



PGE Dystrybucja SA

Oddział Lublin

**Wytyczne
projektowania oraz badania ochrony
przeciwporażeniowej
w sieciach dystrybucyjnych
PGE Dystrybucja SA Oddział Lublin**

Zatwierdził do stosowania

PGE Dystrybucja S.A.

Oddział Lublin:

PGE Dystrybucja S.A.
Oddział Lublin

28.08.2012

Z-ca Dyrektora Generalnego
Andrzej Seibior

Data i podpis

Lublin, sierpień 2012

Wszelkie prawa do powielania, rozpowszechniania całości lub jakiegokolwiek części niniejszego opracowania przysługują PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin i podlegają pełnej ochronie prawnej przewidzianej stosownymi przepisami prawa polskiego, w szczególności ustawy o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 2001 r. oraz ustawy o zwalczaniu nieuczciwej konkurencji z dnia 16 kwietnia 1993 r. Każdy z użytkowników zobowiązany jest do poszanowania praw autorskich pod rygorem odpowiedzialności cywilnoprawnej oraz karnej wynikającej z przepisów prawa.

Spis treści

1	WSTĘP.....	4
1.1	Podstawa prawna	4
1.2	Aktualizacja wytycznych.....	4
1.3	Cel i zakres opracowania	4
1.4	Podstawowe oznaczenia i definicje	4
2	BADANIE OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ W SIECI ISTNIEJĄCEJ	7
2.1	Sieć istniejąca, która nie była przebudowywana	7
2.2	Sieć istniejąca, która była przebudowywana	7
2.3	Sieć istniejąca, w pobliżu której zostały wybudowane nowe obiekty	7
2.4	Stacje wewnętrzne SN/nN będące częścią zespolonej instalacji uziemiającej	7
2.5	Uziemienia eksploatowane w sieciach nN.....	8
3	WYTYCZNE PROJEKTOWANIA W ZAKRESIE OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ.....	9
3.1	Linie napowietrzne WN i SN.....	9
3.2	Stacje SN/nN	9
3.3	Sieć nN	10
3.3.1	Wymagania dla sieci nN w układzie TN.....	11
3.3.2	Wymagania dla sieci nN w układzie TT.....	13
4	ZAŁĄCZNIK Nr 1 - Wytyczne budowy uziomów w PGE Dystrybucja LUBZEL	15

1 WSTĘP

1.1 Podstawa prawna

- a) Ustawa z dnia 07.07.1994 Prawo Budowlane (tekst jednolity) Dz. U. Nr 89 poz. 414
- b) Wytyczne badań skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w liniach i stacjach elektroenergetycznych LUBZEL Dystrybucja Sp. z o.o. – opracowanie Instytutu Energetyki Politechniki Wrocławskiej. Raport serii Sprawozdania nr I-8/S-22/07. Wrocław 2007 r.
- c) Opracowanie Politechniki Poznańskiej pt. Analiza zagadnień ziemnozwarciowych w sieci SN PGE Dystrybucja LUBZEL Sp. z o.o Poznań 2009 r.
- d) Wytyczne do budowy systemów elektroenergetycznych rekomendowanych w GK PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin
- e) Zakres pomiarów i prób eksploatacyjnych urządzeń sieci elektroenergetycznych oraz terminy ich wykonania - Instrukcja E-60
- f) Ogólna i szczegółowe specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych obowiązujące w PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin
- g) PN-E-05115 Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV
- h) PN-EN 50341-1 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45 kV – Część 1: Wymagania ogólne – Wspólne specyfikacje.
- i) PN-EN 50423-1. Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV do 45 kV włącznie – Część 1: Wymagania ogólne – Wspólne specyfikacje.
- j) N SEP-E-001; 2003. Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa

1.2 Aktualizacja wytycznych

Aktualizacja „Wytycznych...” jest dokonywana poprzez opracowanie i wydanie nowych „Wytycznych...”

1.3 Cel i zakres opracowania

Celem opracowania „Wytycznych projektowania oraz badania ochrony przeciwporażeniowej w sieciach dystrybucyjnych PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin” (zwanych dalej Wytycznymi), jest ujednolicenie rozwiązań technicznych w zakresie ochrony od porażeń stosowanych przy budowie nowych oraz remoncie istniejących sieci elektroenergetycznych oraz wykonywanie badań ochrony przeciwporażeniowej.

Niniejsze Wytyczne określają podstawowe wymagania i rozwiązania techniczne stawiane ochronie od porażeń, obowiązujące w sieciach dystrybucyjnych PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin

Przy projektowaniu uziemień należy dążyć do osiągnięcia optymalnych kosztów ich wykonania przy spełnieniu wymagań obowiązujących przepisów.

