięcie sieci U_s [kV]	Napięcie trwałej pracy ogranicznika U_c [kV]	Napięcie znamionowe ogranicznika U_r [kV]	Piorunowy poziom ochrony U_{pl} [kV]	Min. droga upływu dla III strefy zabr. [mm]
6	7,2	$\geq 7,2$	≥ 9	≤ 28	≥ 180
10	12	≥ 12	≥ 15	≤ 45	≥ 300
15	17,5	$\geq 17,5$	≥ 22	≤ 65	≥ 438
20	24	≥ 24	≥ 30	≤ 87	≥ 600
30	36	≥ 36	≥ 45	≤ 130	≥ 900

b. Ograniczniki przepięć należy stosować do ochrony:

- transformatorów zasilających sieci niskiego napięcia,
- linii napowietrznych na wejściu do stacji,
- w miejscach połączeń linii na słupach nieprzewodzących z linią na słupach przewodzących,
- połączeń linii kablowych z napowietrznymi liniami z przewodami gołymi lub niepełnoizolowanymi,
- w przęsłach specjalnych np.: nad rzekami, gdy występują bardzo wysokie słupy o wysokości powyżej 20 m.
- na słupach linii napowietrznych gdy występuje pomiar energii.

Połączenia ograniczników przepięć z zaciskami chronionych urządzeń i uziemieniem powinny być wykonywane najkrótszą drogą.



Rys. 11. Przykład zabudowy ograniczników przepięć w linii napowietrznej SN z przewodami niepełnoizolowanymi.

- c. Ochrona przeciwłukową w liniach z przewodami niepełnoizolowanymi powinna być realizowana jako ochrona typu iskiernikowego z zastosowaną ochroną przeciw ptakom. Układy łukoochronne wykonane zgodnie z normą [N12] nie wymagają uziemiania, jednak zainstalowane na słupach uziemionych należy połączyć z tym uziemieniem, a w przypadku uziemienia konstrukcji na słupie, układy łukoochronne pełnią również funkcję ochrony od przepięć.
- d. Na słupach, na których zostały zainstalowane ograniczniki przepięć nie jest wymagane stosowanie układów łukoochronnych. Na słupach z izolatorami stojącymi należy stosować układy łukoochronne, które są wyposażane w zabezpieczenia przeciw ptakom. Dla układów łukoochronnych przerwę łukową należy dobierać odpowiednio do napięcia pracy linii SN: 12 cm dla linii 15 kV, 15 cm dla linii 20 kV i 21 cm dla linii 30 kV.



Rys. 12. Przykład ochrony przeciwłukowej typu różkowego z zastosowaną ochroną przeciw ptakom.

e. Układy łukoochronne należy stosować na:

- słupach skrzyżowaniowych, odporowych, krańcowych i rozgałęźnych.
- słupach usytuowanych przy zbliżeniu do dróg i zabudowań.
- słupach na granicy terenów niezabudowanego i leśnego.
- słupach zlokalizowanych na wzniesieniach.
- słupach linii w terenie niezabudowanym, nie rzadziej niż, na co trzecim słupie.
- słupach linii prowadzonej w terenie leśnym, nie rzadziej niż, na co piątym słupie.
- słupach z odłącznikami i rozłącznikami sekcjonującymi sieć, po obu stronach, aby ochrona była skuteczna przy otwartych stykach rozłącznika lub odłącznika.
- słupach z odłącznikami i rozłącznikami na końcach linii, po jednej stronie od zasilania linii.

9. Ochrona sieci elektroenergetycznych niskiego napięcia.

Ochrona od przepięć sieci niskiego napięcia (230/400 V) obejmuje sieć elektroenergetyczną od zacisków uzwojeń nN transformatorów SN/nn w stacjach zasilających, do przyłączy napowietrznych lub złączy kablowych u odbiorców energii elektrycznej.

9.1 Znormalizowane poziomy izolacji.

Jako napięcie znamionowe udarowe dla sieci niskiego napięcia, należy stosować wartość napięcie określoną w normie [N16] dla IV kategorii przepięć.

Tabela nr 9. Wymagane znamionowe napięcia udarowe sieci niskiego napięcia (230/400).

Nominalne napięcie układu zasilania	Napięcie fazowe określone na podst. nominalnych napięć włącznie do	Napięcie znamionowe udarowe kategoria przepięć IV
[V]		
230/400	300	6000

Izolacja sieci niskiego napięcia oraz izolacja urządzeń w niej stosowanych powinna być tak wykonana, aby wytrzymywane napięcie udarowe piorunowe U_{wi} izolacji tych sieci oraz urządzeń, nie było mniejsze od 6000 V.

Ochronę przed przepięciami w sieciach nN należy realizować poprzez ograniczenie przepięć o charakterze udarowym do poziomu niższego od 6000 V. Warunek ten powinien zapewnić ochronę przed przepięciami również liczników energii elektrycznej.

9.2 Ograniczniki przepięć.

W sieciach niskiego napięcia podstawowym środkiem ochrony od przepięć powinny być SPD (ang. Surge Protective Device – urządzenie przeciwprzepięciowe) ograniczające napięcie czyli ograniczniki przepięć z jednym przyłączem, z jedną gałęzią ochrony, typu 2 (badane według próby klasy II). Podstawowe dane techniczne ograniczników przepięć dla sieci niskiego napięcia powinny odpowiadać wymaganiom zawartym w poniższej tabeli nr 10.

Tabela nr 10. Podstawowe dane techniczne SPD dla sieci niskiego napięcia.

