

Załącznik nr 1 do Zarządzenia nr 73/2013

**IM-008/TD**

Instrukcja  
badań eksploatacyjnych skuteczności  
ochrony przed porażeniem  
w stacjach SN/nN oraz w liniach SN i nN  
(wersja pierwsza)

Obowiązuje od dnia 1 stycznia 2014 roku.

## Spis treści:

I. Podstawowe definicje i pojęcia .....	4
II. Zakres badań.....	5
III. Opis zmian.....	6
IV. Metody pomiarowe .....	6
V. Wymagane uprawnienia i liczba osób przeprowadzających pomiary .....	6
VI. Terminy badań.....	6
VII. Dokumentacja badań.....	7
VIII. Kryteria oceny skuteczności ochrony przed porażeniem w elektroenergetycznych Stacjach SN/nN .....	7
IX. Kryteria oceny skuteczności ochrony przed porażeniem przy słupach linii SN ....	15
X. Wymagania dotyczące rezystancji uziemień w liniach nN .....	19
XI. Pomiary impedancji pętli zwarcia w liniach niskiego napięcia.....	19
XII. Literatura.....	20

## Tabele:

Tabela 1 Największe dopuszczalne napięcie zakłócenkowe $U_F$ i dotykowe rażeniowe $U_{Tp}$ w funkcji czasu w funkcji czasu trwania zwarcia doziemnego $t_F$ .....	7
Tabela 2 Rezystancje uziemień w sieciach rozdzielczych i instalacjach niskiego napięcia, pracujących w układach TN (wg N SEP-E-001 i [6, 7]).....	9
Tabela 3 Zakres zastosowania określonych uznanych środków M, pozwalających ograniczyć napięcia dotykowe rażeniowe do wartości $U_{Tp}$ (wg normy PN-E-05115).....	13
Tabela 4 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane w zależności od czasu trwania zwarcia doziemnego oraz od rezystancji dodatkowej .....	18

## Rysunki

Rysunek 1 Dopuszczalne wartości rezystancji uziemień ochronno-funkcjonalnych w sieci o układzie TN pograżone w gruncie o rezystywności $\rho_{min}$ nie przekraczającej 500 $\Omega m$ .....	10
Rysunek 2 Sprawdzanie skuteczności ochrony przed porażeniem dla stacji znajdujących się poza obszarem zespolonej instalacji uziemiającej .....	12
Rysunek 3 Sprawdzanie skuteczności ochrony przed porażeniem przy dotyku pośrednim .....	17

## Załączniki

- Załącznik nr 1 - Sposób przeprowadzania pomiarów ochrony przed porażeniem w stacjach SN/SN  
i transformatorowych SN/nN
- Załącznik nr 2 - Sposób przeprowadzania pomiarów ochrony przed porażeniem w liniach SN i stacjach  
SN/nN
- Załącznik nr 3 - Sposób przeprowadzania pomiarów ochrony przed porażeniem w liniach nN
- Załącznik nr 4 - Standaryzacja metod pomiarowych przy ocenie skuteczności ochrony  
przeciwporażeniowej w stacjach transformatorowych SN/nN oraz w liniach SN i nN

## Wstęp

Niniejsza instrukcja stanowi zbiór wymagań, jakie powinny spełnić instalacje uziemiające oraz instalacje potrzeb własnych w stacjach SN/nN w zakresie ochrony przed porażeniem.

Instrukcja przeznaczona jest dla służb dokonujących oceny i wykonujących pomiary skuteczności ochrony przed porażeniem w elektroenergetycznych stacjach i w liniach SN i nN.

Zakres instrukcji obejmuje badania eksploatacyjne skuteczności ochrony przed porażeniem w elektroenergetycznych stacjach transformatorowych SN/nN, w tym bez rozdzielni nN, w liniach średniego i niskiego napięcia na całym obszarze działania oraz badania stacji SN/SN (stacja redukcyjna), rozdzielni sieciowych (RS) poza obszarem zespolonej instalacji uziemiającej.

**Uwaga: Stację SN/SN (stacja redukcyjna) oraz rozdzielnię sieciową (RS) poza obszarem zespolonej instalacji uziemiającej traktujemy jak GPZ.**

### I. Podstawowe definicje i pojęcia

**Część czynna** – przewód lub inna część przewodząca przeznaczona do pracy pod napięciem roboczym. Częścią czynną są przewody fazowe (liniowe) i przewód neutralny N, a nie jest częścią czynną przewód PEN i PE.

**Część przewodząca dostępna** – część przewodząca urządzenia elektrycznego nie będąca częścią czynną, która może być dotknięta i która może znaleźć się pod napięciem tylko w następstwie uszkodzenia izolacji (stałej lub gazowej) urządzenia.

**Część przewodząca obca** – dostępna dla dotyku część przewodząca, nie będąca częścią urządzenia elektrycznego, która może się znaleźć pod określonym potencjałem, zazwyczaj pod potencjałem ziemi.

**Instalacja uziemiająca (uziemienie)** – zespół wszystkich połączeń elektrycznych i elementów służących do uziemienia sieci, instalacji lub urządzenia.

**Napięcie dotykowe rażeniowe (rzeczywiste)  $U_T$**  – napięcie na ciele człowieka, które może się pojawić w czasie trwania rzeczywistego zwarcia, wywołane przepływem prądu rażeniowego.

**$U_{Tp}$**  - największa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego rażeniowego  $U_T$  zależna od czasu trwania zwarcia doziemnego  $t_F$  (wg. Normy PN-E-05115:2002)

**$U_D$**  - największa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego rażeniowego  $U_T$  zależna od czasu trwania zwarcia doziemnego  $t_F$  (wg. Normy PN-EN 50341-1:2005)

**Napięcie dotykowe  $U_{ST}$  (napięcie dotykowe spodziewane)** – napięcie między równocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi, kiedy części te nie są dotykane przez człowieka.

**Napięcie zakłócenkowe (uszkodzeniowe)  $U_F$**  – napięcie między częścią przewodzącą dostępną a ziemią odniesienia występujące przy uszkodzeniu izolacji doziemnej części czynnej urządzenia elektrycznego.

**Napięcie uziomowe  $U_E$ , napięcie przewodu uziemiającego** - napięcie występujące pomiędzy uziomem a ziemią odniesienia.

**Ochrona podstawowa (przed dotykiem bezpośrednim)** – ochrona przed porażeniem elektrycznym przy braku zakłóceń (uszkodzenia).

**Ochrona dodatkowa (przed dotykiem pośrednim)** – zespół środków technicznych chroniących przed - wynikłymi z uszkodzenia izolacji podstawowej (doziemnej izolacji roboczej) - skutkami równoczesnego zetknięcia się człowieka lub zwierzęcia z częściami przewodzącymi dostępnymi i częściami przewodzącymi obcymi.

**Ochrona przed porażeniem elektrycznym, ochrona przeciwporażeniowa** – zespół środków zmniejszający ryzyko porażenia elektrycznego.

**Prąd dotykowy, prąd rażeniowy  $I_B$**  – prąd elektryczny, który przepływa przez ciało człowieka lub zwierzęcia, gdy ciało styka się co najmniej z jedną częścią przewodzącą dostępną elektrycznego urządzenia lub instalacji.

**Prąd uziomowy  $I_E$**  – część prądu jednofazowego zwarcia doziemnego przepływająca przez rozpatrywany uziom (uziomy).

**Prąd wyłączający  $I_a$**  – najmniejszy prąd wywołujący zadziałanie, w wymaganym czasie, urządzenia zabezpieczającego powodującego samoczynne wyłączenie zasilania.

**Przewód uziemiający** – przewód stanowiący drogę przewodzącą, lub jej część, między danym punktem sieci, instalacji lub urządzeniem a uziomem.

**Rezystancja uziemienia  $R_E$**  – rezystancja występującą między zaciskiem probierczym (jeśli występuje) urządzenia elektrycznego lub zaciskiem uziemiającym części uziemianej a ziemią odniesienia, część rzeczywista impedancji uziemienia.

**$R_B$**  - wypadkowa rezystancja uziemienia wszystkich połączonych równolegle uziomów.

**$R_{BN}$**  - wypadkowa rezystancja wszystkich uziemień sieci nN, których rezystancja nie przekracza 30  $\Omega$ , znajdujących się na obszarze koła o średnicy 200 m, obejmującego stację zasilającą sieć.

**$R_{Bi}$**  – rezystancja pojedynczego uziemienia wzdłuż trasy każdej linii napowietrznej w odległościach nie przekraczających 500 m oraz na końcu każdej linii napowietrznej, kablowej i na końcu każdego odgałęzienia o długości większej od 200 m.

**$R_{BM}$**  – wartość rezystancji uziemienia ( $R_{Bi}$ ) zmierzona.

**$R_{BK}$**  – rezystancja wypadkowa uziemień na obszarze koła o średnicy 300 m obejmującego końcowy odcinek każdej linii napowietrznej i kablowej oraz jej odgałęzienia.

**$R_{B2}$**  - wypadkowa rezystancja uziemienia wszystkich połączonych równolegle uziomów (wypadkowa rezystancja wspólnego uziemienia ochronno-roboczego w stacji oraz uziemień przewodów PEN (PE) we wszystkich punktach linii nN tworzących sieć).

**Rezystywność zastępcza gruntu  $\rho$**  - rezystywność gruntu jednorodnego, w którym rezystancja uziemiania o określonym typie i rozmiarach jest taka sama, jak w rzeczywistym gruncie niejednorodnym.

**Uziemić** – połączyć dany punkt sieci, instalacji lub urządzenia z ziemią lokalną.

**Uziemienie** – połączenie elektryczne z ziemią; uziemieniem nazywa się też instalację uziemiającą, w skład której może wchodzić: uziom, przewód uziemiający, zacisk probierczy lub szyna uziemiająca, a także przewód ochronny, łączący zacisk lub szynę z częścią uziemioną.

**Uziom** – część przewodząca umieszczona w/na gruncie lub w określonym przewodzącym ośrodku, np. w betonie, znajdująca się w kontakcie elektrycznym z ziemią.

**Ziemia odniesienia** – dowolny punkt na powierzchni albo w głębi ziemi, którego potencjał nie zmienia się pod wpływem prądu przepływającego przez rozpatrywany uziom bądź uziomy; dla uziomu oddzielnego ziemia odniesienia ma potencjał „0”.

**Zespolona instalacja uziemiająca ZIU** – równoważny układ uziemiający, utworzony przez wzajemne połączenie lokalnych instalacji uziemiających, który dzięki bliskości tych instalacji zapewnia, że nie występuje wówczas niebezpieczne napięcie dotykowe.

## II. Zakres badań

Zakres badań eksploatacyjnych powinien obejmować swoim zakresem następujące czynności:

Osoba dozoru	1. Sprawdzenie dokumentacji technicznej, stosownie do zakresu wymaganych danych np.: dokumenty przyjęcia linii do eksploatacji, protokoły odbioru urządzeń, pomiarów, dokumenty z poprzednich badań, ocen stanu technicznego, konserwacji, napraw i remontów, protokoły zawierające wyniki przeprowadzonych pomiarów i prób.
Osoba wykonująca pomiary (osoba eksploatacji)	2. Oględziny punktów kontrolno - pomiarowych uziemienia. 3. Oględziny punktów połączeń poszczególnych elementów urządzeń. 4. Oględziny ciągłości widocznych części połączeń uziemienia. Sprawdzenie ciągłości przewodu uziemiającego oraz ustalenia stopnia korozji poprzez pomiar rezystancji uziemienia metodą cęgową (lub dwu cęgową ) bez rozpięcia zacisku kontrolno-pomiarowego lub odkopanie przewodu uziemiającego w miejscu wejścia do ziemi na głębokość 30 cm. Dopuszczalna wartość rezystancji uziemienia potwierdzającego ciągłość przewodu uziemiającego nie powinna przekraczać 30 $\Omega$ . Pomiaru ciągłości należy dokonać dla każdego przewodu uziemiającego osobno.



	5. Pomiary parametrów technicznych środków ochrony przed porażeniem (pomiar rezystancji uziemienia, napięcia uziomowego lub napięć dotykowych rażeniowych). 6. Oględziny instalacji potrzeb własnych w stacjach SN/nN- stan instalacji, zabezpieczeń obwodowych, połączeń. 7. Pomiary pętli zwarcia instalacji potrzeb własnych.
Osoba dozoru	8. Sprawdzenie skuteczności ochrony – porównanie wyników pomiarów z wymaganiami norm i przepisów, porównanie z pomiarami z ubiegłych okresów. 9. Zatwierdzenie protokołu końcowego

Oględziny należy wykonać przed wykonaniem pomiarów. Kontroli wzrokowej należy poddać środki ochrony przed porażeniem ochrony podstawowej i ochrony przy uszkodzeniu.

Wewnątrz zespolonej instalacji uziemiającej nie ma konieczności sprawdzania rezystancji uziemienia, napięcia uziomowego ani napięcia dotykowego rażeniowego.

### III. Opis zmian

Wydanie pierwsze

### IV. Metody pomiarowe

Należy stosować metody zgodne z Załącznikiem nr 4 do niniejszej instrukcji „Standaryzacja metod pomiarowych przy ocenie skuteczności ochrony przed porażeniem w stacjach SN/nN oraz w liniach średnich i niskich napięć”.

Badania eksploatacyjne uziemień można wykonywać bez wyłączania urządzeń (dla urządzeń w ruchu), czyli bez rozpinania układu uziemiającego stacji SN/nN lub linii SN i nN. Podczas badań eksploatacyjnych sprawdzeniu podlegają więc jedynie te rezystancje i napięcia, które są możliwe do zmierzenia w normalnym układzie pracy urządzeń. Przykładowo w stacjach SN/nN posiadających wspólny układ uziemiający dla urządzeń strony SN i nN badaniu podlega wypadkowa rezystancja uziemienia  $R_B$ , natomiast nie może być badana, bez wyłączania stacji i bez rozpinania układu uziemiającego, rezystancja uziemienia  $R_E$  samego uziomu sztucznego stacji. Wystarczy sprawdzenie warunku  $R_E$  na etapie obliczeń i budowy stacji.

Pełny zakres badań poszczególnych elementów składowych układów uziemiających ( $R_E$ ,  $R_B$ ,  $R_{BN}$ ,  $R_{BK}$ ,  $R_{Bi}$  itd.) linii i stacji przewidziany jest dla badań odbiorczych, wykonywanych także po modernizacji stacji lub linii.

### V. Wymagane uprawnienia i liczba osób przeprowadzających pomiary

Pomiary należy wykonywać według obowiązujących w grupie TAURON Dystrybucja S.A. instrukcjami stanowiskowymi, zgodnymi z przepisami krajowymi.

### VI. Terminy badań

Terminy badań określone są w dokumencie Zasady i standardy techniczne eksploatacji sieci dystrybucyjnej w TD S.A.

Badania eksploatacyjne skuteczności ochrony przed porażeniem w stacjach transformatorowych SN/nN oraz w liniach średniego i niskiego napięcia należy przeprowadzać zgodnie z Zasadami i standardami technicznymi eksploatacji sieci dystrybucyjnej w TD S.A., nie rzadziej, niż co 5 lat oraz każdorazowo po wykonaniu prac remontowych i modernizacyjnych, mających wpływ na zmiany rezystancji uziemienia lub zmiany parametrów pracy sieci

elektroenergetycznej (wydłużenie czasów przepływu prądu zwarcia, zwiększenie jego wartości itp.).

## VII. Dokumentacja badań

Wyniki badań eksploatacyjnych skuteczności ochrony przed porażeniem należy zamieścić w papierowych i elektronicznych protokołach z badań właściwych dla danego typu obiektu (załączniki do instrukcji).

## VIII. Kryteria oceny skuteczności ochrony przed porażeniem w elektroenergetycznych Stacjach SN/nN

### 1. Stacje, w których do instalacji uziemiającej przyłączony jest punkt neutralny sieci niskiego napięcia pracującej w układzie TN

Do wspólnej instalacji uziemiającej stacji przyłączony jest punkt neutralny sieci nN wraz z przewodami PEN (PE) linii nN oraz powłoki metalowe lub żyły powrotne kabli SN (przy zasilaniu kablowym stacji).

Powstała rozległa instalacja uziemiająca spełnia szereg zadań, w związku z czym musi spełniać wymagania techniczne:

a) Zapewnienie właściwych potencjałów w sieci nN podczas doziemienia po stronie SN stacji. W tym celu według normy [3] i normy [2] musi być spełniony warunek:

$$R_B \leq \frac{U_F}{r \cdot I_{kl}''} = \frac{U_F}{I_E}, \quad \text{czyli warunek} \quad U_E \leq U_F \quad (1)$$

gdzie:

$R_B$  [Ω]- wypadkowa rezystancja uziemienia wszystkich połączonych równolegle uziomów (wypadkowa rezystancja wspólnego uziemienia ochronno-roboczego w stacji oraz uziemień przewodów PEN (PE) we wszystkich punktach linii nN tworzących sieć),

$U_F$  [V]- napięcie zakłócenia dla czasu  $t_F$  przepływu prądu jednofazowego zwarcia doziemnego  $I_{kl}''$ ,

$I_E$  [A]- prąd uziomowy,

$U_E$  [V]- napięcie uziomowe w stacji posiadającej wspólny układ uziemiający dla urządzeń strony SN i nN,

$r$  - współczynnik redukcyjny powłok kablowych wynosi 0,6 przy zasilaniu stacji z GPZ linią kablową, dla linii napowietrznych i napowietrzno-kablowych wynosi 1.

Iloczyn prądu  $I_E$  i rezystancji  $R_B$  przedstawia napięcie uziomowe  $U_E$  w pełnym układzie, tzn. z liniami nN posiadającymi przewody PEN (PE) wielokrotnie uziemione w sieci nN. Napięcie to nie może przekroczyć wartości  $U_F$  ( $t_F$ ) podanej w normach [2, 3].