1.4 Podstawowe oznaczenia i definicje

- U_T – napięcie dotykowe rażeniowe występujące w sieci SN, część napięcia uziomowego, wywołanego doziemieniem, które może pojawić się na ciele człowieka zakładając, że prąd przepływa przez ciało człowieka na drodze ręka – stopy (pozioma odległość od części dotykanej 1m),
- U_{Tp} – dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe odczytane z wykresu dla przyjętego czasu przepływu prądu rażeniowego (dla sieci SN z kompensacją należy przyjąć 80 V dla czasu

- 4 s, dla sieci SN z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor należy przyjąć 200 V dla czasu 0,5 s, dla linii WN w zależności od rzeczywistego czasu przepływu prądu rażeniowego),
- U_F – napięcie zakłócenia występujące w sieci nN (dla sieci SN z kompensacją należy przyjąć 68 V dla czasu 4 s, dla sieci SN z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor należy przyjąć 135V dla czasu 0,5 s).
- U_E – napięcie uziomowe (spadek napięcia na rezystancji uziemienia).
- R_E – dla sieci SN: rezystancja pojedynczego uziemienia ochronnego,
- R_E – dla układu TN: minimalna rezystancja między przewodem liniowym (fazowym) i ziemią odniesienia w miejscu zwarcia
- R_B – dla układu TN: rezystancja pojedynczego uziemienia ochronno – roboczego przewodu PEN (PE).
- R_B – dla układu TT: rezystancja uziemienia ochronno roboczego.
- R_A – dla układu TT: rezystancja uziemienia ochronnego.
- R_{B1} – wypadkowa rezystancja uziemień o $R_B \leq 30 \Omega$ (każdego uziemienia) znajdujących się wraz z uziemianym przewodem PEN (PE) na obszarze koła o średnicy 200 m, zakreślonego (w dowolny sposób) dookoła stacji.
- R_{B2} – wypadkowa rezystancja wszystkich uziemień punktów neutralnych sieci niskiego napięcia i uziemień przewodów PEN (PE) linii tworzących tą sieć.
- R_{B3} – wypadkowa rezystancja uziemień o $R_B \leq 30 \Omega$ (każdego uziemienia) znajdujących się wraz z uziemianym przewodem PEN (PE) na obszarze koła o średnicy 300 m, zakreślonego (w dowolny sposób) dookoła końca linii i jej odgałęzień.
- R_{EKS} – oznaczenie uziemień eksploatowanych, podlegających pomiarom zgodnie z N SEP-E-001: 2003.
- I_c – prąd pojemnościowy w sieci SN kompensowanej. Sugeruje się, aby wielkość prądu przyjmować jako sumę prądów poszczególnych sekcji powiększoną o współczynnik rozwoju sieci jak poniżej (na podstawie opracowania Politechniki Poznańskiej pt. Analiza zagadnień ziemnozwarciowych w sieci SN PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin). Ostateczną decyzję na temat wielkości prądu przyjmowanego do oceny ochrony przeciwporażeniowej należy podjąć po przeanalizowaniu aktualnych planów rozwoju danej sieci:

L.p.	Aktualny prąd pojemnościowy sieci w A	Współczynnik uwzględniający rozwój sieci
1	2	3
1	do 84 A	1,5
2	84 – 154 A	1,3
3	154 – 191 A	1,25
4	>191 A	1,2

Zespolona instalacja uziemiająca - (wg PN-E-05115) to równoważny układ uziemiający, utworzony przez wzajemne połączenie lokalnych instalacji uziemiających, który dzięki bliskości instalacji uziemiających zapewnia, że nie wystąpią niebezpieczne napięcia dotykowe rażeniowe. Rozwiązanie to prowadzi do rozprzyszczenia prądu zwarcia doziemnego, który powoduje obniżenie napięcia uziomowego w lokalnej instalacji uziemiającej i kształtuje prawie ekwipotencjalną powierzchnię.

Uziemienie stacji elektroenergetycznej średniego napięcia jest częścią zespolonej instalacji uziemiającej, gdy jednocześnie spełnione są następujące warunki:

1. rozpatrywana stacja i inne stacje, o których mowa poniżej w p. 2, znajdują się w szczególności na terenach: miejskich, o zwartej zabudowie osiedlowej, handlowo-przemysłowych,
2. uziom rozpatrywanej stacji jest połączony częściami przewodzącymi (nie będącymi częściami roboczymi) kabli średniego i/lub niskiego napięcia z co najmniej dwoma uziomami innych stacji wewnętrznych średniego napięcia połączonymi w podany sposób,
3. zmierzone lub obliczone napięcie uziomowe wypadkowe (wszystkich połączonych uziomów) spełnia jeden z poniższych warunków:

$$U_{E1} \leq 2U_{Tp}, \text{ lub}$$

- gdy są spełnione odpowiednie środki uzupełniające M {patrz Tablica 5.2 [b)]}

$$U_{E2} \leq 4U_{Tp}$$

Tablica 5.2. Zakres zastosowania określonych uznanych środków M dla stacji, pozwalających ograniczyć napięcia U_T do wartości nie przekraczających U_{Tp} przy odpowiednich napięciach uziomowych i czasach przepływu prądu zwarcia doziemnego [b]