Napięcie pracy ciągłej	$U_c \geq$	440 V
Znamionowy prąd wyładowczy 8/20 μ s	$I_n \geq$	10 kA
Maksymalny prąd wyładowczy 8/20 μ s	$I_{max} \geq$	40 kA
Napięciowy poziom ochrony	$U_p \leq$	2500 V
Wytrzymałość zwarciova	$I_s \geq$	4,5 kA

Dla sieci o napięciu międzyprzewodowym 400 V, napięcia pracy ciągłej ograniczników równe 440 V, zapewnia poprawną pracę ograniczników we wszystkich typach sieci. Napięciowy poziom ochrony takich ograniczników zapewnia również obniżenie wartości szczytowych przepięć poniżej wymaganego poziomu 6000 V.

Ograniczniki przepięć dla linii napowietrznych nN powinny być umieszczane w obudowie z materiału odpornego na promieniowanie UV, korozję i erozję.

Ograniczniki przepięć dla linii napowietrznych, montowane na przewodach powinny być wyposażone w zacisk liniowy dostosowany do typu przewodu (przewody gołe lub przewody izolowane) i jego przekroju.

Ograniczniki przepięć powinny być wyposażone w odłączniki, czyli urządzenia do odłączania ogranicznika w przypadku jego uszkodzenia wraz z sygnalizacją tego stanu. Rozwiązanie to zapobiega trwałemu zwarciu w sieci oraz sygnalizuje w sposób widoczny uszkodzenie ogranicznika przepięć.

9.3 Urządzenia stacyjne niskiego napięcia.

Urządzenia stacyjne niskiego napięcia w stacjach SN/nn, połączone z liniami napowietrznymi nN bezpośrednio lub za pośrednictwem linii kablowych ułożonych w ziemi, krótszych niż 150 m, należy chronić za pomocą ograniczników przepięć.

Ograniczniki należy rozmieścić w taki sposób, aby przy uzwojeniu niskiego napięcia każdego transformatora SN/nn był zainstalowany ich komplet. Układy izolacyjne urządzeń stacyjnych niskiego napięcia powinny być chronione we wszystkich układach ruchowych przez co najmniej jeden ich komplet. Ograniczniki stosowane do ochrony uzwojeń niskiego napięcia transformatorów zaleca się instalować bezpośrednio przy transformatorach, pomiędzy zaciskami fazowymi uzwojeń niskiego napięcia, a kadrą transformatora połączoną z uziemieniem ochronnym. Połączenia ograniczników z zaciskami fazowymi uzwojeń niskiego napięcia i kadrą transformatora powinny być jak najkrótsze.

9.4 Linie napowietrzne i kablowe niskiego napięcia.

W liniach napowietrznych ograniczniki przepięć niskiego napięcia należy instalować między każdym przewodem fazowym, a przewodem ochronno-neutralnym PEN w sieciach o układzie TN-C lub neutralnych N w sieciach o układzie TT. W sieciach o układzie pracy TN-S ochronie przed przepięciami podlega też przewód neutralny N. Jeżeli jest to możliwe ograniczniki należy instalować bezpośrednio na przewodach fazowych za pomocą osprzętu będącego jego częścią, dostosowanego do typu i przekroju przewodów. Przekroje przewodów łączących ograniczniki z przewodami linii nN, należy dobrać do prądów zwarciovych występujących w miejscu ich zainstalowania.

9.5 Uziemienia odgromowe.

Uziemienia odgromowe w miejscach instalacji ograniczników przepięć w sieci niskiego napięcia powinny spełniać wymagania ogólne dotyczące ochrony od porażeń i ochrony odgromowej obiektów budowlanych oraz wymagania dotyczące budowy elektroenergetycznych linii napowietrznych i kablowych. Rezystancja uziemienia odgromowego w miejscach instalacji ograniczników przepięć, na stanowiskach gdzie rezystywność gruntu nie przekracza $1000 \Omega m$ nie powinna być większa niż 10Ω . W przypadku gdy rezystywności gruntu na stanowiskach instalacji ograniczników przepięć ma wartość powyżej $1000 \Omega m$, rezystancja uziemienia odgromowego może być większa, jednak nie może przekraczać 15Ω . Uziemienia w miejscach instalacji ograniczników przepięć, powinny być wykonane jako wspólne z uziemieniem funkcjonalnym przewodu ochronno-neutralnego.

W stacjach SN/nN, należy łączyć uziemienia ochronne i funkcjonalne we wszystkich przypadkach, w których jest to tylko dopuszczalne.

Jako przewody uziemiające zaleca się stosowanie przewodów wykonanych z linki miedzianej w izolacji odpornej na działanie promieniowania UV o przekroju nie mniejszym niż 16 mm^2 .

W przypadku stosowania jako przewody uziemiające przewodów innych niż miedziane, przekroje tych przewodów ze względu na wytrzymałość mechaniczną i korozyjną nie powinny być mniejsze niż: 35 mm^2 dla aluminium i $30 \times 4 \text{ mm}^2$ dla stali.

Połączenia SPD z przewodem PEN, uziomem oraz z uziemionymi metalowymi elementami chronionego urządzenia powinny być możliwie krótkie.

10. Postanowienia końcowe

Za aktualizację Standardu odpowiedzialne jest Biuro Standaryzacji. Nadzór nad realizacją postanowień Standardu sprawuje Wiceprezes Zarządu ds. Operatora.

11. Załącznik.

11.1 Załącznik nr 1: Dokumenty i normy związane.