Największe dopuszczalne napięcie zakłócenia (uszkodzeniowe)  $U_F$  na podstawie norm N SEP-E-001 i PN-IEC 60364-4-442 podano w tabeli 1.

**Tabela 1 Największe dopuszczalne napięcie zakłócenia  $U_F$  i dotykowe rażenia  $U_{Tp}$  w funkcji czasu w funkcji czasu trwania zwarcia doziemnego  $t_F$**

Lp.	Czas przepływu prądu rażeniowego [s]	$U_F$ w V	$U_F$ w V)*	$U_{Tp}$ w V	$U_{Tp}$ w V)*
1.	0,05	650	740	735	716
2.	0,1	570	680	633	654
3.	0,15	490	640	570	570
4.	0,2	450	560	500	537
5.	0,3	352	430	380	415
6.	0,4	205	270	280	310
7.	0,5	135	200	204	220
8.	0,6	115	170	165	175

9.	0,7	105	130	140	125
10.	0,8	98	120	130	130
11.	0,9	94	115	115	120
12.	1	92	110	107	117
13.	1,2	88		99	99
14.	1,4	85		95	98
15.	1,6	82		91	97
16.	2	78	90	88	96
17.	3	70	87	83	87
18.	5	68	82	81	86
19.	10 i więcej	67	80	80	85

\*- Do czasu wejścia w życie normy PN-EN 50522:2011 oraz SEP E001.

W miejsce wymogu (1), w normie PN-E-05115 jest sprecyzowany warunek:

$$U_E \leq U_{Tp} \quad (2a)$$

jeżeli połączenie przewodu PEN lub sieci niskiego napięcia z układem uziomowym średniego napięcia jest wykonane tylko na terenie stacji transformatorowej. Gdy przewód PEN sieci niskiego napięcia jest uziemiony w wielu punktach (co jest regułą w polskich sieciach TN), norma PN-E-05115 wymaga spełnienia jeszcze łagodniejszego warunku:

$$U_E \leq X \cdot U_{Tp} \quad (2b)$$

gdzie:

$U_{Tp}$  – największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe dla określonego czasu przepływu prądu rażeniowego, podane w tabeli 1,

$X$  - współczynnik, który zwykle wynosi 2, a w specjalnych przypadkach można dopuścić jego zwiększenie do 5.

Z warunków (2a) lub (2b) wynika warunek na dopuszczalną rezystancję uziemienia  $R_E$  uziomu sztucznej stacji transformatorowej, ponieważ napięcie uziomowe  $U_E$  jest tutaj określone wzorem  $U_E = R_E \cdot I_E$ . Rezystancja  $R_E$ , jak zaznaczono w rozdz. III, podlega sprawdzeniu tylko w czasie badań odbiorczych (nie eksploatacyjnych), ponieważ jej pomiar wymaga rozpięcia układu uziemiającego stacji. Z uwagi na to że zachodzi  $U_F \leq U_{Tp}$  (tabela 1), warunki (2a) oraz (2b) nie mają decydującego znaczenia (wystarczy spełnienie warunku (1)).

b) Ograniczenie do wartości dopuszczalnych napięć rażeniowych pojawiających się podczas zwarć doziemnych w sieci niskiego napięcia poprzez część nie połączoną z przewodem PEN (PE). Na podstawie normy [2] powinna być spełniona zależność:

$$R_B \leq R_E \frac{50}{U_0 - 50} \quad (3)$$

w której:

50 – dopuszczalna długotrwale wartość napięcia dotykowego w V,

$R_E$  – minimalna rezystancja w miejscu zwarcia doziemnego z pominięciem przewodu PEN (PE);

jeżeli ustalenie wartości  $R_E$  jest trudne, można przyjmować  $R_E = 10 \Omega$ ,

$U_0$  – wartość skuteczna napięcia znamionowego sieci względem ziemi w V.

Po wstawieniu wartości  $U_0 = 230 \text{ V}$  oraz  $R_E = 10 \Omega$  otrzymuje się warunek:

$$R_B \leq 2,78 \Omega \quad (4)$$

c) Maksymalne zbliżenie potencjału przewodów ochronnych do potencjału ziemi oraz zapewnienie działania środkom dodatkowej ochrony przed porażeniem przy uszkodzeniu

przewodu PEN (PE). Wymogi z tym związane nie są zapisane w normach w precyzyjne ramy, stąd w różnych przepisach i publikacjach pojawiają się uzupełniające zasady odnośnie dodatkowego uziemienia przewodu PEN. W [2, 6, 7] podano zalecenia odnośnie rozmieszczenia dodatkowych uziemień w sieci nN dobrze zdające egzamin w praktyce, chociaż nie wynikające wprost z aktualnych norm PN. Zalecenia te zebrane są w tabeli 2.

Na podstawie tabeli 2 Lp.1 można przyjąć praktyczny (zaostrzony) warunek dla maksymalnej rezystancji uziemienia wspólnej instalacji uziemiającej urządzeń wysokiego i niskiego napięcia w stacji transformatorowej SN/nN. Warunek ten przy przyjęciu, że rezystancja  $R_{BN}$  jest nie większa niż rezystancja uziomu sztucznego stacji  $R_E$ , ma postać:

$$R_E \leq 5 \Omega . \quad (5)$$

Tak więc proponuje się przyjąć warunek, aby rezystancja uziomu sztucznego stacji (otokowego, ewentualnie uzupełnionego uziomami pionowymi lub elementami kraty) nie przekraczała wartości  $5 \Omega$ .

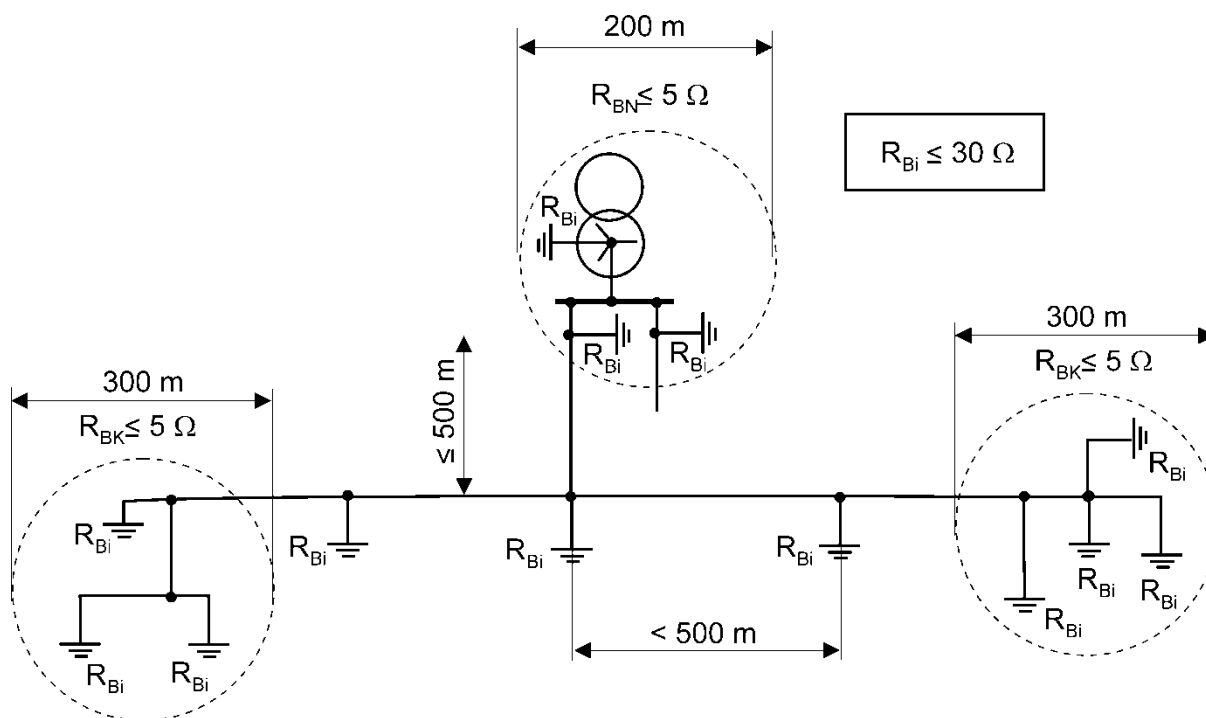
Warunek (5) podobnie jak warunek (2a) lub (2b) powinien być sprawdzany podczas badań odbiorczych stacji, a także po każdym remoncie i przebudowie obiektu, przy odłączonych przewodach PEN (PE) linii nN wychodzących ze stacji oraz odłączonych powłokach metalowych kabli SN (czyli przy rozpiętym układzie uziemiającym stacji).

**Uwaga: mierzone wartości rezystancji należy sprawdzić na wszystkie wymienione warunki.**

**Tabela 2 Rezystancje uziemień w sieciach rozdzielczych i instalacjach niskiego napięcia, pracujących w układach TN (wg N SEP-E-001 i [6, 7])**

Lp.	Opis uziemienia	Rezystancja uziemień w $\Omega$ przy $\rho_{min}$	
		$< 500 \Omega m$	$\geq 500 \Omega m$
1.	<b>Obliczona wypadkowa rezystancja wszystkich uziemień</b> sieci nN, których <b>rezystancja nie przekracza <math>30 \Omega</math></b> , znajdujących się <b>na obszarze koła o średnicy 200 m</b> , obejmującego stację zasilającą sieć.	$R_{BN} \leq 5$	$R_{BN} \leq \frac{\rho_{min}}{100}$
2.	<b>Wypadkowa rezystancja wszystkich uziemień punktów neutralnych i przewodów PEN (PE) sieci</b> , w których możliwe jest zwarcie doziemne z pominięciem przewodów PEN (PE)	$R_B \leq R_E \frac{50}{U_o - 50}$	
3.	<b>Wypadkowa rezystancja wszystkich uziemień połączonych z uziomem stacyjnych urządzeń wysokiego napięcia, uziemień punktu neutralnego każdej stacji i połączonych z nim uziemień przewodów PEN (PE) sieci</b>	$R_B \leq \frac{U_F}{rI_{k1}} = \frac{U_F}{I_E}$	
4.	Wzdłuż trasy każdej linii napowietrznej w odległościach nie przekraczających 500 m (poza miejscem podpięcia ochronników przepięciowych)	$R_{Bi} \leq 30$	$R_{Bi} \leq \frac{\rho_{min}}{16}$
5.	Wzdłuż trasy każdej linii napowietrznej poza uziemieniami wymienionymi w lp.4	nie normuje się	
6.	Na końcu każdej linii napowietrznej i kablowej i na końcu każdego odgałęzienia o długości większej od 200 m )* dla sieci napowietrznej w miejscach gdzie instaluje się ochronę przepięciową stosować max. $10 \Omega$	$R_{Bi} \leq 30$ $R_{Bi} \leq 10$ )*	$R_{Bi} \leq \frac{\rho_{min}}{16}$

7.	Na obszarze koła o średnicy 300 m obejmującego końcowy odcinek każdej linii napowietrznej i kablowej oraz jej odgałęzienia	$R_{BK} \leq 5$	$R_{BK} \leq \frac{\rho_{\min}}{100}$
----	--	-----------------	---------------------------------------



**Rysunek 1** Dopuszczalne wartości rezystancji uziemień ochronno-funkcyjnych w sieci o układzie TN pograżone w gruncie o rezystywności  $\rho_{\min}$  nie przekraczającej 500  $\Omega\text{m}$

d) Współpraca z ochroną odgromową stacji, jeżeli w stacji są zainstalowane odgromniki lub zastosowano inny rodzaj ochrony odgromowej. Dla uziemień odgromowych zalecana wartość rezystancji nie powinna być większa od 10  $\Omega$  (dotyczy uziomu sztucznego stacji), co wynika z normy PN-EN 62305-3.

e) Zapewnienie właściwych wartości napięć rażeniowych wokół stacji. Wpływa na to wartość napięcia uziomowego, konfiguracja uziomu i rezystywność podłoża. Warunki dla spełnienia tego wymogu są omówione bardziej szczegółowo w dalszej części tekstu na podstawie normy PN-EN 05115, w punkcie VII.2 dotyczącym stacji w których zastosowano rozdzielanie funkcji uziemienia ochronnego i roboczego.

Napięcia dotykowe rażeniowe przy stacjach SN/nN nie mogą przekraczać wartości podanych w ostatniej kolumnie tabeli 1. Dla rozważanej tutaj grupy stacji SN/nN, posiadających wspólne uziemienie ochronno-robocze, zasilających sieci pracujące w układzie TN, wynika dopuszczalność następującego trybu postępowania przy ocenie napięć dotykowych rażeniowych:

- pomiar wypadkowej rezystancji uziemienia stacji  $R_B$  (w praktyce pomiar taki jest nazywany pomiarem „bez rozpinania złącz kontrolnych” bez użycia cęg),
- ocena wartości prądu zwarcia doziemnego  $I_{k1}$  i uziomowego  $I_E$  stacji,
- obliczenie napięcia uziomowego  $U_E$  i porównanie z podwójną wartością  $U_{Tp}$  wynikającą z normy [1] dla określonego czasu trwania zagrożenia porażeniowego.

Wartości napięcia  $U_{Tp}$  podano w ostatniej kolumnie tabeli 1.

Jeżeli wartość obliczonego napięcia uziomowego  $U_E$  jest mniejsza od dwukrotnej wartości  $U_{Tp}$ , to na podstawie punktu 9.2.4.2 normy PN-E-05115 można stwierdzić, że napięcia rażeniowe w otoczeniu badanej stacji są mniejsze od dopuszczalnych.

Należy zwrócić uwagę, że powyższy warunek w stacjach posiadających wspólny układ uziemiający urządzeń strony SN i nN nigdy nie ma decydującego znaczenia. W takich stacjach

wystarcza spełnienie znacznie ostrzejszego warunku (1). Uzasadnienie tego stwierdzenia podano już w punkcie a), przy omawianiu warunków (2a) i (2b).

## 2. Stacje, w których punkt neutralny sieci niskiego napięcia pracującej w układzie TN lub TT jest uziemiony oddzielnie (poza stacją)

W tym przypadku nie mają zastosowania wymagania techniczne ujęte w podpunkcie a) w punkcie VII.1. Dla uziemienia ochronnego w stacji zastosowanie mają wymagania d) i e), zaś dla oddzielnego układu uziemień ochronno-roboczych w sieci nN pracującej w układzie TN wymagania b) i c). Wszystkie trzy normy, tj. PN-E-05115, PN-IEC 60364-4-442 oraz N SEP-E-001 [1, 2, 3], uznają samo rozdzielanie uziemień jako dostateczny środek mający na celu uniknięcie (lub bardzo radykalne ograniczenie) zagrożeń porażeniowych w sieci nN związanych ze zwarciami doziemnymi w stacji transformatorowej SN/nN.

*Uwaga: Na terenach zurbanizowanych nie należy tej zasady przyjmować ze jedyne rozwiązanie, nie ma pewności, że rozdział uziemienia został przeprowadzony skutecznie. Należy doprojektować odcinki uziemienia do połączenia z najbliższymi urządzeniami (sieci nN, stacje) uzyskując dodatkowe wyrównanie potencjałów i zmniejszenie wypadkowej rezystancji.*

Odległość  $d_{\min}$  uziomu oddzielnego od uziomu stacji powinna być większa niż odległość  $d_{\text{accept}}$  podana w załączniku D normy PN-E-05115 [1]. Dla rozdzielni wysokiego napięcia o napięciu znamionowym do 50 kV można przyjmować, że odległość ta powinna wynosić co najmniej 20 m.

Przy wykonaniu oddzielnych uziemień izolacja stacyjnych urządzeń niskiego napięcia, zasilanych w układzie TN, jest narażona na przepięcia o wartości równej sumie napięcia fazowego  $U_0$  i napięcia uziomowego  $U_E$ . Według normy PN-IEC 60364-4-442 [3] powinien być spełniony warunek:

$$\bullet \text{ gdy } t_F > 5 \text{ s} \quad U_E \leq U_0 + 250 \text{ V}, \quad (6a)$$

$$\bullet \text{ gdy } t_F \leq 5 \text{ s} \quad U_E \leq U_0 + 1200 \text{ V}. \quad (6b)$$

Zapewnienie właściwych wartości napięć rażeniowych wokół stacji stanowi podstawowe wymaganie dla wszystkich stacji SN/nN, niezależnie od sposobu wykonania stacji, rodzaju zasilanej sieci nN itp. Zgodnie z normą PN-E-05115, dla każdej stacji elektroenergetycznej (instalacji elektroenergetycznej średniego i wysokiego napięcia) należy zaprojektować i wykonać instalację uziemiającą składającą się co najmniej z przewodów uziemiających i uziomu (układu uziemiającego). Uziom (układ uziomowy) powinien mieć taką konfigurację, aby do uziomu mogły być przyłączone urządzenia i części podlegające uziemieniu przez stosunkowo krótkie przewody uziemiające. Pierwotna konfiguracja uziomu zależy więc od rozmieszczenia uziemiających urządzeń i części, które należy uziemić. W stacjach napowietrznych i wewnętrznych o górnym napięciu 110 kV ma on postać kraty uziomowej, zaś w stacjach wewnętrznych i kontenerowych SN – uziomu otokowego (tak samo jest w uproszczonych stacjach transformatorowych słupowych SN/nN).

Proces sprawdzania skuteczności ochrony przed porażeniem dla dowolnej stacji znajdujących się poza obszarem zespolonej instalacji uziemiającej przedstawia algorytm podany na rys. 2.