Czas zwarcia t_F	U_E	Przy zewnętrznych ścianach i ogrodzeniach rozdzielni	Na terenie rozdzielni	
			wewnętrznej	napowietrznej
$t_F > 5 \text{ s}$	$U_E \leq 4 \cdot U_{Tp}$	M1 lub M2	M3	M4.1 lub M4.2
	$U_E > 4 \cdot U_{Tp}$	$U_T \leq U_{Tp}$	M3	M4.2
$t_F \leq 5 \text{ s}$	$U_E \leq 4 \cdot U_{Tp}$	M1 lub M2	M3	M4.2
	$U_E > 4 \cdot U_{Tp}$	$U_T \leq U_{Tp}$		

Środki uzupełniające M1 na zewnątrz budynków stacji wewnętrznych to:

M 1.1: Wykonanie dostępnych części ścian z materiałów nieprzewodzących (np. z kamienia lub drewna) bez uziemionych części metalowych.

M 1.2: Wyrównanie potencjałów przez zastosowanie uziomu poziomego ułożonego na zewnątrz ściany, na głębokości nie większej niż 0,5 m i w odległości ok. 1 m od niej.

M 1.3: Zastosowanie izolowanego stanowiska o szerokości, co najmniej 1,25 m Izolację stanowiska uznaje się przy tym za wystarczającą, jeżeli jest to: warstwa tłucznia o grubości co najmniej 100 mm, warstwa asfaltu na odpowiednim podłożu (np. na żwirze), mata izolacyjna o minimalnych wymiarach 1 m x 1 m i o grubości przynajmniej 2,5 mm lub środek zapewniający izolację równoważną.

Środki uzupełniające M3 w rozdzielniach wewnętrznych to:

M 3.1: Wyrównanie potencjałów przez wykonanie w fundamentach budynku kratowego układu uziomowego, którego oczka nie będą miały szerokości większej od 10 m lub zastosowanie metalowych siatek budowlanych o wystarczającej obciążalności prądowej. Uziom taki lub siatki należy łączyć z uziomem stacji co najmniej w dwóch różnych miejscach.

M 3.2: Wykonanie stanowisk metalowych i połączenie ich z uziomem rozdzielni i z dostępnymi ze stanowisk częściami przewodzącymi dostępnymi.

M 3.3: Wykonanie izolowanego stanowiska (patrz M 1.3) i wykonanie połączeń wyrównawczych części, które mogą być jednocześnie dostępne.

2 BADANIE OCHRONY PRZECIWPORĄŻENIOWEJ W SIECI ISTNIEJĄCEJ

2.1 Sieć istniejąca, która nie była przebudowywana

Dla istniejącej sieci WN i SN badanie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej opiera się na sprawdzeniu, czy stan ochrony jest zgodny z projektem.

W celu sprawdzenia skuteczności ochrony przeciwporażeniowej należy wykonać pomiar rezystancji uziomów. Jeżeli zmierzone rezystancje uziomów spełniają wymogi projektu lub przepisów obowiązujących w momencie przyjęcia sieci do eksploatacji, przyjmuje się, że ochrona przeciwporażeniowa została spełniona.

Jeżeli zmierzone rezystancje uziomów są większe od zaprojektowanych, należy odtworzyć stan projektowy (prawo zastane).

2.2 Sieć istniejąca, która była przebudowywana

Dla sieci istniejącej, która była przebudowywana (np. uproszczenie stacji SN/nN) badanie skuteczności ochrony przeciwporażeniowej opiera się na pomiarze napięć rażenia.

Jeżeli pomierzona wartość napięcia rażenia spełnia warunek $U_T \leq U_{Tp}$, przyjmuje się, że ochrona przeciwporażeniowa została spełniona.

Jeżeli warunek nie jest spełniony, należy rozbudować uziemienie ochronne tak, aby nie były przekroczone dopuszczalne wartości napięcia rażenia.

2.3 Sieć istniejąca, w pobliżu której zostały wybudowane nowe obiekty

W przypadku budowy nowych obiektów w pobliżu słupów WN i SN należy sprawdzić, czy dany słup posiada lub powinien posiadać ochronę przeciwporażeniową.

Jeśli słup powinien posiadać ochronę przeciwporażeniową a jej nie posiada, to należy ją wykonać tak, aby spełniony został warunek $U_T \leq U_{Tp}$.