Kryteria skuteczności ochrony przy dotyku pośrednim uznaje się za spełnione, gdy:

- napięcie uziomowe  $U_E$  wyznaczone na drodze obliczeń lub pomiarów nie przekracza podwójnej wartości  $U_{Tp}$  ( $2U_{Tp}$ ) podanych w normie PN-E-05115 i w tabeli 1:

$$U_E = I_E Z_E \leq 2U_{Tp} \quad (7)$$

przy czym można przyjąć, że  $Z_E = R_E$ , czyli zamiast (7) obowiązuje warunek:

$$R_E \leq \frac{2U_{Tp}}{I_E}, \quad (7a)$$

albo

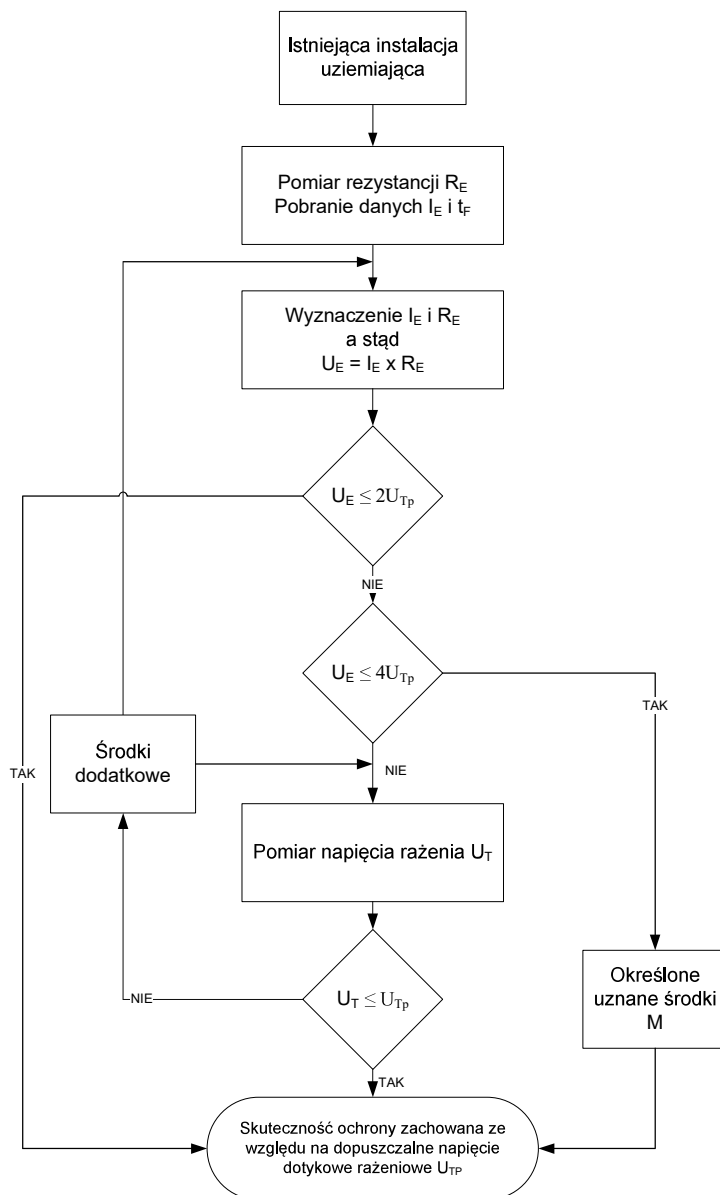
- napięcie uziomowe spełnia warunek

$$U_E \leq 4U_{Tp} \quad (8)$$

i wykonane są uznane środki uzupełniające M wg tabeli 3; zamiast warunku (8) można stosować warunek:

$$R_E \leq \frac{4U_{Tp}}{I_E} \text{ i środki uzupełniające M.} \quad (8a)$$

W powyższych wzorach  $R_E$  jest rezystancją uziemienia ochronnego stacji transformatorowej SN/nN, zapewniającą spełnienie wymagań dotyczących ochrony przed porażeniem na stacji i w jej bezpośrednim otoczeniu. Prąd  $I_E$  jest natomiast prądem uziomowym, wyliczanym przy uwzględnieniu najbardziej niekorzystnego stanu połączeń ruchowych sieci.



**Rysunek 2 Sprawdzanie skuteczności ochrony przed porażeniem dla stacji znajdujących się poza obszarem zespolonej instalacji uziemiającej**

**Tabela 3 Zakres zastosowania określonych uznanych środków M, pozwalających ograniczyć napięcia dotykowe rażeniowe do wartości  $U_{Tp}$  (wg normy PN-E-05115)**

Czas zwarcia $t_F$	Napięcie uziomowe $U_E$	Przy zewnętrz- nych 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
	$U_E > 4 \cdot U_{Tp}$	Sprawdzić czy $U_T \leq U_{Tp}$	M3	M4.2
$t_F \leq 5 \text{ s}$	$U_E \leq 4 \cdot U_{Tp}$	M1 lub M2	M3	M4.2
	$U_E > 4 \cdot U_{Tp}$	Sprawdzić czy $U_T \leq U_{Tp}$		

**Środki uzupełniające M1 [5] 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 0,5m i w odległości ok. 1m od niej.

M 1.3: Zastosowanie izolowanego stanowiska o szerokości co najmniej 1,5 m. Izolację stanowiska uznaje się przy tym za wystarczającą, jeżeli jest to:

- warstwa tłucznia o grubości co najmniej 100mm,
- warstwa asfaltu na odpowiednim podłożu (np. na żwirze),
- mata izolacyjna o minimalnych wymiarach 1m x 1m i o grubości przynajmniej 2,5mm lub środek zapewniający izolację równoważną.

**Środki uzupełniające M2 [5] na zewnątrz ogrodzeń rozdzielni napowietrznych to:**

M 2.1: Zastosowanie ogrodzenia rozdzielni z materiału izolacyjnego lub siatki drucianej pokrytej tworzywem sztucznym (również z gołymi przewodzącymi słupkami).

M 2.2.: w przypadku ogrodzenia wykonanego z materiału przewodzącego, zastosowanie sterowania potencjału poprzez połączenia ogrodzenia z uziomem poziomym ułożonym na zewnątrz przewodzącego ogrodzenia na głębokości nie przekraczającej 0,5 m i w odległości około 1 m i. Alternatywnym rozwiązaniem jest połączenie ogrodzenia z uziomem stacji (patrz także środek M2.4).

M 2.3.: Zastosowanie równocześnie izolacji na zewnątrz ogrodzenia izolowanego stanowiska (zgodnie z M1.3) i wykonanie oddzielnego uziemienia ogrodzenia lub połączenia go z uziomem rozdzielni.

M 2.4.: Jeżeli bramy w zewnętrznym ogrodzeniu są połączone z układem uziemiającym bezpośrednio lub poprzez przewody ochronne lub metalową powłoką kabla instalacji dzwonekowej itp. to na terenie przylegającym do zewnętrznej otwartej bramy rozdzielni, galwanicznie połączonej z uziomem rozdzielni, należy zastosować wyrównanie potencjału lub izolację stanowiska. wg M1.3.

Jeżeli ogrodzenie rozdzielni jest przewodzące to brama połączona z uziomem rozdzielni powinna być odizolowana od ogrodzenia sekcją ogrodzenia z materiału nieprzewodzącego lub przez zastosowanie elementów ogrodzenia przewodzącego przylegających do bramy z wstawkami izolacyjnymi na obu ich końcach.

**Środki uzupełniające M3 [5] 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 10m, 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.



## **Środki uzupełniające M4 [5] w rozdzielniach wewnętrznych to:**

M 4.1: Wyrównanie potencjałów przez:

- wykonanie uziomu poziomego ułożonego na głębokości 0,2 m i w odległości około 1 m od obsługiwanego urządzenia. Uziom ten powinien być połączony ze wszystkimi częściami przewodzącymi dostępnymi ze stanowiska,

lub

- wykonanie metalowego stanowiska (np. w postaci metalowej kraty lub płyty), połączanego z wszystkimi częściami przewodzącymi dostępnymi ze stanowiska i z układem uziemiającym,

lub

- wykonanie izolowanego stanowiska wg M1.3 i połączeń wyrównawczych pomiędzy częściami przewodzącymi dostępnymi z tego stanowiska.

M 4.2: Wykonanie, na zewnątrz dookoła uziomu kratowego rozdzielni (o oczkach nie większych od 10m x 50m) zamkniętego uziomu tworzącego pierścień a dla pojedynczych urządzeń zlokalizowanych poza wyżej wymienionym pierścieniem i połączonych z uziomem rozdzielni – otoku na głębokości 0,2 m i w odległości 1 m od urządzenia (np. dla słupów oświetleniowych połączonych z uziomem rozdzielni przewodem ochronnym).

### **3. Stacje, w których do instalacji uziemiającej przyłączony jest punkt neutralny sieci niskiego napięcia pracującej w układzie TT**

Wszystkie punkty neutralne sieci pracującej w układzie TT powinny być uziemione bezpośrednio. Uziemiać należy każdy transformator lub prądnicę zasilającą sieć. Punkt neutralny sieci nN w układzie TT zasilanej ze stacji transformatorowej powinien być przyłączony do uziomu stacji, jeżeli przebiegi wywołane zwarciem doziemnym w stacyjnych urządzeniach wysokiego napięcia nie stwarzają zagrożenia dla izolacji urządzeń niskiego napięcia znajdujących się poza stacją. Punkt 6.3 normy [2] oraz norma PN-E-05115 [1] podają, że zagrożenie takimi przebiegami nie wystąpi, jeżeli napięcia uziomowe  $U_E$  podczas zwarć doziemnych w stacyjnych urządzeniach wysokiego napięcia nie przekroczą wartości:

$$\bullet \text{ gdy } t_F > 5 \text{ s} \quad U_E \leq 250 \text{ V}, \quad (9a)$$

$$\bullet \text{ gdy } t_F \leq 5 \text{ s} \quad U_E \leq 1200 \text{ V}. \quad (9b)$$

Wynikają stąd odpowiednie wymagania dla dopuszczalnej rezystancji uziemienia  $R_E$  w stacji zasilającej. Oprócz tego jako warunek podstawowy należy stosować wymagania dotyczące napięć rażeniowych wokół stacji, przedstawione w punkcie VII.2.

### **4. Stacje transformatorowe słupowe, słupy z odłącznikami itp.**

Stacje transformatorowe słupowe SN/nN muszą być wyposażone w uziemienie ochronne lub ochronno-robocze takie same jak w pozostałych stacjach transformatorowych. Badania eksploatacyjne skuteczności ochrony przed porażeniem takich stacji należy więc wykonywać identycznie jak w pozostałych stacjach.

Słupy drewniane lub słupy przewodzące (żerdzie żelbetowe, strunobetonowe wirowane itp.) z dostępnymi napędami odłączników lub innych części przewodzących połączonych z konstrukcją podtrzymującą przewody, powinny posiadać dodatkową ochronę przed porażeniem w postaci uziemienia ochronnego.

Do rozpatrywanego urządzenia rozdzielczego SN można także odnosić wymagania normy PN-E-05115 dotyczące wartości napięć rażeniowych wokół stacji (tutaj wokół słupa), podane w punkcie VII.2. Wymagania te są w pewnym stopniu ostrzejsze niż wymagania dla uziemień ochronnych słupów, podane w punkcie VIII.

## 5. Stacje znajdujące się na obszarze zespolonej instalacji uziemiającej

Ze względu na możliwość wystąpienia i zakres zagrożeń porażeniowych, sieci SN można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej grupy zaliczają się sieci kablowe znajdujące się na obszarze objętym siecią ekwipotencjalizującą (ZIU) współpracujących ze sobą uziemień sztucznych i naturalnych, a do drugiej – sieci mieszane kablowo-napowietrzne i terenowe, w których część lub większość urządzeń znajduje się poza obrębem sieci (ZIU).

Zgodnie z punktem 9.2.4.2 normy [1], jeżeli stacja transformatorowa SN/nN lub inne urządzenie rozdzielcze jest zlokalizowane na terenie objętym siecią ekwipotencjonalizującą to można założyć, że nie ma zagrożenia wystąpienia niebezpiecznych napięć dotykowych rażeniowych. W związku z powyższym nie ma konieczności wykonywania obowiązkowo pomiarów sprawdzających zagrożenie porażeniowe podczas normalnej eksploatacji urządzeń. Jeżeli stacja lub inne urządzenie rozdzielcze leżą natomiast poza tym terenem, należy postępować zgodnie z zasadami podanymi w punktach VIII.1-4 niniejszej instrukcji.

W stacji wewnętrznej, której instalacja uziemiająca jest częścią zespolonej instalacji uziemiającej, należy dokonywać okresowych oględzin oraz niezbędnych napraw instalacji. Celowe jest również sprawdzanie (nie wymagane przez normę [1]) na drodze pomiarów, czy zespolona instalacja uziemiająca nie uległa z czasem dezintegracji. Sprawdzenia takie powinny polegać według publikacji [9] na:

- 1) wykonaniu w 5 losowo wybranych stacjach leżących na obrzeżach zespolonej instalacji uziemiającej pomiarów napięcia uziomowego  $U_E$  lub rezystancji uziemienia  $R_E$ ,
- 2) wykonaniu w 5 losowo wybranych stacjach na terenie zespolonej instalacji uziemiającej pomiarów napięć dotykowych rażeniowych  $U_T$  na kilku stanowiskach wewnątrz i na zewnątrz stacji wewnętrznej.

## IX. Kryteria oceny skuteczności ochrony przed porażeniem przy słupach linii SN

Analizując wymagania norm [4, 5] można stwierdzić, że przy projektowaniu uziemień słupów linii napowietrznych SN należy przyjmować następujące założenia:

- Dla słupów drewnianych, bez dostępnych napędów odłączników lub innych części przewodzących połączonych z konstrukcją podtrzymującą przewody, nie ma konieczności stosowania ochrony przed porażeniem dodatkowej w postaci uziemienia ochronnego.
- Jeżeli słup usytuowany jest w miejscach, w którym ludzie przebywają okazjonalnie, takich jak lasy, otwarte tereny wiejskie itp., nie ma konieczności stosowania ochrony przed porażeniem w postaci uziemienia ochronnego pod warunkiem zastosowania zabezpieczenia wyłączającego samoczynnie (automatycznie) linię w krótkim czasie. Uznaje się [4], że terenami o dużym prawdopodobieństwie kontaktu ludzi ze słupami są tereny, na których ludzie mogą przebywać przez stosunkowo długi czas, tzn. przez kilka godzin dziennie, przez kilka tygodni lub przez krótkie okresy czasu, ale bardzo często (wiele razy w ciągu dnia). Nie odnosi się to do miejsc, w których ludzie przebywają tylko sporadycznie, takich jak lasy, pola i łąki, tereny niezabudowane itp.
- Jeżeli doziemienie nie jest wyłączane samoczynnie w krótkim czasie (np. w odpływach SN z zabezpieczeniami ziemnozwarciowymi działającymi na sygnał), nawet jeżeli słup jest ustawiony na terenie o rzadkim przebywaniu ludzi, konieczne jest zastosowanie uziemienia ochronnego ograniczającego napięcie dotykowe rażeniowe do wartości dopuszczalnej, lub zmniejszenie zagrożenia przez uzupełnienie uziemienia o środki wspomagające (uzupełniające M).
- Słupy drewniane lub słupy przewodzące (żerdzie żelbetowe, strunobetonowe wirowane itp.) z dostępnymi napędami odłączników lub innych części przewodzących połączonych z konstrukcją podtrzymującą przewody, powinny posiadać dodatkową ochronę przeciwporażeniową w postaci uziemienia ochronnego.

Algorytm sprawdzania skuteczności ochrony przed porażeniem dla słupów linii napowietrznych SN podany jest na rys. 3. Zgodnie z tym algorytmem, sprawdzanie napięcia uziomowego bądź napięcia dotykowego rażeniowego jest wymagane tylko dla słupów z materiału nieizolacyjnego, gdy otoczenie słupa jest często uczęszczane.

Miejsca często uczęszczane wg projektu normy EN-PN 50341-3-xx to: **podwórza, stadiony, boiska sportowe, kąpieliska, plaże, kempingi i inne tereny rekreacyjne, biwaki, zakłady przemysłowe, place miejskie, ogródki działkowe i parki, parkingi, tereny przeznaczone do ruchu pieszego lub w pobliżu budynków, dróg publicznych i ulic itp.** (tereny na których występuje duże prawdopodobieństwo częstego przebywania ludzi).

Zgodnie z algorytmem, skuteczność ochrony przed porażeniem przy dotyku pośrednim będzie zachowana, jeżeli spełniony będzie warunek:

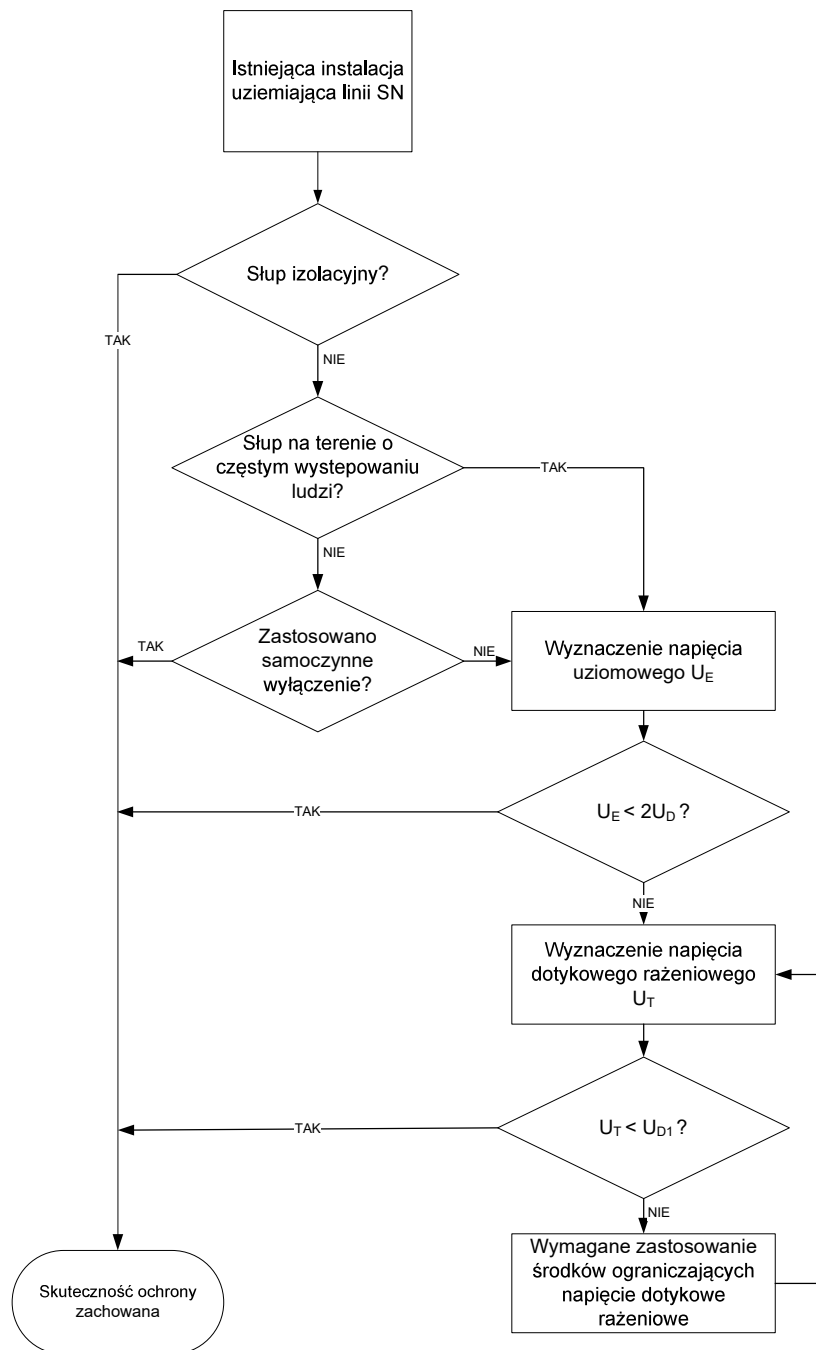
$$U_E = I_E Z_E \leq 2U_D \quad (10)$$

przy czym można przyjąć, że  $Z_E = R_E$ , czyli zamiast (10) obowiązuje warunek:

$$R_E \leq \frac{2U_D(t_F)}{I_E} \quad (10a)$$

Gdzie:

$U_D$  jest maksymalnym dopuszczalnym napięciem dotykowym spodziewanym, zależnym od czasu trwania zwarcia  $t_F$  oraz od rezystancji dodatkowej  $R_a$ . Wartości napięcia  $U_D$  są podane w normie PN-EN 50341-1 oraz na rys. 4 i w tabeli 4.



**Rysunek 3 Sprawdzenie skuteczności ochrony przed porażeniem przy dotyku pośrednim**

Miejsca lokalizacji, dla których należy wg normy PN-EN 50341-1 pomijać dodatkową rezystancję  $R_a$  ( $R_a=0$ ) to: **place zabaw, baseny, place kempingowe, tereny rekreacyjne** (np. plaże, kąpieliska, boiska sportowe) **i tym podobne** (miejsca, gdzie mogą przebywać ludzie mający gołe stopy) oraz dla stacji słupowych. Dla takich lokalizacji obowiązują wartości dopuszczalne napięcia  $U_{D1}$  (zachodzi  $U_{D1} = U_{Tp}$ ) podane przez dolną krzywą na rys. 4, obliczone przy pominięciu jakiegokolwiek rezystancji dodatkowej.

Dla każdej innej lokalizacji słupa dopuszczalne są większe wartości napięcia  $U_D$  ze względu na występującą wtedy rezystancję dodatkową obuwi  $R_{a1} = 1000 \Omega$  oraz rezystancję przejścia między stopami a podłożem  $R_{a2} = 1,5 \cdot \rho_s$  ( $\rho_s$  – rezystywność warstwy przypowierzchniowej stanowiska). Wypadkowa rezystancja dodatkowa wynosi  $R_a = R_{a1} + R_{a2}$  i może zawierać się w szerokich granicach.

Na rys. 4 przedstawiono przykładowe wartości napięcia  $U_D$  dla różnych wartości rezystancji dodatkowej, tzn. dla różnych lokalizacji słupa:

$U_{D1-1}$  przy  $R_a = 1000 \Omega$  w miejscach, w których można założyć, że ludzie poruszają się w butach, ale rezystywność gruntu jest bardzo mała;

$U_{D1-2}$  j.w. lecz przy rezystywności gruntu  $200 \Omega \cdot m$ ;

$U_{D2}$  przy  $R_a = 1750 \Omega$  w miejscach takich jak chodniki, drogi publiczne, place parkingowe i inne miejsca, w których można założyć, że ludzie mają buty na stopach;

$U_{D3}$  przy  $R_a = 4000 \Omega$  w miejscach, w których ludzie poruszają się w butach a rezystywność podłoża jest znaczna;

$U_{D4}$  przy  $R_a = 7000 \Omega$  w miejscach, w których ludzie poruszają się w butach a rezystywność podłoża jest bardzo duża.

**Tabela 4 Największe dopuszczalne napięcie dotykowe spodziewane w zależności od czasu trwania zwarcia doziemnego oraz od rezystancji dodatkowej**

Czas trwania zwarcia [s]	$U_{Tp}, U_{D1}$ ( $R_{a1}=0\Omega$ , $\rho_s=0\Omega \cdot m$ )	$U_{D1-1}$ ( $R_{a1}=1000\Omega$ , $\rho_s=0 \Omega \cdot m$ ; $R_a=1000 \Omega$ )	$U_{D1-2}$ ( $R_{a1}=1000\Omega$ , $\rho_s=200 \Omega \cdot m$ ; $R_a=1300 \Omega$ )	$U_{D2}$ ( $R_{a1}=1000\Omega$ , $\rho_s=500\Omega \cdot m$ ; $R_a=1750 \Omega$ )	$U_{D3}$ ( $R_{a1}=1000\Omega$ , $\rho_s=2000\Omega \cdot m$ ; $R_a=4000 \Omega$ )	$U_{D4}$ ( $R_{a1}=1000\Omega$ , $\rho_s=4000\Omega \cdot m$ ; $R_a=7000\Omega$ )
0,05	735	1635	1905	2310	4330	7032
0,1	633	1383	1608	1945	3633	5883
0,15	570	1230	1427	1724	3208	5188
0,2	500	1068	1238	1494	2772	4477
0,3	380	770	887	1063	1942	3114
0,4	280	560	644	770	1400	2240
0,5	204	404	464	554	1004	1604
0,6	165	322	369	440	793	1264
0,7	140	268	306	364	652	1035
0,8	130	237	269	317	558	879
0,9	115	207	234	276	483	759
1	107	187	211	247	427	667
1,2	99	171	193	226	389	607
1,4	95	163	184	214	368	573
1,6	91	155	174	203	348	541
2	88	148	166	193	328	508
3	83	139	155	181	307	475
5	81	132	147	170	285	438
10	80	130	145	167	280	430

Jeżeli spełnienie warunku (10) lub zamiennie warunku (10a) jest utrudnione, to powinny zostać zastosowane dodatkowe środki pozwalające na zachowanie wymaganej ochrony przed porażeniem. Do wykorzystania proponuje się zwłaszcza wykonanie uziemienia otokowego (na głębokości nie większej niż 0,5 m, w odległości 1 m od słupa) w celu wyrównania potencjału na powierzchni gruntu. Wymaganą rezystancję uziemienia słupa można wtedy wyznaczyć wg zależności (nie stosować dla  $U_{D2-4}$ ):

$$R_E \leq \frac{4U_{D1}(t_F)}{I_E} \quad (11)$$

Można także dodatkowo powiększyć rezystywność podłoża, stosując tzw. izolację stanowiska (warstwa tłucznia o grubości co najmniej 100 mm, warstwa asfaltu na podłożu żwirowym itp.). W tym przypadku należy sprawdzić pomiarowo, czy przy słupie napięcia dotykowe rażeniowe spełniają warunek:

$$U_T \leq U_{D1}(t_F) \quad (12)$$

## X. Wymagania dotyczące rezystancji uziemień w liniach nN

Dla sieci niskiego napięcia pracujących w układzie TN wszystkie wymagania dotyczące uziemień ochronno-roboczych, w tym odnośnie rozmieszczenia uziemień przewodów PEN (PE), przedstawiono w punkcie VIII.1, podpunkty a), b) i c).

*W protokole należy odnotować brak ciągłości przewodu PEN na podziałach sieci.*

Uziemienie wszystkich części przewodzących dostępnych i obcych w sieci nN o układzie TT powinno być tak wykonane, aby części przewodzące jednocześnie dostępne połączone były z tym samym uziomem. Rezystancja uziemienia  $R_A$  powinna być nie większa niż:

$$Z_s \leq \frac{U_0}{I_a}, \quad (13)$$

gdzie:

$Z_s$  [Ω] – impedancja uziemienia ochronnego rozpatrywanej części przewodzącej dostępnej,  
 $I_a$  [A] – prąd wyłączający urządzenia zabezpieczającego poprzedzającego miejsce w czasie 1sek.  
 $U_0$  [V] – wartość skuteczna napięcia nominalnego względem ziemi

W układach TT, gdy napięcia dotykowe przekroczą wartość dopuszczalną długotrwale (50 V) mogą być stosowane, jako urządzenia zabezpieczające samoczynnie wyłączające zasilanie, urządzenia różnicowoprądowe (zwłoczne) oraz urządzenia przetężeniowe. Czas samoczynnego wyłączenia zasilania (a co za tym idzie wartość prądu  $I_a$ ) powinien być nie dłuższy niż 1s, przy czym przy zastosowaniu jako zabezpieczeń bezpieczników topikowych jeśli prąd  $I_a$  jest co najmniej równy 2-krotnej wartości prądu wkładki bezpiecznikowej dopuszcza się czas dłuższy.

$$R_A \leq \frac{50}{I_{\Delta n}} \quad (14)$$

$I_{\Delta n}$  [A] – znamionowy prąd różnicowy urządzenia ochronnego  
 $R_A$  [Ω] – rezystancja uziemienia ochronnego rozpatrywanej części przewodzącej dostępnej

## XI. Pomiary impedancji pętli zwarcia w liniach niskiego napięcia

Pomiar impedancji pętli zwarcia wykonujemy dla urządzeń i instalacji, dla których wymagana jest ochrona przed porażeniem – metalowe złącza, słupy, szafki oświetlenia ulic, wysięgniki, instalacje potrzeb własnych

Do wykonywania pomiarów należy stosować przyrządy wieloprądowe MZC o prądzie pomiarowym większym niż 30A. Zasada wykonywania pomiaru przedstawiana została na rys.4 w „Standaryzacja metod pomiarowych przy ocenie skuteczności ochrony przed porażeniem w stacjach SN/nN oraz w liniach średnich i niskich napięć”.

Zmierzona wartość impedancji pętli zwarcia powinna spełniać warunek:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \quad (15)$$

gdzie:

$Z_s$  – zmierzona wartość impedancji pętli zwarcia  
 $I_a$  – wartość prądu wyłączającego odczytana z charakterystyki- czasowo-prądowej zastosowanego zabezpieczenia zwarcowego dla czasu  $t < 5\text{sek}$   
 $U_0$  – napięcie fazowe względem ziemi 230V

Wyniki zanotować w protokole papierowym i elektronicznym. Wzór protokołu przedstawiono w dokumencie „Standaryzacja metod pomiarowych przy ocenie skuteczności ochrony przed porażeniem w stacjach SN/nN oraz w liniach średnich i niskich napięć”.

## **XII. Literatura**

1. PN-E-05115: 2002. Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1kV.
2. N SEP-E-001:2012. Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa.
3. PN-IEC 60364-4-442:2007. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed przepięciami. Ochrona instalacji niskiego napięcia przed przejściowymi przepięciami i uszkodzeniami przy doziemieniach w sieci wysokiego napięcia.
4. PN-EN 50341-1:2005. Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 45kV. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne.
5. PN-EN 50423-1:2007. Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV do 45 kV włącznie. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne.
6. Jabłoński W.: Podręcznik INPE dla elektryków. Zeszyt 12. Uziemienia w sieciach, instalacjach i urządzeniach elektroenergetycznych. Zakład wydawniczy „INPE” w Bełchatowie, listopad 2006.
7. Jabłoński W.: Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia. WNT, Warszawa 2006r.
8. Jabłoński W.: Punkty neutralne sieci niskiego napięcia – łączenie z uziomami stacji zasilających. Elektro-info nr 9, 2003.
9. Jabłoński W.: Badanie skuteczności ochrony przed porażeniem w stacjach SN/nN. Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej „Stacje elektroenergetyczne WN/SN i SN/nN”. Wisła, 29-30 listopad 2007r.
10. Żmuda K., Siwy E., Witek B.: Analiza sposobów pracy punktów gwiazdowych w wybranych stacjach 110/SN na terenie GZE S.A. Praca naukowo-badawcza nr 5200006284/KG, Gliwice 2005r.
11. Żmuda K., Witek B., Kielboń M.: Warsztaty szkoleniowe z zakresu ochrony przed porażeniem. PPHU „TRANZEX”, Gliwice, sierpień 2008r.
12. Hoppel W., Lorenc J.: Badania instalacji uziemiających stacji SN/nN. Wiadomości Elektrotechniczne nr 9/2008.
13. PN-EN 50522:2011. Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1kV.

**Sposób przeprowadzania pomiarów ochrony przed porażeniem  
w zakresie:**  
**stacji SN/SN (stacja redukcyjna) – na terenie zespolonej instalacji  
uziemiającej,**  
**rozdzielni sieciowych (RS) – na terenie zespolonej instalacji  
uziemiającej,**  
**stacji transformatorowych SN/nN – na całym obszarze działania**



## SPIS TREŚCI ZAŁĄCZNIKA 1

1.	Kontrola dokumentacji .....	3
2.	Oględziny .....	3
3.	Pomiary .....	3
a)	Pomiar rezystancji uziemienia $R_B$ (lub rezystancji uziomu stacyjnego $R_E$ ).....	3
b)	Pomiar ciągłości przewodów uziemiających .....	5
4.	Opracowanie wyników pomiarów .....	6
	Wzór dokumentu protokołu pomiarowy dla Stacji transformatorowej SN/nN .....	7

## RYSUNKI:

Rysunek 1.	Układ pomiarowy trójelektrodowy trójprzewodowy z wykorzystaniem miernika MRU .....	4
<b>Rysunek 2.</b>	<b>Pomiar ciągłości przewodów uziemiających w stacji SN/nN .....</b>	<b>6</b>

## TABELLE:

Tabela 1.	Wartości współczynnika $k_R$ .....	5
-----------	------------------------------------	---

## 1. Kontrola dokumentacji

Sprawdzeniem dokumentacji zajmuje się pracownik dozoru, wypełniając **WYCIĄG Z DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ**

W szczególności, przy kontroli dokumentacji należy zwrócić uwagę na:

- dokumenty zawierające plan przedstawiający: sposób połączenia punktu neutralnego sieci nN z uziomem stacji, lokalizację uziomu, jego konfigurację, głębokość umieszczenia, rodzaj i lokalizację środków dodatkowych M (jeżeli były zastosowane),
- dokumenty wprowadzające zmiany do dokumentacji konstrukcyjnej (np. jeśli nastąpiła przebudowa lub modernizacja obiektu),
- dokumenty z ostatnich badań (protokoły badań, wytyczne co do nakazanych prac i protokoły odbioru tych prac).

## 2. Oględziny

Oględzin dokonuje **zespół wykonujący badanie ochrony przed porażeniem stacji w terenie**. Podczas oględzin należy:

- 1) sprawdzić rozmieszczenie i liczbę przewodów uziemiających na terenie całej stacji; rozmieszczenie to należy zaznaczyć na szkicu stacji w protokole lub załączniku.
- 2) Sprawdzić ciągłość metodą pomiarową lub odkopać przewody uziemiające stacji na głębokość 30 cm w celu sprawdzenia występowania korozji. Przeprowadzić wizualne oględziny ciągłości przewodów uziemiających.
- 3) sprawdzić przewody uziemiające łączące punkt neutralny transformatora (transformatorów) po stronie nN z uziomem stacji. Szczególnie należy zwrócić uwagę, czy połączenie to zostało wykonane jako osobne przewody uziemiające, czy też połączone z układem uziemienia ochronnego stacji. Wynik oględzin należy wpisać w protokole w rubryce „Oględziny widocznych części układu uziemiającego i ocena układu”;
- 4) sprawdzić stan widocznych części przewodów uziemiających, punktów kontrolno-pomiarowych uziemienia, punktów połączeń poszczególnych elementów urządzeń, zwracając uwagę na: przerwy w przewodach (następstwo dewastacji, kradzieży), korozję, braki śrub przy zaciskach uziemiających, poluzowane śruby w zaciskach itp. Wszelkie zaobserwowane nieprawidłowości należy wpisać do protokołu badań;
- 5) jeżeli w stacji zastosowano dodatkowe środki ochrony przeciwporażeniowej M (powinny zostać opisane przez zlecającego w **WYCIĄGU Z DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ**<sup>1</sup>), należy sprawdzić, czy środki te nie uległy uszkodzeniom/zmianom.

## 3. Pomiary

Pomiarów dokonuje **zespół wykonujący badanie ochrony przed porażeniem stacji w terenie**.