2.4 Stacje wewnętrzne SN/nN będące częścią zespolonej instalacji uziemiającej

Dla stacji, których instalacje uziemiające są częściami zespolonej instalacji uziemiającej [ZIU] norma PN-E-05115 uznaje, że napięcia dotykowe rażeniowe U_T nie przekroczą wartości dopuszczalnych U_{Tp} . Zatem w stacjach takich można nie wykonywać pomiarów sprawdzających zagrożenie porażeniowe.

Należy sprawdzić (nie wymagane przez normę PN-E-05115) na drodze pomiarów, czy zespolona instalacja nie uległa z czasem dezintegracji. Sprawdzenia takie powinny polegać na wykonaniu, w losowo wybranych stacjach znajdujących się na obrzeżach zespolonej instalacji uziemiającej, pomiarów rezystancji R_E i pomiarów napięć dotykowych rażeniowych U_T oraz wykonaniu w losowo wybranych stacjach na terenie zespolonej instalacji uziemiającej, pomiarów napięć dotykowych rażeniowych U_T , na kilku stanowiskach wewnątrz i na zewnątrz stacji wewnętrznych.

Pomiary rezystancji uziomu R_E , wykonane w ramach pierwszych badań, będą w kolejnych badaniach podstawą oceny dezintegracji zespolonej instalacji uziemiającej. Jeżeli kolejne pomiary nie wykażą wzrostu napięcia uziomowego w stosunku do wartości uzyskanej w pomiarach „pierwotnych” o więcej jak 10%, należy uznać, że dezintegracja nie nastąpiła. Pomiary napięć dotykowych rażeniowych U_T w wybranych stacjach powinny potwierdzić, że na stacjach, których uziemienia wchodzą w skład zespolonej instalacji, nie należy spodziewać się zagrożenia porażeniowego przy uszkodzeniach.

Uwaga: W protokołach z badań stacji, na których nie wykonywano pomiarów okresowych należy w punktach dotyczących badań zaznaczyć, że uziomy tych stacji należy do zespolonej instalacji uziemiającej i nie jest wymagane sprawdzenie na drodze pomiarów rezystancji uziemienia. Należy też dodać, że przeprowadzono wyrwykowe badania sprawdzające czy nie nastąpiła dezintegracja zespolonej instalacji uziemiającej i jaki jest spodziewany poziom napięć dotykowych rażeniowych na tych stacjach, przywołując odpowiednie protokoły badań stacji, na których wykonano ostatnie pomiary R_E i U_T .

Liczba stacji będących częścią zespolonej instalacji uziemiającej [ZIU], na których należy wykonać pomiary R_E i U_T

Ilość stacji wchodzących w skład zespolonej instalacji uziemiającej	Ilość stacji, na których należy wykonać pomiary R_E i U_T na obrzeżach ZIU	Ilość stacji, na których należy wykonać pomiary U_T na terenie ZIU
< 20	1	1
20 ÷ 99	2	2
100 ÷ 500	3	3
> 500	4	4

2.5 Uziemienia eksploatowane w sieciach nN

W sieciach nN eksploatacji podlegają tylko uziemienia rozmieszczone zgodnie z punktem 3.3 niniejszych Wytycznych.

W dokumentacji eksploatacyjnej należy określić uziemienia R_{EKS} , które podlegają eksploatacji, poprzez zrobieniu stosownych wykazów z podaniem wartości granicznych oraz zaznaczeniem ich na schematach linii.

Wykazy należy sporządzać oraz jeśli zajdzie taka potrzeba aktualizować przed czasookresem pomiarów, uwzględniając w szczególności dobudowę nowych uziemić związanych ze zmianą konfiguracji sieci.

W terenie wykonując pomiary należy zaznaczać eksploatowane uziemienia R_{EKS} , poprzez namalowanie symbolu uziemienia (np. znacznikiem) na słupie lub złączu.

3 WYTYCZNE PROJEKTOWANIA W ZAKRESIE OCHRONY PRZECIWPORĄŻENIOWEJ

3.1 Linie napowietrzne WN i SN

Ochrona przeciwporażeniowa w nowobudowanych liniach napowietrznych WN i SN powinna spełniać następujące kryteria:

Przyjmuje się, że ochrona przeciwporażeniowa jest spełniona w przypadku, gdy słup został wykonany z materiału izolacyjnego oraz brak jest w zasięgu ręki części przewodzących mogących stworzyć zagrożenie porażeniowe.

Jeżeli konstrukcja słupa nie została wykonana z materiału izolacyjnego (nieprzewodzącego) należy rozpatrzyć 2 przypadki posadowienia słupa.