Pomiary obejmują:

- a) stacje SN/SN (stacja redukcyjna) – na terenie zespolonej instalacji uziemiającej,
- b) rozdzielnie sieciowe (RS) – na terenie zespolonej instalacji uziemiającej,
- c) stacje transformatorowe SN/nN – na całym obszarze działania

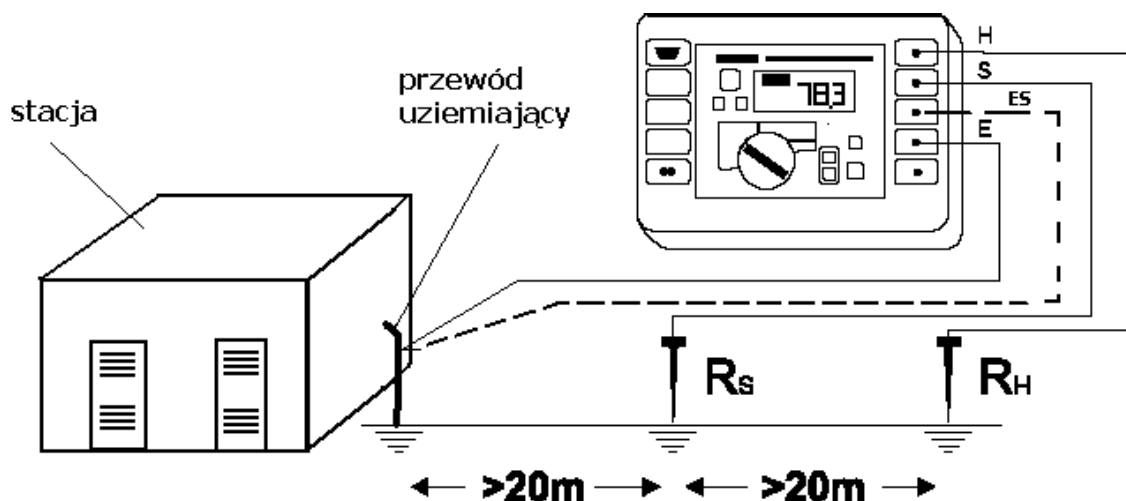
Podczas pomiarów należy zmierzyć rezystancję  $R_B$  stacji oraz zbadać ciągłość każdego przewodu uziemiającego stacji. Jeżeli pomiarów dokonuje się przy rozpiętych złączach kontrolnych układu uziemiającego, to zamiast wartości  $R_B$  uzyskuje się wartość  $R_E$  rezystancji uziomu stacyjnego zarówno podczas pomiaru bez użycia cęgów pomiarowych, jak i podczas sprawdzania ciągłości przewodów uziemiających.

### a) Pomiar rezystancji uziemienia $R_B$ (lub rezystancji uziomu stacyjnego $R_E$ )

Założono, że zespół dokonujący pomiarów dysponuje miernikiem do bezpośrednich pomiarów rezystancji uziemień, wyposażonym ponadto w cęgi pomiarowe do pomiaru prądu bez konieczności rozpinania przewodów. Taki miernik umożliwia sprawdzanie ciągłości danego przewodu uziemiającego. Przykładowym przyrządem jest miernik MRU, nie wyklucza się jednak użycia mierników innych typów o podobnym działaniu. Mierniki takie powinny być wyposażone w cęgi pomiarowe (w celu sprawdzania ciągłości przewodów uziemiających) lub też cęgi pomiarowe i cęgi wymuszające.

Kolejność wykonywania pomiarów:

- a1) Na przewodzie uziemiającym znaleźć miejsce, w którym odległość przewodu uziemiającego od ściany budynku jest na tyle duża, aby można było na przewodzie umieścić nie tylko zacisk przyrządu pomiarowego, lecz także założyć cęgi pomiarowe w przypadku kontroli ciągłości tego przewodu. W razie potrzeby odkopać przewód uziemiający i lekko odgiąć, aby stworzyć miejsce do założenia cęgów.
- a2) Zbudować układ pomiarowy trójelektrodowy (trójprzewodowy), pokazany na rys. 1.



**Rysunek 1.** Układ pomiarowy trójelektrodowy trójprzewodowy z wykorzystaniem miernika MRU  
Układ pomiarowy trójelektrodowy trójprzewodowy z wykorzystaniem miernika MRU (z możliwością rozbudowy do układu czteroprzewodowego) do pomiaru całkowitej rezystancji uziemienia  $R_B$  w stacji SN/nN

W układzie tym używa się zasadniczo dwóch elektrod oraz trzech zacisków przyrządu: H, S, E. Zacisk H łączy się z elektrodą prądową  $R_H$  (w ogólnej instrukcji oznaczenie  $S_p$ ), zacisk S z elektrodą napięciową  $R_S$  (w ogólnej instrukcji oznaczenie  $S_n$ ), natomiast zacisk E z badanym przewodem uziemiającym. Elektroda napięciowa  $R_S$  powinna być umieszczona w gruncie w odległości ok. 20 m od badanego przewodu uziemiającego, zaś elektroda prądowa w odległości ok. 40 m od badanego przewodu uziemiającego, przy czym elektrody powinny być umieszczone w jednej linii.

**Uwaga.** Oznaczenia elektrod na rys. 1 i w tekście są identyczne z oznaczeniami na przyrządzie MRU 101. W przypadku użycia innych przyrządów oznaczenia mogą być różne.

- a3) Wykonać pierwszy orientacyjny pomiar  $R_B$  (zgodnie z instrukcją obsługi miernika).
- a4) Po wykonaniu pomiaru należy przenieść elektrodę napięciową  $R_S$  o ok. 6 metrów w stronę prądową i pomiar powtórzyć. Następnie przenieść  $R_S$  w stronę badanego obiektu i pomiar ponownie powtórzyć.  
Duże różnice (powyżej 3%) w wynikach powyższych 3 prób pomiarowych świadczą, że elektroda napięciowa NIE ZNAJDUJE SIĘ w tzw. strefie zerowego potencjału i pomiar może dawać fałszywy wynik. W takim przypadku należy zwiększyć odległość między obiektem a elektrodą prądową, elektrodę napięciową umieścić w połowie odległości między elektrodą prądową a badanym obiektem i pomiary (a3)-a4)) powtórzyć.
- a5) Próby pomiarowe a2)-a4) powtarzać tak długo, aż różnica wyników pomiaru powstała przy przesuwaniu elektrody napięciowej będzie mniejsza niż 3%. Jako wynik można przyjmować średnią z całego cyklu pomiarowego (cykl pomiarowy to 3 pomiary z różnymi położeniami elektrody napięciowej).
- a6) **UWAGA.** PO DOKONANIU POMIARU  $R_B$  NIE NALEŻY DEMONTOWAĆ UKŁADU SOND POMIAROWYCH, LECZ WYKORZYSTAĆ GO DO ZBADANIA CIĄGŁOŚCI DANEGO PRZEWODU UZIEMIAJĄCEGO (patrz punkt b1)).

- a7)** Wynik pomiaru należy wpisać w protokole pomiarowym, w rubryce „Wynik pomiaru  $R_B$ ,  $R_{BM}=...$ ”. Wartość tę należy przemnożyć przez współczynnik  $k_R$  w zależności od warunków pomiaru (pogoda, rezystywność gruntu). Wartości współczynnika  $k_R$  zestawiono w tabeli 1.
- a8)** Po zakończeniu pomiarów  $R_B$  dla danego przewodu uziemiającego i zapisaniu wyników, należy sprawdzić ciągłość tego przewodu uziemiającego (przejsz do punktu b1)). Należy wykorzystać fakt, że jeżeli prawidłowo znaleziono strefę zerowego potencjału podczas pomiaru  $R_B$ , to pomiar ciągłości przewodu uziemiającego będzie przeprowadzony przy prawidłowym rozstawieniu sond i nie jest konieczna próba trzykrotnego przemieszczania elektrody napięciowej.
- a9)** Po zakończeniu badania ciągłości przewodu uziemiającego (punkty b1)-b3)) należy układ pomiarowy przenieść w pobliże następnego przewodu uziemiającego.
- a10)** Dla kolejnego przewodu uziemiającego ustalić, czy elektroda napięciowa znajduje się w strefie potencjału zerowego (pkt. a1)-a5)), a następnie dokonać sprawdzenia ciągłości przewodu.

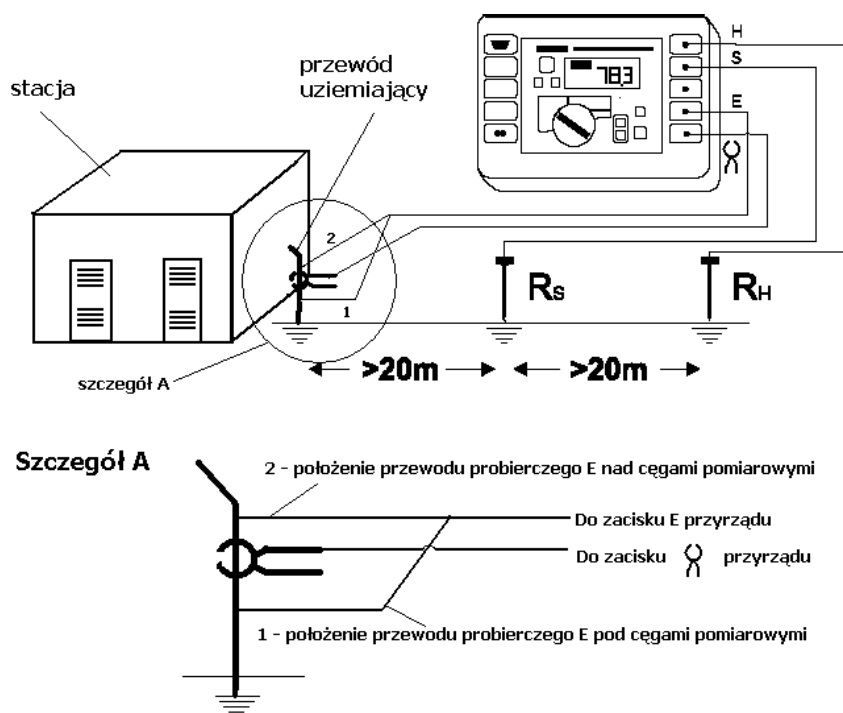
**Tabela 1.** Wartości współczynnika  $k_R$

Rodzaj uziomu	Rozmiar uziomu	Rezystywność gruntu ( $\Omega \cdot m$ )	Współczynnik $k_R$		
			grunt w czasie pomiarów		
			suchy <sup>1)</sup>	wilgotny <sup>2)</sup>	mokry <sup>3)</sup>
Uziom poziomy <sup>4)</sup>	$l < 30 \text{ m}$	dowolna	1,4	2,2	3,0
Uziom kratowy	$S_E < 900 \text{ m}^2$	$\rho \leq 200$	1,3	1,8	2,4
		$\rho > 200$	1,4	2,2	3,0
	$S_E \geq 900 \text{ m}^2$	$\rho \leq 200$	1,1	1,3	1,4
		$\rho > 200$	1,2	1,6	2,0
Uziom pionowy	$l = 2,5 \div 5 \text{ m}$	dowolna	1,2	1,6	2,0
	$l > 5 \text{ m}$	dowolna	1,1	1,2	1,3

1) W okresie od czerwca do września włącznie z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach.  
 2) Poza okresem zaliczanym do 1) z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
 3) W okresie trzech dni po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
 4) Głębokość ułożenia uziomu od 0,6 do 1 m.

#### **b) Pomiar ciągłości przewodów uziemiających**

Do kontroli ciągłości przewodów uziemiających należy użyć przyrządu do pomiaru rezystancji uziemienia z cęgami pomiarowymi. Układ wykorzystywany do pomiaru  $R_B$  należy zmodyfikować, jak na rys. 2. Istotne jest zwrócenie uwagi na szczegół A – a mianowicie umieszczenie zacisku przewodu E przyrządu pomiarowego w stosunku do cęgów pomiarowych. Umieszczenie tego zacisku nad cęgami pomiarowymi (inaczej umieszczenie cęgów pomiarowych pod zaciskiem przewodu E przyrządu) spowoduje pomiar ciągłości tego przewodu W DÓŁ, to znaczy zostanie zbadane, czy przewód uziemiający ma galwaniczne połączenie z podziemną częścią uziomu. Umieszczenie cęgów pomiarowych nad zaciskiem przewodu E przyrządu spowoduje, że pomiar wskaże ciągłość przewodu uziemiającego W GÓRĘ, czyli połączenie galwaniczne przewodu uziemiającego z układem uziemiającym stacji. Pomiar ten, przy prawidłowo dokonanych oględzinach nie jest konieczny.



**Rysunek 2. Pomiar ciągłości przewodów uziemiających w stacji SN/nN**

**Kolejność postępowania przy badaniu ciągłości przewodu uziemiającego w stacji:**

- b1)** Układ przygotowany do pomiaru  $R_B$  według punktu a2) zmodyfikować, jak na rys. 2.
- b2)** Umieścić cęgi pomiarowe pod zaciskiem przewodu E miernika. W przypadku, gdy przestrzeń między ścianą budynku a przewodem uziemiającym jest zbyt mała, aby zmieścić cęgi, przewód należy lekko odgiąć lub odkopać i odgiąć tak, aby stworzyć miejsce dla umieszczenia cęgów.
- b3)** Dokonać pomiaru ciągłości przewodu poprzez pomiar rezystancji. Otrzymany wynik należy wpisać do protokołu pomiarowego w rubryce „Wskazanie miernika w  $\Omega$ , przy cęgach pomiarowych umieszczonych pod przewodem E przyrządu i ocena ciągłości”. Jeśli wynik pomiaru przekracza kilkadziesiąt omów (wg instrukcji ogólnej 30  $\Omega$ ), można podejrzewać brak ciągłości przewodu (jako ocenę ciągłości wpisać „BRAK”). Po dokonaniu kontroli ciągłości danego przewodu uziemiającego przejść do punktu a9).
- b4)** Jeżeli pomiaru dokonuje się przy rozpiętych złączach kontrolnych układu uziemiającego, to wynik pomiaru jest również wartością rezystancji uziomu stacyjnego  $R_E$ . W takim przypadku wynik należy przepisać do szarego pola w rubryce „Rezystancja  $R_{EM}$  mierzona na danym przewodzie uziemiającym (całkowita),  $\Omega$ ” oraz obliczyć rezystancję  $R_E$  poprzez przemnożenie wartości  $R_{EM}$  przez współczynnik  $k_R$ . Po wykonaniu pomiarów na wszystkich przewodach uziemiających należy obliczyć średnią rezystancję  $R_E$  i wpisać do odpowiedniej rubryki protokołu.

#### **4. Opracowanie wyników pomiarów**

Wyniki pomiarowe opracowuje oraz dokonuje oceny ochrony przed porażeniem osoba dozoru. Instrukcja opracowania wyników i oceny ochrony przed porażeniem jest przedmiotem osobnego opracowania „Instrukcja badań eksploatacyjnych skuteczności ochrony przed porażeniem w stacjach transformatorowych SN/nN oraz w liniach SN i nN”.

str. 1/2

..... Nazwa firmy wykonującej pomiary	<b>PROTOKÓŁ pomiarowy nr.....</b> Z badania i oceny skuteczności ochrony przed porażeniem w obiekcie	..... Data pomiaru				
<b>TYP OBIEKTU: STACJA TRANSFORMATOROWA SN/nN</b>						
<b>CZĘŚĆ PIERWSZA: SPRAWDZENIE DOKUMENTACJI</b>						
<b>DANE IDENTYFIKACYJNE OBIEKTU:</b> Numer stacji..... Nazwa..... Typ stacji: wnetrzowa/napowietrzna/slupowa* Praca punktu neutralnego strony nN: uziemiony wspólnie z SN/uziemienie rozdzielone z uziemieniem SN* Obszar zespolonej impedancji uziemiającej TAK/NIE*						
Dane dotyczące prądu doziemnego w układzie najbardziej niekorzystnym zasilania stacji – zasilanie z GPZ ..... pole nr.....:						
a) prąd zwarcia doziemnego $I_{k1}'' = \dots\dots\dots A$ b) współczynnik redukcyjny linii $r = \dots\dots\dots$ c) prąd uziomowy $I_E = \dots\dots\dots A$ d) czas wyłączenia zwarcia doziemnego $t_F = \dots\dots\dots s$ e) największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe $U_{Tp} = \dots\dots\dots V$ f) największe dopuszczalne napięcie zakłócenkowe $U_F = \dots\dots\dots V$ Układ sieciowy TN-S /TN-C $U_0 = 230 V$ $t < 5s$						
Zmiana parametrów sieci od ostatniego badania TAK/NIE*						
Informacja o dokumentacji technicznej: a) dane dokumentu zawierającego projekt uziemienia stacji..... b) ostatnie badanie ochrony p-porażeniowej potwierdza protokół nr.....z dnia.....						
<b>CZĘŚĆ DRUGA: POMIARY W TERENIE</b>						
<b>Impedancja pętli zwarcia instalacji potrzeb własnych</b>						
Przyrządy pomiarowe: typ.....nr.....						
Lokalizacja gniazda(po mieszczzenie stacji)	Nr gniazdka (lub załącznik graficzny)	Typ zabezpieczeń	I <sub>a</sub> [ A ]	Z <sub>SM</sub> [Ω]	Z <sub>Sdop</sub> = 230/I <sub>a</sub> [Ω]	Ocena skuteczności: tak - nie
Rodzaj gruntu .....						
Grunt w czasie pomiarów (wg tab. 1. str. 5 – zaznaczyć właściwe): <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <span><input type="checkbox"/> suchy</span> <span><input type="checkbox"/> wilgotny</span> <span><input type="checkbox"/> mokry</span> </div>						
Szkic stacji z rozmieszczeniem przewodów uziemiających: <i>zaznaczyć odpowiedni rysunek, dorysować brakujące uziemienia</i>						
*) lub wg załącznika						
Oględziny widocznych części układu uziemiającego i ocena układu (włącznie z pracami koniecznymi do przeprowadzenia wynikłymi z oględzin): ..... ..... .....						
Pomiary rezystancji uziemienia: Przyrządy pomiarowe: typ.....nr.....						

CIĄG DALSZY						str 2/2
<b>Wynik pomiaru <math>R_B</math>:</b>						
$R_{BM} = \dots\dots\dots \Omega$ ; $k_R = \dots\dots\dots$ ; $R_B = k_R \cdot R_{BM} = \dots\dots\dots \Omega$						
<b>Sprawdzenie ciągłości poszczególnych przewodów uziemiających</b>						
Lp.	Rodzaj przewodu uziem. (robocze/ochronny stacji)* nr na szkicu	Wskazanie miernika w $\Omega$ , przy cęgach pomiarowych umieszczonych pod przewodem E przyrządu i ocena ciągłości (wpisać wartość $R_{Bi}$ i stwierdzić ciągłość JEST/ciągłości BRAK)	Zaciski kontrolne uziemienia stacji w czasie pomiaru	$R_{EM}$ mierzona na danym przewodzie uziemiającym (całkowita), $\Omega$	$R_E = k_r \cdot R_{EM}$ , $\Omega$	<b>Uwaga.</b> Szare pola wypełniać tylko, jeśli pomiary wykonywano przy rozpiętych zaciskach kontrolnych uziemień; w przeciwnym wypadku szare pola pozostawić puste; średnia $k_r \cdot R_{EM}$ oznacza wartość rezystancji uziomu stacji $R_E$
1			<b>Połączone/rozpięte*</b>			
2						
3						
4						
5						
Uwagi pokontrolne:			Średnia:			
Pomiary przeprowadził: ..... <div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> <span>imię, nazwisko</span> <span>nr świadectwa kwalifikacyjnego</span> <span>data</span> <span>podpis</span> </div>						
Obliczenia napięcia uziomowego $U_E$ : -dla pomiaru przy połączonych zaciskach kontrolnych układu uziemiającego obliczyć $U_E = I_E \cdot R_B$ -dla pomiaru przy rozłączonych zaciskach kontrolnych układu uziemiającego obliczyć $U_E = I_E \cdot R_E$				$U_E = \dots\dots\dots V$		
Czas wyłączania zwarcia $t_F = \dots\dots S$				Największe dopuszczalne napięcie $U_{Tp} = \dots\dots V$		
<b>Warunek <math>U_E \leq 2 \cdot U_{Tp}</math> spełniony/niespełniony</b>						
Informacja o zastosowanych środkach dodatkowych M do ochrony przed porażeniem: zastosowane środki M: nie ma/są środki M....., M....., M.....*						
<b>Warunek <math>U_E \leq 4 \cdot U_{Tp}</math> spełniony/niespełniony*</b> (konieczność sprawdzenia warunku $U_T < U_{Tp}$ ) <b>Dodatkowe pomiary <math>U_T</math> wykonać/nie wykonać*</b>						
<b>Warunek <math>R_B \leq R_E \cdot 50 / (U_0 - 50)</math> przy <math>R_E = 10 \Omega</math> SPEŁNIONY/NIESPEŁNIONY</b>						
Uziemienie sieci nN w stosunku do uziemienia części SN stacji wykonane jako: <b>wspólne/rozdzielone*</b> <b>Uwaga. Pola szare wypełnić w przypadku, gdy uziemienie części stacji SN i nN wykonano jako wspólne. W przypadku gdy uziemienie jest rozdzielone pola szare pozostawić puste.</b>						
Czas wyłączania zwarcia $t_F = \dots\dots S$				Największe dopuszczalne napięcie $U_F = \dots\dots V$		
<b>Warunek <math>U_E \leq U_F</math> spełniony/niespełniony*</b>						
Ocena ochrony:						
Ochrona przeciwporażeniowa w obiekcie SKUTEKZNA/NIESKUTEKZNA*						
Uwagi pokontrolne, prace wymagane do wykonania ..... ..... .....						
Ocenę sporządził.....świadectwo kwalifikacyjne nr.....dnia.....  podpis.....						

\*niepotrzebne skreślić

## **Sposób przeprowadzania pomiarów ochrony przed porażeniem w liniach SN**



## SPIS TREŚCI ZAŁĄCZNIKA 2

1.	Kontrola dokumentacji .....	3
2.	Oględziny .....	3
3.	Pomiary .....	3
a)	Pomiar rezystancji uziemienia $R_E$ .....	3
4.	Opracowanie wyników pomiarów .....	6

Wzór dokumentu protokół pomiarowy dla słupów Linii SN .....	8
---	---

Wzór dokumentu protokół pomiarowy dla słupów Linii SN i nN (dwunapięciowa) .....	10
--	----

## RYSUNKI:

Rysunek 1 rezystancji uziemienia słupa SN (układ pomiarowy trój- lub czteroprzewodowy) .....	4
Rysunek 2. Kontrola ciągłości przewodów uziemiających słupa SN, nN i linii dwunapięciowej; kontrola ciągłości przewodu uziemiającego .....	6

## TABELE:

Tabela 1 Wartości współczynnika $k_R$ .....	6
---	---

## 1. Kontrola dokumentacji

Sprawdzeniem dokumentacji zajmuje się pracownik dozoru, wypełniając **WYCIĄG Z DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ**<sup>1</sup>.

W szczególności, przy kontroli dokumentacji należy zwrócić uwagę na:

- dokumenty zawierające plan przedstawiający: przebieg linii, rozmieszczenie słupów, które są uziemione, konfigurację i głębokość umieszczenia uziomu, rodzaj środków dodatkowych ograniczających napięcie dotykowe rażeniowe (jeżeli były zastosowane),
- dokumenty wprowadzające zmiany do dokumentacji konstrukcyjnej, np. jeśli nastąpiła przebudowa linii, zmiana warunków prowadzenia linii (teren stał się terenem, na którym często przebywają ludzie) itp.,
- dokumenty przyjęcia linii do eksploatacji, dokumenty z ostatnich badań, odbioru urządzeń, ocen stanu technicznego, konserwacji, napraw i remontów (protokoły badań, wytyczne co do nakazanych prac i protokoły odbioru tych prac).

## 2. Oględziny

Oględzin dokonuje **zespół wykonujący badanie ochrony przed porażeniem linii w terenie**. Podczas oględzin należy:

- a) Sprawdzić ciągłość metodą pomiarową lub odkopać przewody uziemiające na głębokość 30 cm w celu sprawdzenia występowania korozji. Przeprowadzić wizualne oględziny ciągłości przewodów uziemiających.
  - b) sprawdzić stan widocznych części przewodów uziemiających, punktów kontrolno-pomiarowych uziemienia, punktów połączeń poszczególnych elementów urządzeń (jeżeli występują), zwracając uwagę na: przerwy w przewodach (następstwo dewastacji, kradzieży), korozję, braki śrub przy zaciskach uziemiających, poluzowane śruby w zaciskach itp. Wszelkie zaobserwowane nieprawidłowości należy wpisać do protokołu badań;
  - c) jeżeli słup linii wymaga dodatkowych środków ograniczających napięcie dotykowe rażeniowe, sprawdzić rodzaj tych środków i ich stan;
  - d) sprawdzić, w przypadku słupów ze stacjami słupowymi, czy wykonano i jaki jest stan uzupełniających środków ochrony przed porażeniem przy uszkodzeniu (jeżeli z projektu wynika, że stosowanie takich środków jest konieczne);
  - e) sprawdzić, czy zachowane są bezpieczne odstępny części przewodzących czynnych od części przewodzących dostępnych (np. zbyt duże zwisy przewodów, przypadki skorodowania drutów wiązkowych i opadnięcia przewodów na poprzeczkę słupa lub opadnięcia przewodu od słupa, przypadki uszkodzeń izolatorów).
- Wyniki oględzin wpisać do protokołu pomiarowego w rubryce „Oględziny widocznych części układu uziemiającego i ocena układu”.

## 3. Pomiary

Pomiarów dokonuje **zespół wykonujący badanie ochrony przeciwporażeniowej linii w terenie**. W napowietrznych liniach elektroenergetycznych SN w większości przypadków ma miejsce następująca sytuacja: części przewodzące dostępne sąsiednich słupów nie są ze sobą połączone; w przypadku, gdy słup jest uziemiony, występują jeden lub dwa przewody uziemiające oraz jest małe prawdopodobieństwo, że słup umieszczony jest na terenie zespolonej impedancji uziemiającej. W związku z powyższym jest możliwy do wykonania pomiar rezystancji pojedynczego uziomu danego słupa. Przed przystąpieniem do pomiarów należy jednak sprawdzić, czy w badanej linii nie występują odstępstwa od wymienionych wyżej reguł.

### a) Pomiar rezystancji uziemienia $R_E$

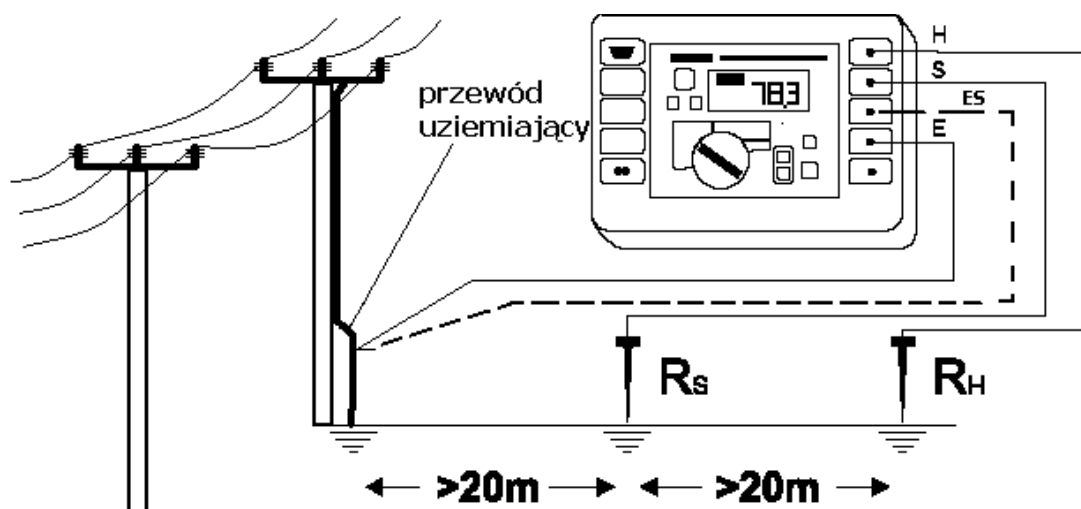
<sup>1</sup> **WYCIĄG Z DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ** będzie dostarczany po dostosowaniu systemu. Do tego czasu dopuszcza się używania dokumentów tymczasowych wg wzorów ze str.8 i 10

W instrukcji założono, że zespół dokonujący pomiarów dysponuje miernikiem do bezpośrednich pomiarów rezystancji uziemienia, wyposażonym ponadto w cęgi pomiarowe do pomiaru prądu bez konieczności rozpinania przewodów. Dla słupów SN z jednym przewodem uziemiającym stosowanie ich nie jest konieczne, natomiast mogą być wykorzystane do zbadania ciągłości przewodu uziemiającego w liniach SN w sytuacjach szczególnych<sup>2</sup>.

W dalszym opisie założono, że używany jest miernik Sonel MRU (lub inny spełniający wymagania w zakresie przeprowadzenia pomiaru) i oznaczenia zacisków i przewodów probierczych zarówno w tekście, jak i na rysunkach są przyjęte jak dla tego miernika.

### Kolejność wykonywania pomiarów:

- a1) W przypadku pomiarów rezystancji uziemienia słupa linii SN ustalić na podstawie oględzin, ile przewodów uziemiających posiada słup. Stwierdzić, czy na słupie nie znajduje się stacja transformatorowa słupowa.
- a2) Zbudować układ pomiarowy trójelektrodowy (trójprzewodowy) (rys. 1) do pomiaru rezystancji uziemienia.



Rysunek 1 rezystancji uziemienia słupa SN (układ pomiarowy trój- lub czteroprzewodowy)

W układzie pomiarowym używa się zasadniczo dwóch elektrod oraz trzech zacisków przyrządu: H, S, E. Zacisk H łączy się z elektrodą prądową  $R_H$  (w ogólnej instrukcji oznaczenie  $S_p$ ), zacisk S z elektrodą napięciową  $R_S$  (w ogólnej instrukcji oznaczenie  $S_n$ ), natomiast zacisk E z badanym przewodem uziemiającym. Elektroda napięciowa  $R_S$  powinna być umieszczona w gruncie w odległości ok. 20 m od badanego przewodu uziemiającego, zaś elektroda prądowa w odległości ok. 40 m od badanego przewodu uziemiającego, przy czym elektrody powinny być umieszczone w jednej linii. Norma PN-E-05115:2002 wymaga ponadto, aby odległość elektrody napięciowej  $R_S$  od badanego uziomu była co najmniej 2,5 razy większa od największego wymiaru terenu zajętego przez uziom (odniesionego do kierunku pomiaru).

- a3) Wykonać pierwszy orientacyjny pomiar rezystancji.
- a4) Po wykonaniu pomiaru należy przenieść elektrodę napięciową  $R_S$  o ok. 6 metrów w stronę prądową i pomiar powtórzyć. Następnie przenieść elektrodę  $R_S$  w stronę badanego obiektu i pomiar ponownie powtórzyć. Duże różnice (powyżej 3%) w wynikach pomiarowych świadczą, że elektroda napięciowa NIE ZNAJDUJE SIĘ w tzw. strefie zerowego potencjału i pomiar może dawać fałszywy wynik. W takim przypadku należy zwiększyć odległość między słupem a elektrodą prądową, elektrodę napięciową umieścić w połowie odległości między elektrodą prądową a badanym słupem i pomiary (punkty a3)-a4)) powtórzyć.

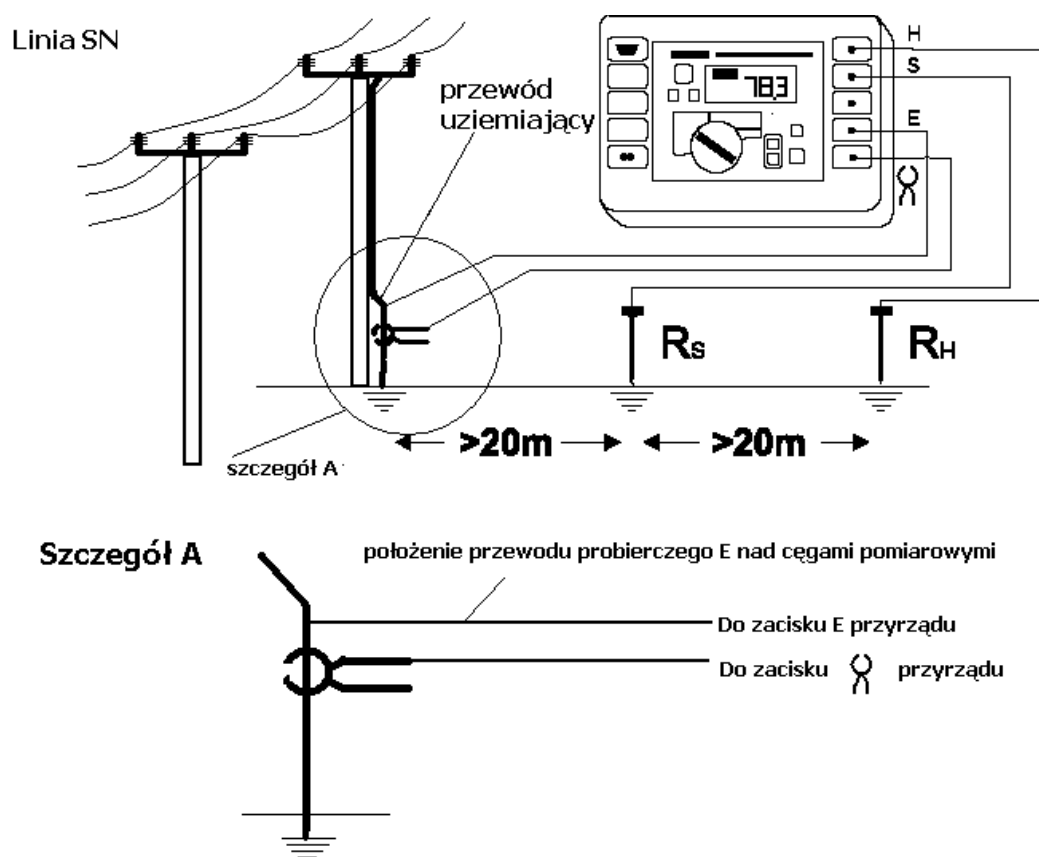
<sup>2</sup> Sytuacje szczególne występują w przypadku, gdy części przewodzące dostępnych sąsiednich słupów linii SN połączone są galwanicznie, gdy na słupie znajduje się stacja transformatorowa SN/nN lub gdy słup posiada co najmniej 2 przewody uziemiające połączone z tymi samymi częściami przewodzącymi dostępnymi.