1. Jeżeli słup został posadowiony w otoczeniu nieczęsto uczęszczanym, oraz jednocześnie linia jest wyposażona w automatykę zabezpieczeniową przyjmujemy, iż ochrona przeciwporażeniowa jest spełniona.
2. Jeżeli słup został posadowiony w miejscu nieczęsto uczęszczanym oraz jednocześnie linia nie jest wyposażona w automatykę zabezpieczeniową, a także, gdy słup został posadowiony w miejscu często uczęszczanym należy zaprojektować typowe uziemienie ochronne otokowe (Zał. 1)

UWAGA: Przy określeniu miejsc często i nieczęsto uczęszczanych należy brać pod uwagę zapisy normy PN-EN 50341-1: 2005. Kwalifikacji miejsca posadowienia słupa dokonuje projektant w uzgodnieniu z właścicielem urządzeń.

Po wykonaniu uziemienia należy wykonać pomiar napięcia rażenia i sprawdzić warunek:

$$U_T \leq U_{Tp}$$

jeżeli powyższy warunek nie jest spełniony, należy dokonać rozbudowy uziemienia zgodnie z zaleceniami opisanymi w projekcie. Jako standard należy przyjąć uziom taśmowo – prętowy (TP-2x6) z rozbudową do uziomu taśmowo – prętowych (TP-4x6 i TP-4x6/T). Po spełnieniu warunku należy wykonać pomiar rezystancji uziemienia R_E , który będzie brany następnie pod uwagę w trakcie pomiarów eksploatacyjnych jako kryterium skuteczności ochrony przeciwporażeniowej opisanej w pkt. 2.

3.2 Stacje SN/nN

W celu spełnienia wymagań ochrony przeciwporażeniowej, należy zaprojektować typowe podstawowe uziemienie otokowe podane przez producenta danego typu stacji wewnętrznej lub dla stacji napowietrznych zgodnie z Załącznikiem nr 1.

W przypadku lokalizacji stacji wewnętrznej na terenie zespolonej instalacji uziemiającej sugeruje się (w zależności od warunków ruchowych) wykonać pomiar napięć rażenia po podłączeniu żył powrotnych kabli SN.

Po wykonaniu uziemienia należy wykonać pomiar napięcia rażenia i sprawdzić warunek:

$$U_T \leq U_{Tp} = 80V$$

jeżeli powyższy warunek nie jest spełniony, należy dokonać rozbudowy uziemienia zgodnie z projektem. Jako standard należy przyjąć uziom taśmowo – prętowy (TP-2x6) z rozbudową do uziomu taśmowo – prętowych (TP-4x6 i TP-4x6/T). Po spełnieniu warunku należy wykonać pomiar rezystancji uziemienia R_E , który będzie brany następnie pod uwagę w trakcie pomiarów eksploatacyjnych jako kryterium skuteczności ochrony przeciwporażeniowej opisanej w pkt. 2.

W przypadku gdy uziemienie urządzeń średniego napięcia stacji jest połączone z punktem neutralnym sieci nN pracującej w układzie TN (o połączeniu uziemień decyduje projektant w uzgodnieniu z właścicielem sieci kierując się względami technicznymi i ekonomicznymi), należy sprawdzić dodatkowo warunek:

$$R_{B2} \leq \frac{U_F}{I_E}$$

gdzie:

R_{B2} – wypadkowa rezystancja wszystkich uziemień punktów neutralnych stacji i przewodów PEN (PE),

U_F – napięcie zakłócenkowe (dla sieci SN z kompensacją należy przyjąć 68 V dla czasu 4 s, dla sieci SN z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor należy przyjąć 135V dla czasu 0,5 s).

Wartość uziemienia R_{B1} przyjąć zgodnie z wymaganiami określonymi dla linii nN.