- a5)** Próby pomiarowe a2)-a4) powtarzać tak długo, aż różnica wyników pomiaru powstała przy przesuwaniu elektrody napięciowej będzie mniejsza niż 3%. Jako wynik można przyjmować średnią z całego cyklu pomiarowego (cykl pomiarowy to 3 pomiary z różnymi położeniami elektrody napięciowej).
- a6)** W przypadku pomiaru na linii SN, lub na słupie linii dwunapięciowej, na którym jest tylko uziemienie części SN, nie zmieniając położenia elektrod zmontować układ do pomiaru ciągłości przewodu uziemiającego, zgodnie z rys. 2. Dokonać pomiaru rezystancji. Wynik pomiaru dla słupa linii SN należy wpisać do protokołu pomiarowego (wzór na str. 9 lub 12 albo 14 i 17 dla linii dwunapięciowej) do rubryki „Wskazanie miernika w  $\Omega$ , przy cęgach pomiarowych umieszczonych pod przewodem E przyrządu  $R_{EM}(\Omega)$ ”. Następnie wynik ten należy przemnożyć przez współczynnik uwzględniający warunki pomiaru i rodzaj uziomu (współczynnik ten należy odczytać z tabeli 1). Skorygowaną wartość rezystancji uziemienia wpisać do rubryki „ $k_R \cdot R_{EM}(\Omega)$ ” protokołu pomiarowego.
- a7)** W przypadku pomiaru na słupie linii dwunapięciowej, na którym jest wspólne uziemienie części SN i nN lub tylko uziemienie części nN, wynik uzyskany metodą techniczną (rys. 1) wpisać do protokołu pomiarowego w rubryce „Pomiar  $R_B$  metodą techniczną (bez cęgów)  $R_B(\Omega)$ ”(Wzór protokołu str.8 lub 10) . Jeżeli zmierzona rezystancja uziemienia ma niską wartość i zachodzi obawa, że wpływ rezystancji przewodów pomiarowych na wynik jest znaczny, należy użyć czteroprzewodowego układu pomiarowego (czwarty przewód pomiarowy ES oznaczony jest na rys. 1 linią przerywaną). W układzie czteroelektrodowym powtórzyć pomiary jak w punkcie a5). Jeżeli obszar zerowego potencjału został znaleziony dla układu trójprzewodowego i przy dodaniu czwartego przewodu pomiarowego ES nie zmieniano położenia elektrod (sond), wystarczy jednokrotny pomiar rezystancji. W przeciwnym wypadku pomiar składa się z cykli jak w punktach a3)-a5). **PO POMIARZE NIE DEMONTOWAĆ UKŁADU ELEKTROD (SOND).** Zmontować układ do pomiaru ciągłości przewodu uziemiającego, zgodnie z rys. 2. Dokonać pomiaru rezystancji. Wynik pomiaru dla słupa linii SN należy wpisać do protokołu pomiarowego (wzór na str. 14 lub 17) do rubryki „Wskazanie miernika w  $\Omega$ , przy cęgach pomiarowych umieszczonych pod przewodem E przyrządu  $R_{EM}(\Omega)$ ”. Następnie wynik ten należy przemnożyć przez współczynnik uwzględniający warunki pomiaru i rodzaj uziomu (współczynnik ten należy odczytać z tabeli 1). Skorygowaną wartość rezystancji uziemienia wpisać do rubryki „ $k_R \cdot R_{EM}(\Omega)$ ” protokołu pomiarowego.
- a9)** Dokonać kontroli ciągłości przewodu uziemiającego w kierunku ziemi. Jeżeli wynik wpisany w rubryce „Wskazanie miernika w  $\Omega$ , przy cęgach pomiarowych umieszczonych pod przewodem E przyrządu” osiąga wartość nie większą niż kilkadziesiąt  $\Omega$  (wg instrukcji ogólnej 30  $\Omega$ ), ciągłość przewodu uziemiającego w kierunku ziemi jest zachowana i w rubryce „Ocena ciągłości układu połączeń przewodów uziemiających” w protokole pomiarowym należy wpisać „JEST” (w przeciwnym wypadku należy wpisać „BRAK”). Uwaga. Wynik pomiaru ciągłości przewodu uziemiającego za pomocą cęgów oraz wynik pomiaru przeprowadzonego bez cęgów (jak w punkcie a5)) powinny być równoważne dla uziemienia słupa linii SN lub uziemienia części SN linii dwunapięciowej oraz różne dla uziomu nN lub wspólnego uziomu SN i nN linii dwunapięciowej. Jeżeli w linii SN (lub części SN linii dwunapięciowej) wynik pomiaru z cęgami jest większy od wyniku pomiaru metodą techniczną (jak w p. a5)), oznacza to że przewód uziemiający posiada połączenie z uziomem także w górnej części słupa (np. jest połączony z metalowym zbrojeniem słupa betonowego, a zbrojenie to ma połączenie z uziomem) lub też że przewód uziemiający może mieć połączenie z instalacją uziemiającą innych słupów.
- Jeżeli wyniki pomiaru  $R_{EM}$  oraz  $R_B$  dla wspólnych uziomów części SN i nN linii dwunapięciowej są równoważne, oznacza to prawdopodobną przerwę w połączeniu przewodu uziemiającego i przewodu PEN linii nN. Należy to odnotować w uwagach do protokołu i zalecić naprawę. Podobna sytuacja może wystąpić przy pomiarze rezystancji uziomu słupa linii dwunapięciowej w części nN.
- a10)** Powtórzyć pomiary wg. pkt. a1)-a10) dla kolejnych słupów linii SN (lub SN/nN) z przewodami uziemiającymi.

**Tabela 1 Wartości współczynnika  $k_R$** 

Rodzaj uziomu	Rozmiar uziomu	Rezystywność gruntu ( $\Omega \cdot m$ )	Współczynnik $k_R$		
			grunt w czasie pomiarów		
			suchy <sup>1)</sup>	wilgotny <sup>2)</sup>	mokry <sup>3)</sup>
Uziom poziomy <sup>4)</sup>	$l < 30 \text{ m}$	dowolna	1,4	2,2	3,0
Uziom kratowy	$S_E < 900 \text{ m}^2$	$\rho \leq 200$	1,3	1,8	2,4
		$\rho > 200$	1,4	2,2	3,0
	$S_E \geq 900 \text{ m}^2$	$\rho \leq 200$	1,1	1,3	1,4
		$\rho > 200$	1,2	1,6	2,0
Uziom pionowy	$l = 2,5 \div 5 \text{ m}$	dowolna	1,2	1,6	2,0
	$l > 5 \text{ m}$	dowolna	1,1	1,2	1,3

1) W okresie od czerwca do września włącznie z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach.  
 2) Poza okresem zaliczanym do 1) z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
 3) W okresie trzech dni po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
 4) Głębokość ułożenia uziomu od 0,6 do 1 m.

**Rysunek 2.** Kontrola ciągłości przewodów uziemiających słupa SN, nN i linii dwunapięciowej; kontrola ciągłości przewodu uziemiającego

#### 4. Opracowanie wyników pomiarów

Wyniki pomiarowe opracowuje oraz dokonuje oceny ochrony przeciwporażeniowej osoba dozoru na podstawie „Instrukcji badań eksploatacyjnych skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w stacjach transformatorowych SN/nN oraz w liniach SN i nN”.

<b>Dokument tymczasowy obowiązujący do czasu dostosowania systemu ZMS do instrukcji</b>		str. 1/2
..... Nazwa firmy wykonującej pomiary	<b>PROTOKÓŁ POMIAROWY nr.....</b> Z badania skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w obiekcie	..... Data pomiaru
<b>TYP OBIEKTU: LINIA ELEKTROENERGETYCZNA SN</b>		
<b>CZĘŚĆ PIERWSZA. DOKUMENTACJA OBIEKTU</b>		
DANE IDENTYFIKACYJNE OBIEKTU: GPZ .....nr pola.....lub Numer ID ciągu liniowego ..... Nazwa ..... Rodzaj uziomów przy słupach.....		
Wyłączenie linii następuje samoczynnie po doziemieniu w układzie połączeń najbardziej niekorzystnym: TAK/NIE		
<b>CZĘŚĆ DRUGA: POMIARY I OCENA SKUTECZNOŚCI OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ</b>		
Dane dotyczące prądu doziemnego w stacji GPZ .....nr pola.....zasilającej w układzie najbardziej niekorzystnym: a) prąd zwarcia doziemnego $I_E = \dots\dots\dots A$ b) czas wyłączenia zwarcia doziemnego $t_F = \dots\dots\dots s$		
Grunt w czasie pomiarów (wg tab. 1. str. 6 – zaznaczyć właściwe):  <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <span><input type="checkbox"/> suchy</span> <span><input type="checkbox"/> wilgotny</span> <span><input type="checkbox"/> mokry</span> </div>		
Oględziny widocznych części układu uziemiającego i ocena układu (włącznie z pracami koniecznymi do przeprowadzenia wynikłymi z oględzin): ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....		
Pomiary rezystancji uziemienia: Przyrządy pomiarowe: typ.....nr.....		

\* niepotrzebne skreślić

Dokument tymczasowy obowiązujący do czasu dostosowania systemu ZMS do instrukcji													str. 2/2	
Pomiary rezystancji uziemień słupów SN i ocena ochrony przed porażeniem:														
Nr słupa, identyfikator	k <sub>R</sub>	Lokalizacja słupa (wpisać właściwą cyfrę)	Słup izolacyjny TAK/NIE	Słup z napędem łącznika lub innymi częściami przewodz. TAK/NIE	Zastosowane środki M	Rezystancja uziemienia w [Ω]		Ocena ciągłości układu połączeń przewodów uziemiających (ciągłość JEST/ BRAK)	Rodzaj napięcia U <sub>D</sub> (od U <sub>D1</sub> do U <sub>D4</sub> ) Wartość napięcia U <sub>b</sub> (t <sub>E</sub> ) [V]	Prąd uziomowy I <sub>E</sub> (A)	Rezystancja R <sub>E<sub>dop</sub></sub> = $\frac{2U_b(t_E)}{I_E}$	Rezystancja R <sub>E<sub>dop</sub></sub> = $\frac{4U_b(t_E)}{I_E}$	Ochrona skuteczna /nieskuteczna	
						Wskazanie miernika w Ω, przy cęgach pomiarowych umieszczonych pod przewodem E przyrządu R <sub>EM</sub> (Ω)	R <sub>E</sub> =k <sub>R</sub> · R <sub>EM</sub> [Ω]							
Klasyfikacja lokalizacji słupów:														
0. Słup w terenie nieuczęszczanym														
1. Słup w terenie, na którym mogą się znajdować ludzie mający gołe stopy, np.: place zabaw, baseny, place kempingowe, tereny rekreacyjne itp.														
2. Słup w terenie, w którym zakłada się, że ludzie mają na stopach buty, np.: chodniki, drogi publiczne, place parkingowe itp.														
3. Słup w terenie, w którym zakłada się, że ludzie mają na stopach buty oraz rezystywność gleby jest wysoka (przekracza 2000 Ω·m)														
4. Słup w terenie, w którym zakłada się, że ludzie mają na stopach buty oraz rezystywność gleby jest bardzo wysoka (przekracza 4000 Ω·m)														
Numery słupów, dla których należy wyznaczyć napięcia dotykowe rażeniowe U <sub>T</sub> .....														
Nr słupa (ID)	Napięcie dotykowe rażeniowe U <sub>T</sub> (V)	Dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe U <sub>D1</sub> (V)	Warunek U <sub>T</sub> ≤U <sub>D1</sub> spełniony/niespełniony		Ochrona przed porażeniem skuteczna/nieskuteczna									
Uwagi pokontrolne:														
Pomiary przeprowadził:.....														
imię, nazwisko					nr świadectwa kwalifikacyjnego					podpis		data		

<b>Dokument tymczasowy obowiązujący do czasu dostosowania systemu ZMS do instrukcji</b>		<b>str 1/2</b>
..... Nazwa właściciela obiektu	<b>PROTOKÓŁ POMIAROWY nr.....</b>  Z badania skuteczności ochrony przed porażeniem w obiekcie	..... Data sporządzenia
<b>TYP OBIEKTU: LINIA ELEKTROENERGETYCZNA SN/nN ODCINEK DWUNAPIĘCIOWY</b>		
<b>CZĘŚĆ PIERWSZA: DOKUMENTACJA OBIEKTU</b>		
DANE IDENTYFIKACYJNE OBIEKTU: GPZ ..... nr pola..... Numer ID ciągu liniowego..... Nazwa.....  Linia nN zasilana ze stacji ..... obw ..... ..... nazwa, oznaczenie identyfikacyjne Rodzaj uziomów przy słupach.....		
Dane dotyczące prądu doziemnego w <b>układzie najbardziej niekorzystnym</b> zasilania stacji – zasilanie z GPZ.....nr pola.....: a) prąd uziomowy podczas zwarcia doziemnego $I_E = \dots\dots\dots A$ b) czas wyłączenia zwarcia doziemnego $t_F = \dots\dots\dots s$ c) największe dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe $U_{Tp} = \dots\dots\dots V$ d) największe dopuszczalne napięcie zakłóceniowe $U_F = \dots\dots\dots V$		
Wyłączenie linii SN następuje samoczynnie po doziemieniu w <b>układzie najbardziej niekorzystnym</b> połączeń: TAK/NIE		
Informacja o dokumentacji technicznej: a) dane dokumentu zawierającego projekt uziemienia słupów w linii.....		
Grunt w czasie pomiarów (wg tab. 1. str. 6 – zaznaczyć właściwe):  <input type="checkbox"/> suchy <input type="checkbox"/> wilgotny <input type="checkbox"/> mokry		
Oględziny widocznych części układu uziemiającego i ocena układu (włącznie z pracami koniecznymi do przeprowadzenia wynikłymi z oględzin): ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....		

\* niepotrzebne skreślić





## **Sposób przeprowadzania pomiarów ochrony przed porażeniem w liniach nN**

**SPIS TREŚCI ZAŁĄCZNIKA 3**

1. Kontrola dokumentacji.....	3
2. Ogłędziny .....	3
3. Pomiary .....	3
4. Specyfika wykonywania pomiarów rezystancji uziemień słupów dla linii nN specjalnych .....	6
5. Opracowanie wyników pomiarów .....	6

**Tabele:**

Tabela 1. Wartości współczynnika $k_R$ .....	5
--	---

**Rysunki:**

Rysunek 1 Układ pomiarowy do pomiaru rezystancji uziemienia $R_B$ linii nN trójprzewodowy (trójelektrodowy), z możliwością modyfikacji do układu czteroprzewodowego (czteroelektrodowego).....	4
Rysunek 2 Kontrola ciągłości przewodu uziemiającego uziemionego słupa linii nN pracującej w układzie TN .....	5

## 1. Kontrola dokumentacji

Sprawdzeniem dokumentacji zajmuje się zakład zlecający badanie ochrony przeciwporażeniowej, wypełniając **WYCIĄG Z DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ** (wzór na str.7 lub 10)<sup>1</sup>. W szczególności, przy kontroli dokumentacji należy zwrócić uwagę na:

- dokumenty zawierające plan przedstawiający: sposób połączenia punktu neutralnego sieci nN z uziomem stacji SN/nN zasilającej linię (układy uziemiające wspólne bądź rozdzielone),
- dokumenty zawierające układ pracy linii niskiego napięcia (TN/TT/IT),
- plan przedstawiający: przebieg linii, rozmieszczenie słupów, które są uziemione, konfigurację uziomów słupów, głębokość umieszczenia itp.,
- dokumenty przyjęcia linii do eksploatacji, protokoły odbioru urządzeń, pomiarów, dokumenty z poprzednich badań, napraw i remontów,
- dokumenty zawierające wyniki przeprowadzonych pomiarów i prób, w tym także ochrony przeciwporażeniowej, oraz dokumenty potwierdzające wykonanie zaleconych prac.

## 2. Oględziny

Oględzin dokonuje **zespół wykonujący badanie ochrony przeciwporażeniowej linii w terenie**. Podczas oględzin należy:

- a) sprawdzić rozmieszczenie i liczbę przewodów uziemiających na terenie całej stacji; rozmieszczenie to należy zaznaczyć na szkicu stacji w protokole lub załączniku.
- b) Sprawdzić ciągłość metodą pomiarową lub odkopać przewody uziemiające stacji na głębokość 30 cm w celu sprawdzenia występowania korozji. Przeprowadzić wizualne oględziny ciągłości przewodów uziemiających.
- c) sprawdzić stan widocznych części przewodów uziemiających, punktów kontrolno-pomiarowych uziemienia, punktów połączeń poszczególnych elementów urządzeń (jeżeli występują), zwracając uwagę na: przerwy w przewodach (następstwo dewastacji, kradzieży), korozję, braki śrub przy zaciskach uziemiających, poluzowane śruby w zaciskach itp. Wszelkie zaobserwowane nieprawidłowości należy wpisać do protokołu badań;
- d) jeżeli słup linii wymaga dodatkowych środków ograniczających napięcie dotykowe rażeniowe, sprawdzić rodzaj tych środków i ich stan;
- e) sprawdzić, w przypadku słupów ze stacjami słupowymi, czy wykonano i jaki jest stan uzupełniających środków ochrony przeciwporażeniowej przy uszkodzeniu (jeżeli z projektu wynika, że stosowanie takich środków jest konieczne);
- f) sprawdzić, czy zachowane są bezpieczne odstępów części przewodzących czynnych od części przewodzących dostępnych (np. zbyt duże zwisy przewodów, przypadki skorodowania drutów wiązkowych i opadnięcia przewodów na poprzeczkę słupa lub odpadnięcia przewodu od słupa, przypadki uszkodzeń izolatorów).

Wyniki oględzin wpisać do protokołu pomiarowego w rubryce „Oględziny widocznych części układu uziemiającego i ocena układu”.

## 3. Pomiary

Pomiarów dokonuje **zespół wykonujący badanie ochrony przeciwporażeniowej linii w terenie**. Linie elektroenergetyczne niskiego napięcia pracują przeważnie w układzie TN. W takim układzie pracy przewody uziemiające słupów (ze względu na przewody PEN prowadzone wraz z linią) są ze sobą połączone. Wobec powyższego, bez rozpinania przewodów uziemiających możliwy jest pomiar jedynie rezystancji  $R_B$  uziemienia. Pomiar rezystancji uziemienia pojedynczego słupa może być przeprowadzony za pomocą miernika wyposażonego w cęgi pomiarowe, przy założeniu, że podziemne części uziemień sąsiednich słupów nie są ze sobą połączone oraz że słup posiada tylko jeden przewód uziemiający. W przypadku uziemionych słupów w układach sieciowych TT oraz IT jest możliwy pomiar rezystancji uziomu pojedynczego słupa nawet gdy brak jest cęgów pomiarowych. Pomiar należy przeprowadzić przyrządami o odpowiedniej dokładności. W instrukcji założono, że zespół dokonujący pomiarów dysponuje miernikiem do bezpośrednich pomiarów rezystancji uziemień, wyposażonym ponadto w cęgi pomiarowe do pomiaru prądu bez konieczności rozpinania przewodów. Takim przyrządem jest np. miernik MRU. Oznaczenia zacisków i przewodów probierczych są w tekście przyjęte jak dla tego miernika.