3.3 Sieć nN

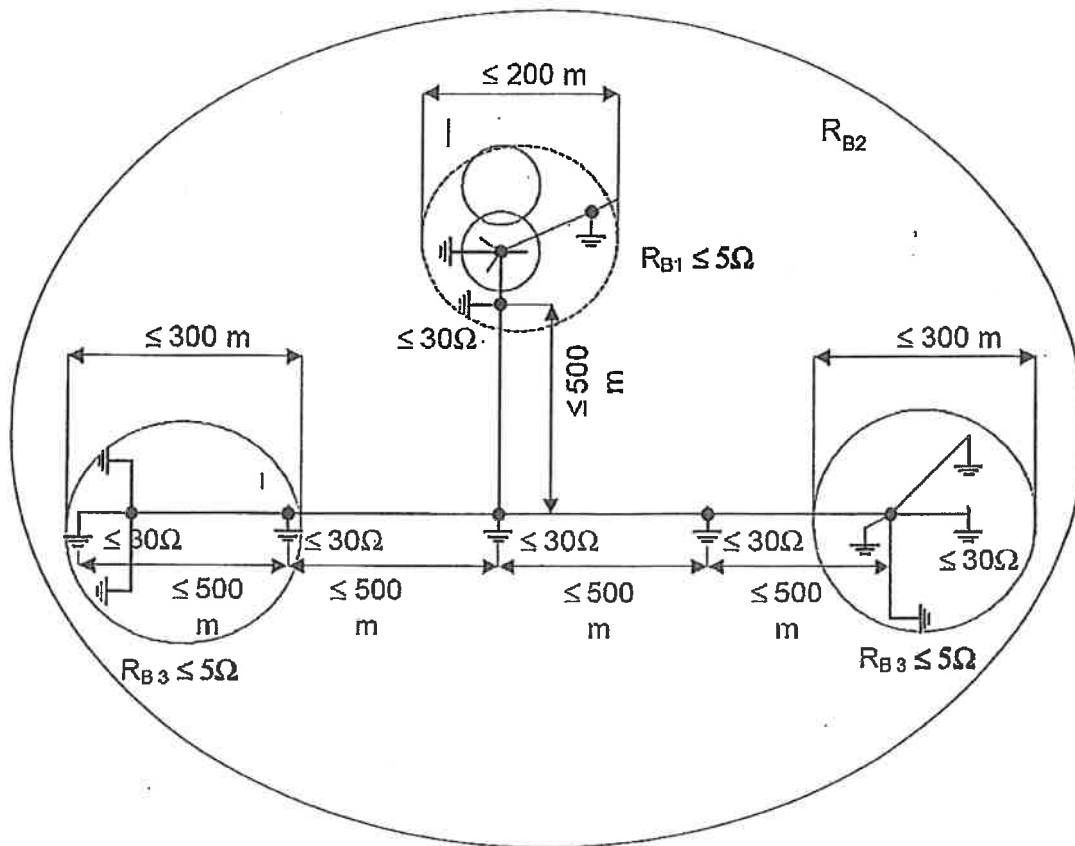
Nie jest wymagane stosowanie dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej dla słupów i konstrukcji wsporczych w przypadku instalowania na nich urządzeń posiadających II klasę izolacji.

W obwodach rozdzielczych linii stosuje się ochronę przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Ochrona przy dotyku pośrednim w elektroenergetycznych liniach napowietrznych i kablowych niskiego napięcia jest skuteczna, jeżeli:

- przy uszkodzeniu urządzenia ochrony obwodu uszkodzonego spowodują wyłączenie zasilania w wymaganym czasie,
- w linii zostaną wykonane uziemienia ochronno-robocze lub ochronne.

3.3.1 Wymagania dla sieci nN w układzie TN



1. Należy wykonać bezpośrednie uziemienie robocze wszystkich punktów neutralnych sieci, wykonane na każdym transformatorze lub w ich najbliższym sąsiedztwie.
2. Przewody PEN (PE) prowadzone wzdłuż trasy linii należy, wszędzie gdzie jest możliwe, łączyć z istniejącymi uziemieniami. Uziemienia te mają zapewnić zbliżenie potencjału przewodu ochronnego do potencjału ziemi.
3. Uziemienie punktu neutralnego sieci w układzie TN powinno spełniać następujące wymagania:
 - Wypadkowa rezystancji uziemień znajdujących się wraz z uziemionym przewodem ochronnym na obszarze koła o średnicy 200 m, zakreślonego dookoła stacji spełnia warunek $R_{B1} \leq 5 \Omega$.
 - Wypadkowa rezystancja R_{B2} wszystkich uziemień punktów neutralnych i przewodów PEN (PE) linii napowietrznych i innych linii tworzących sieć elektroenergetyczną, w których możliwe jest zwarcie doziemne z pominięciem przewodów PEN (PE) spełnia warunek:

$$R_{B2} = R_E \frac{50}{U_0 - 50} = 2,78 \Omega$$

gdzie:

R_E – minimalna rezystancja między przewodem liniowym (fazowym) i ziemią odniesienia w miejscu zwarcia, jeżeli ustalenie R_E jest trudne można przyjmować $R_E=10 \Omega$

- W przypadku, gdy uziemienie urządzeń SN stacji jest połączone z punktem neutralnym sieci nN pracującej w układzie TN, wypadkowa rezystancja R_{B2} wszystkich uziemień punktów neutralnych i przewodów PEN (PE) linii napowietrznych i innych linii tworzących sieć elektroenergetyczną spełnia warunek:

$$R_{B2} = \frac{U_F}{r \times I'_{K1}}$$

gdzie:

U_F – napięcie zakłócenkowe (dla sieci SN z kompensacją należy przyjąć 68 V dla czasu 4 s, dla sieci SN z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor należy przyjąć 135 V dla czasu 0,5 s)

I'_{K1} – prąd jednofazowego zwarcia doziemnego w urządzeniach stacyjnych (przyjmowany dla układu maksymalnego). Dla sieci SN z kompensacją należy przyjąć $I'_{K1}=0,2 I_c$, dla sieci SN z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor, należy przyjąć prąd początkowy zwarcia doziemnego każdorazowo podawany w warunkach technicznych przez użytkownika sieci.

r – współczynnik redukcji linii (należy przyjąć $r = 0,6$ dla stacji zasilanej liniami kablowymi SN na całej długości od GPZ i $r = 1$ dla pozostałych przypadków).

- 4. W przypadku gdy uziemienie ochronno – robocze pełni również rolę uziemienia odgromowego, jego rezystancja nie może przekraczać 10Ω .

Rozmieszczenie uziemień przewodu PEN/PE w napowietrznej sieci nN spełniać powinno następujące dodatkowe wymagania:

1. na końcu każdej linii i na końcu każdego odgałęzienia o długości większej niż od 200 m uziemienie o rezystancji $R_B \leq 30 \Omega$,
2. wzdłuż trasy linii o rezystancji $R_B \leq 30 \Omega$ tak, aby długość przewodu ochronnego pomiędzy uziemieniami roboczymi nie była większa niż 500 m,
3. na obszarze koła o średnicy 300 m określonego dowolnie dookoła końcowego odcinka każdej linii i jej odgałęzienia tak, aby koniec linii lub odgałęzienia znajdował się w tym kole, powinny znajdować się uziemienia o wartości wypadkowej rezystancji $R_{B3} \leq 5 \Omega$, obliczonej przy uwzględnieniu jedynie tych uziemień, których rezystancja $R_B \leq 30 \Omega$.

Rozmieszczenie uziemień przewodu PEN/PE w sieciach kablowych nN spełniać powinny następujące dodatkowe wymagania:

1. na końcu każdej linii i na końcu każdego odgałęzienia o długości większej niż od 200 m uziemienie o rezystancji $R_B \leq 30 \Omega$,
2. na obszarze koła o średnicy 300 m określonego dowolnie dookoła końcowego odcinka każdej linii i jej odgałęzienia tak, aby koniec linii lub odgałęzienia znajdował się w tym kole, powinny znajdować się uziemienia o wartości wypadkowej rezystancji $R_{B3} \leq 5 \Omega$, obliczonej przy uwzględnieniu jedynie tych uziemień, których rezystancja $R_B \leq 30 \Omega$.

3.3.2 Wymagania dla sieci nN w układzie TT

1. Wszystkie punkty neutralne sieci pracującej w układzie TT powinny być uziemione bezpośrednio.
2. Dla stacji SN/nN przyjmujemy następujące wartości:

$$R_B \leq 5\Omega$$

$$U_T \leq U_{Tp} = 80 \text{ V}$$

3. Punkt neutralny sieci niskiego napięcia powinien być przyłączony do uziomu stacji, jeżeli przepięcie wywołane zwarcieziemnym w urządzeniach stacji nie stwarza zagrożenia dla izolacji urządzeń niskiego napięcia znajdujących się poza stacją.
4. Przepięcia, o których mowa powyżej nie stanowią zagrożenia, jeżeli napięcie uziomowe U_E nie przekroczy wartości:

- 1200 V, gdy czas zwarcia nie przekracza 5 s,
- 250 V, gdy czas zwarcia przekracza 5 s.

Warunek powyższy jest spełniony, gdy rezystancja uziemienia ochronno-roboczego R_B spełnia warunek:

$$R_B \leq \frac{U_E}{r \times I''_{K1}}$$

gdzie:

I''_{K1} – prąd jednofazowego zwarcia doziemnego w urządzeniach stacyjnych (przyjmowany dla układu maksymalnego). Dla sieci SN z kompensacją należy przyjąć $I''_{K1} = 0,2 I_c$, dla sieci SN kompensowanej, dla sieci SN z punktem neutralnym uziemionym przez rezystor należy przyjąć prąd początkowy zwarcia doziemnego).

r – współczynnik redukcji linii (należy przyjąć $r = 0,6$ dla stacji zasilanej liniami kablowymi SN i $r = 1$ dla pozostałych przypadków)

5. W przypadku nie spełnienia warunku opisanego w pkt.4 uziemienie punktu neutralnego sieci nN należy wykonać jako oddzielne od uziemień urządzeń stacyjnych. Odległość pomiędzy uziemieniami nie powinna być mniejsza niż 20 m.
6. Przy wykonaniu uziemienia niezależnego, izolacja urządzeń nN znajdujących się na stacji narażona jest na przepięcia o wartości równej sumie napięcia fazowego sieci nN U_0 i napięcia uziomowego U_E . Przepięcia te powinny być wyłączone w czasie odpowiadającym poziomowi izolacji urządzeń nN znajdujących się na terenie stacji transformatorowej.
7. W liniach napowietrznych i kablowych nN pracujących w układzie TT wszystkie części przewodzące i dostępne powinny być uziemione.

Rezystancja uziemienia ochronnego R_A powinna spełniać warunek:

$$R_A \leq \frac{50}{I_a}$$

gdzie:

50 – dopuszczalne długotrwałe napięcie dotykowe, w V

I_a – prąd wyłączający zabezpieczenia zwarciovego poprzedzającego miejsce doziemienia, w A.

W liniach pracujących w układzie TT, jako prąd wyłączalny należy przyjmować wartość prądu powodującego samoczynne wyłączenie zasilania w czasie nie dłuższym niż 5 s.

Przy zastosowaniu zabezpieczeń zwarciovych w postaci bezpieczników topikowych dopuszcza się, aby czas samoczynnego wyłączenia zasilania był dłuższy niż 5 s a prąd wyłączający I_a był równy co najmniej 2-krotnej wartości prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej.

4 ZAŁĄCZNIK Nr 1 - Wytyczne budowy uziomów w PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin

Uziomy taśmowo-prętowy typu TP 2x6 z indeksem na początku 1, 2 lub 3 (oznaczającym ilość żerdzi słupa), należy wykonać zgodnie ze schematem konstrukcyjnym pokazanym na rysunku nr 1. Uziom powinien obowiązkowo posiadać otok wykonany z płaskownika Fe/Zn 25x4, ułożonego w ziemi na głębokości max. 0,6 m (dla gruntów ornych dopuszczalne jest ułożenie uziomu na głębokości większej niż 0,6 m) i w odległości 1,0 m od żerdzi słupa oraz dwa pręty uziemiające o długości 6 m każdy.

Kryterium skuteczności tak wybudowanego uziomu jest zachowanie dopuszczalnej wartości napięć rażeniowych dotykowych, określonych metodą pomiarową, w zależności od czasów trwania zwarcia.

W przypadku instalowania ograniczników, dodatkowym kryterium wielkości rezystancji uziomu jest nie przekroczenie wartości 10 Ω .

Kolejność prac przy wykonywaniu uziomu:

1. pograżenie dwóch prętów Fe o długości 6 m w sposób i w odległości jak na rysunku nr 1;
2. wykonywanie uziomu otokowego z płaskownika Fe/Zn 25x4 i połączenie go z pograżonymi prętami oraz dolnym zaciskiem uziemiającym żerdzie słupa;
3. dokonanie pomiarów i wyznaczenie wartości napięcia rażenia dotykowego;
4. porównanie wartości wyznaczonej z dopuszczalną;
5. jeżeli otrzymany wynik przekracza wartość dopuszczalną, należy przystąpić do rozbudowy uziomu o dodatkowe pręty - TP 4x6;
6. dokonać ponownych pomiarów, obliczeń i porównań wartości napięcia rażenia dotykowego;
7. w przypadku ponownego negatywnego wyniku porównań, rozbudować uziom o dodatkowy otok – jak dla TP 4x6/T (jeżeli warunki terenowe zezwalają to dodatkowy otok ułożyć na głębokości mniejszej niż 0,6 m).

Uwaga:

- określona w p. 5 i 7 rozbudowa uziomu winna być akceptowana przez PGE Dystrybucja S.A. Oddział Lublin,
- po wykonaniu uziomów i po wykonaniu pozytywnych pomiarów odbiorczych, wykonane uziomy należy podłączyć do dostępnych uziomów naturalnych.

Konstrukcja uziomów słupów linii SN

Rodzaj uziomu: taśmowo – prętowe

Zastosowanie: uziemienia słupów linii SN

Oznaczenie: 1TP-4x6/T

1 – (dla słupów pojedynczych typu P; Pb; PS)

T – (taśma Fe/Zn 4x25mm)

P – (pręt uziemiający) ocynkowany, średnica minimalna 16 mm

4x6 – (4 pręty o długości 6m każdy)

/T – (dodatkowe połączenie z taśmą Fe/Zn 4x25)

	TP-2x6	TP-4x6	TP-4x6/T
1			
2			
3			

Uziomy typu TP-4x6/T budować jedynie w przypadkach negatywnego wyniku pomiaru dopuszczalnej wartości napięcia rażenia.

Zestawienie materiałów do konstrukcji uziomów słupów linii SN

L.p.	Typ uziomu	słup	pł. Fe/Zn4x25	pręt uziem.	śr. M10x25/Zn
		m	m	m	szt.
1.	1TP-2x6	12	17	12	2
2.		14	17	12	2
3.	1TP-4x6	12	23	24	2
4.		14	23	24	2
5.	1TP-4x6/T	12	40	24	2
6.		14	40	24	2
7.	2TP-2x6	12	22	12	4
8.		14	22	12	4
9.	2TP-4x6	12	28	24	4
10.		14	30	24	4
11.	2TP-4x6/T	12	48	24	4
12.		14	50	24	4
13.	3TP-2x6	12	28	12	6
14.		14	31	12	6
15.	3TP-4x6	12	32	24	6
16.		14	35	24	6
17.	3TP-4x6/T	12	38	24	6
18.		14	41	24	6