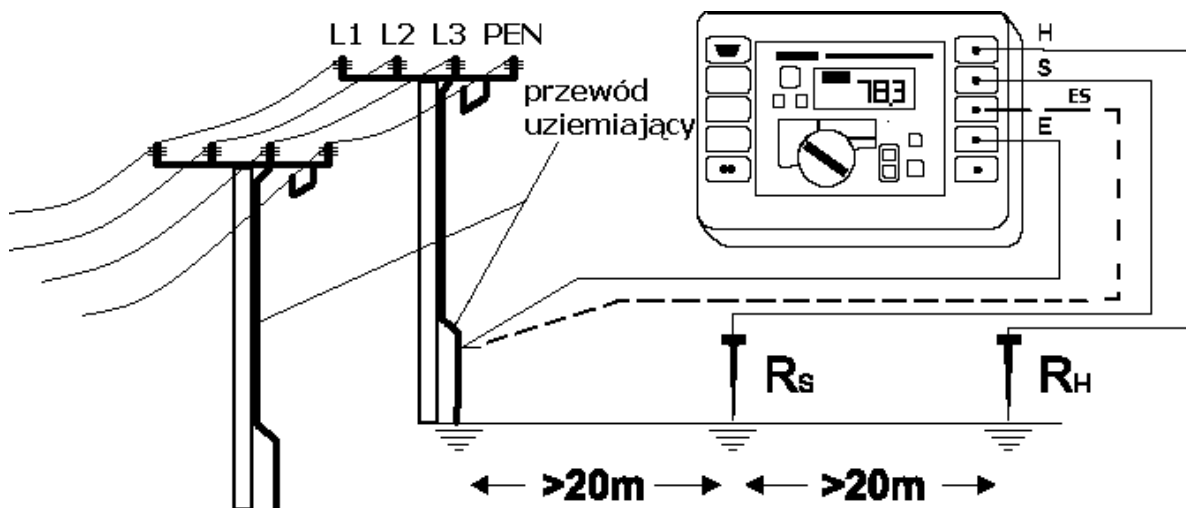
<sup>1</sup> **WYCIĄG Z DOKUMENTACJI TECHNICZNEJ** będzie dostarczany po dostosowaniu systemu ZMS. Do tego czasu dopuszcza się posługiwanie się dokumentem tymczasowym (zbiorczym) wg. wzoru na str. 10

## Kolejność wykonywania pomiarów:

### a) pomiar wypadkowej rezystancji układu uziemiającego w sieci TN

Pomiar wykonać zgodnie z instrukcją producenta dla danego miernika.

**a1)** Zbudować trójelektrodowy (trójprzewodowy) układ pomiarowy (rys. 1) do pomiaru rezystancji uziemienia. W układzie pomiarowym używa się zasadniczo dwóch elektrod oraz trzech zacisków przyrządu: H, S, E. Zacisk H łączy się z elektrodą prądową  $R_H$  (w ogólnej instrukcji oznaczenie  $S_p$ ), zacisk S z elektrodą napięciową  $R_S$  (w ogólnej instrukcji oznaczenie  $S_n$ ), natomiast zacisk E z badanym przewodem uziemiającym. Elektroda napięciowa  $R_S$  powinna być umieszczona w gruncie w odległości ok. 20 m od badanego przewodu uziemiającego, zaś elektroda prądowa w odległości ok. 40 m od badanego przewodu uziemiającego, przy czym elektrody powinny być umieszczone w jednej linii.



**Rysunek 1 Układ pomiarowy do pomiaru rezystancji uziemienia  $R_B$  linii nN trójprzewodowej (trójelektrodowy), z możliwością modyfikacji do układu czteroprzewodowego (czteroelektrodowego)**

**a2)** Wykonać pierwszy orientacyjny pomiar rezystancji.

**a3)** Po wykonaniu pomiaru należy przenieść sondę napięciową  $R_S$  o ok. 6 metrów w stronę prądowej i pomiar powtórzyć. Następnie przenieść sondę  $R_S$  w stronę badanego obiektu i pomiar ponownie powtórzyć. Duże różnice (powyżej 3%) w wynikach pomiarowych świadczą, że elektroda napięciowa NIE ZNAJDUJE SIĘ w tzw. strefie zerowego potencjału i pomiar może dawać fałszywy wynik. W takim przypadku należy zwiększyć odległość między słupem a elektrodą prądową, elektrodę napięciową umieścić w połowie odległości między elektrodą prądową a badanym słupem i pomiary (punkty a2)-a3)) powtórzyć.

**a4)** Próby pomiarowe a2)-a3) powtarzać tak długo, aż różnica wyników pomiaru powstała przy przesuwaniu elektrody napięciowej będzie mniejsza niż 3%. Jako wynik można przyjmować średnią z całego cyklu pomiarowego (cykl pomiarowy to 3 pomiary z różnymi położeniami elektrody napięciowej).

**a5)** Wynik pomiaru należy wpisać do protokołu pomiarowego (wzór na str. 8 lub 10) do rubryki „Wynik pomiaru  $R_{BM}(\Omega)$ ”. Następnie wynik ten należy przemnożyć przez współczynnik uwzględniający warunki pomiaru i rodzaj uziomu (współczynnik ten odczytać z tabeli 1). Skorygowaną wartość rezystancji uziemienia wpisać do rubryki „ $K_R \cdot R_{BM}(\Omega)$ ” protokołu pomiarowego.

**a6)** Jeżeli zmierzona rezystancja uziemienia ma niską wartość i zachodzi obawa, że wpływ rezystancji przewodów pomiarowych na wynik jest znaczny, należy użyć czteroprzewodowego układu pomiarowego (czwarty przewód pomiarowy ES oznaczony jest na rys. 1 linią przerywaną). W układzie czteroelektrodowym powtórzyć pomiary jak w punkcie a4). Jeżeli obszar zerowego potencjału został znaleziony dla układu trójprzewodowego i przy dodaniu czwartego przewodu pomiarowego ES nie zmieniano położenia elektrod (sond), wystarczy jednokrotny pomiar rezystancji. W przeciwnym wypadku pomiar składa się z pomiarów jak w punktach a3)-a4). Po dokonaniu pomiaru  $R_B$  NIE NALEŻY ROZŁĄCZAĆ UKŁADU POMIAROWEGO, ponieważ raz

znaleziona strefa potencjału zerowego może zostać użyta podczas kontroli ciągłości przewodów uziemiających. Przejdź do punktu b1).

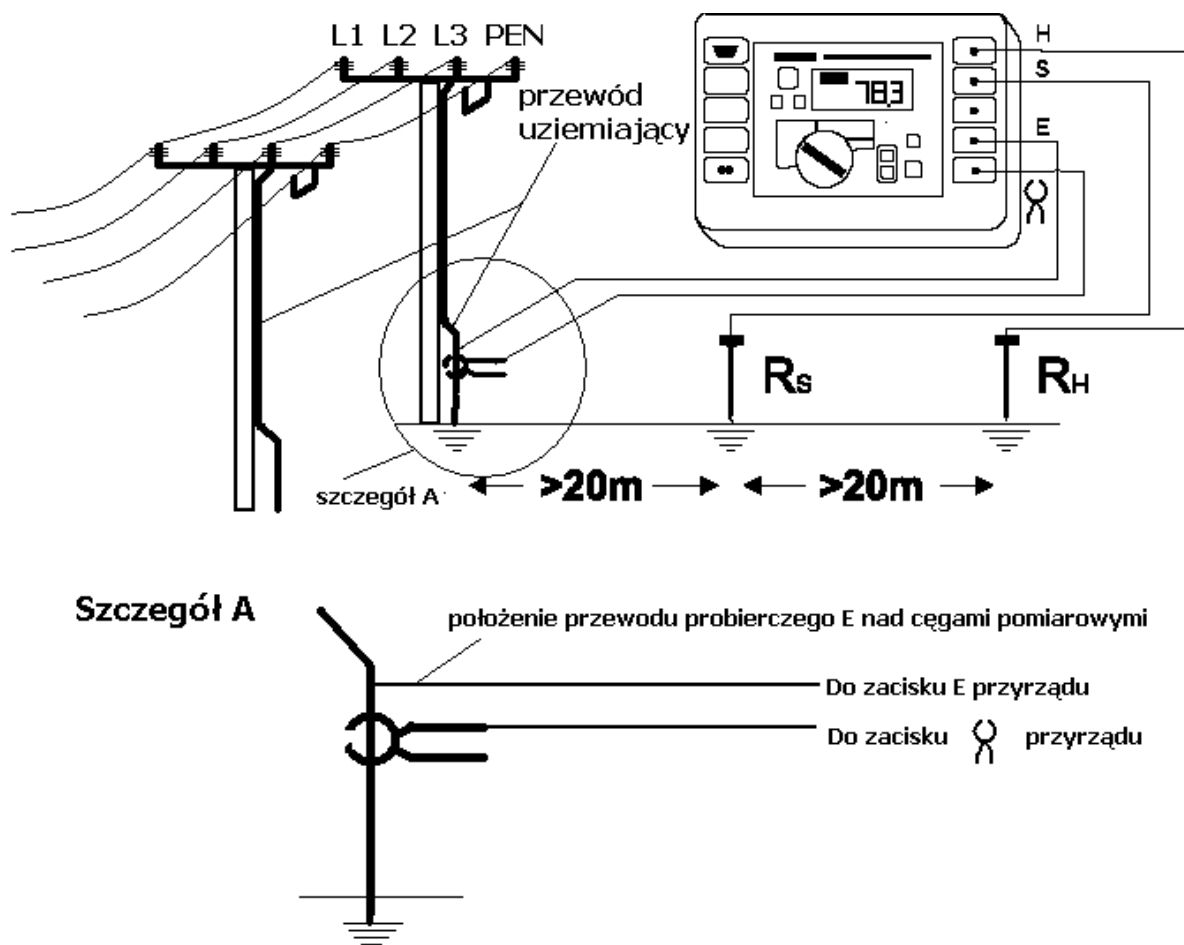
**Tabela 1. Wartości współczynnika  $k_R$**

Rodzaj uziomu	Rozmiar uziomu	Rezystywność gruntu ( $\Omega \cdot m$ )	Współczynnik $k_R$		
			grunt w czasie pomiarów		
			suchy <sup>1)</sup>	wilgotny <sup>2)</sup>	mokry <sup>3)</sup>
Uziom poziomy <sup>4)</sup>	$l < 30m$	dowolna	1,4	2,2	3,0
Uziom kratowy	$S_E < 900m^2$	$\rho \leq 200$	1,3	1,8	2,4
		$\rho > 200$	1,4	2,2	3,0
	$S_E \geq 900m^2$	$\rho \leq 200$	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 opadach.  
 2) Poza okresem zaliczanym do 1) z wyjątkiem trzydniowych okresów po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
 3) W okresie trzech dni po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.  
 4) Głębokość ułożenia uziomu od 0,6 do 1 m.

**b) kontrola ciągłości przewodów uziemiających słupów w sieci TN i wyznaczenie rezystancji uziomu słupa  $R_E$**

**b1)** Do kontroli ciągłości przewodów uziemiających należy użyć przyrządu do pomiaru rezystancji uziomu z cęgami pomiarowymi. Układ pomiarowy należy zmodyfikować, jak na rys. 2.



**Rysunek 2 Kontrola ciągłości przewodu uziemiającego uziemionego słupa linii nN pracującej w układzie TN**

- b2)** Umieścić zacisk przewodu E przyrządu do pomiaru rezystancji nad cęgami pomiarowymi (patrz szczegół A rys. 2). Wykonać pomiar rezystancji. Wynik wpisać w rubryce „Wskazanie miernika w  $\Omega$ , przy cęgach pomiarowych umieszczonych pod przewodem E przyrządu” w protokole pomiarowym. Następnie wynik ten należy przemnożyć przez współczynnik uwzględniający warunki pomiaru i rodzaj uziomu (współczynnik ten odczytać z tabeli 1). Skorygowaną wartość rezystancji uziemienia wpisać do rubryki „ $k_R \cdot R_{EM}(\Omega)$ ” protokołu pomiarowego. Wynik ten stanowi również wartość rezystancji uziomu słupa, przy zachowaniu założeń opisanych we wstępie rozdziału 3.
- b3)** Jeżeli wyniki kontroli ciągłości przewodów poprzez pomiar rezystancji osiągną wartości większe od kilkudziesięciu omów ( $30 \Omega$ ), można podejrzewać brak ciągłości przewodów uziemiających.
- b4)** Przenieść układ pomiarowy do następnego słupa lub przewodu uziemiającego i powtórzyć pomiary wg punktów a1)-b4).

#### **4. Specyfika wykonywania pomiarów rezystancji uziemień słupów dla linii nN specjalnych**

Jako specjalne (ze względu na rzadkość występowania) należy kwalifikować linie nN pracujące w układzie TT lub IT. Pomiary w takich liniach (dla uziemionych słupów) należy przeprowadzać według punktów a1)–a5). Pamiętać należy, że w przypadku linii w układzie TT lub IT jako wynik otrzyma się wynik pomiaru rezystancji uziemienia pojedynczego słupa, dlatego w protokole pomiarowym należy wypełnić tylko rubryki dotyczące  $R_{EM}$  i  $R_E$ . W przypadku sieci TT oraz IT pomiar rezystancji bez użycia cęgów pomiarowych oraz z ich użyciem jest równoważny.

#### **5. Opracowanie wyników pomiarów**

Wyniki pomiarowe opracowuje oraz dokonuje oceny ochrony przeciwporażeniowej osoba dozoru zakładu wykonującego pomiary. Instrukcja opracowania wyników i oceny ochrony przeciwporażeniowej jest przedmiotem osobnego opracowania „Instrukcja badań eksploatacyjnych skuteczności ochrony przeciwporażeniowej w stacjach transformatorowych SN/nN oraz w liniach SN i nN).

		str. 1/2
..... Nazwa firmy wykonującej pomiar	<b>PROTOKÓŁ pomiarowy nr.....</b> Z badania i oceny skuteczności ochrony przed porażeniem w obiekcie	..... Data pomiaru
<b>TYP OBIEKTU: LINIA nN</b>		
<b>CZĘŚĆ PIERWSZA: SPRAWDZENIE DOKUMENTACJI</b>		
DANE IDENTYFIKACYJNE OBIEKTU: Numer stacji..... obw. Nr..... Nazwa..... Typ stacji: wewnątrzowa/napowietrzna/słupowa* Praca punktu neutralnego strony nN: uziemiony wspólnie z SN/uziemienie rozdzielone z uziemieniem SN*		
Dane dotyczące prądu doziemnego w układzie najbardziej niekorzystnym zasilania stacji – zasilanie z GPZ ..... pole nr.....: a) prąd zwarcia doziemnego $I_{k1}'' = \dots\dots\dots A$ b) współczynnik redukcyjny linii $r = \dots\dots\dots$ c) prąd uziomowy $I_E = \dots\dots\dots A$ d) czas wyłączenia zwarcia doziemnego $t_F = \dots\dots\dots s$ e) największe dopuszczalne napięcie zakłócenia $U_F = \dots\dots\dots V$ Układ sieciowy TN-S /TN-C $U_0 = 230 V$ $t < 5s$		

Zastosowano symbole zgodne z dokumentacją i systemem ZMS.

CZĘŚĆ DRUGA: POMIARY								
Impedancja pętli zwarcia								
Przyrządy pomiarowe: typ.....nr.....								
Lp	Nr słupa/ złącza	Obwód	Nazwa badanego urządzenia	Typ zabezpieczeń	$I_a$ [ A ]	$Z_{SM}$ [ $\Omega$ ]	$Z_{Sdop} =$ 230/ $I_a$ [ $\Omega$ ]	Ocena skuteczności: tak - nie
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								

gdzie:

$U_0$  - napięcie fazowe sieci

$I_a$  - prąd zapewniający samoczynne wyłączenie

$Z_{SM}$  - impedancja pętli zwarcia - pomierzona

$Z_{Sdop}$  - impedancja pętli zwarcia - dopuszczalna



Data: .....	
<b>TYP OBIEKTU: LINIA ELEKTROENERGETYCZNA nN ze stacji.....</b>	
Grunt w czasie pomiarów (wg tab. 1. str. 5 – zaznaczyć właściwe):	<input type="checkbox"/> suchy <input type="checkbox"/> wilgotny <input type="checkbox"/> mokry
Oględziny widocznych części układu uzmięniającego i ocena układu (włącznie z pracami koniecznymi do przeprowadzenia wynikłymi z oględzin):	
.....	

Przyrządy pomiarowe: typ.....nr.....										
Pomiary rezystancji uziemień słupów i ocena działania układu uzemiającego:										
Lp	Lokalizacja miejsca wykonania uzimienia (nr słupa, nr złącza)	Współczynnik $k_R$	Pomiar kontrolny rezystancji wypadkowej uzimienia całej sieci		Ocena ciągłości układu połączeń uzemiających w stronę linii (ciągłość JEST/ BRAK)	Rezystancja $R_E$ uziomu słupa/złącza		Ocena ciągłości układu połączeń przewodów uzemiających (ciągłość JEST/ BRAK)	Rezystancja a $R_{BK}^{****}$	Układ uzemiający słupa/złącza działający prawidłowo/ nieprawidłowo
			$R_{wyp}[\Omega]^{**}$	$R_{B1} = k_R \cdot R_{wypM}$		$R_{EM} [\Omega]$ przy cęgach pomiarowych umieszczonych przewodem E przyrządu- lub po rozpięciu bednarki	$R_E = k_R \cdot R_{EM} [\Omega]$			
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
Wartość z pomiarów $k_R \cdot R_{BM}[\Omega]$ na stacji zasilającej <sup>***</sup>					Napięcie $U_F$ (V) <sup>***</sup>	$R_B$ dopuszczalne z warunku $R_B \leq U_F / I_E^{****}$		Układ uzemiający linii działający prawidłowo/ nieprawidłowo		
Warunek $R_B \leq R_E \cdot 50 / (U_0 - 50)$ przy $R_E = 10 \Omega$ wg protokołu pomiarów w stacji SN/nN SPEŁNIONY/NIESPEŁNIONY										

Uwagi pokontrolne:

Pomiary przeprowadził: .....	imię, nazwisko	nr świadectwa kwalifikacyjnego	podpis	Data
<p>* niepotrzebne skreślić</p> <p>** Pomiar rezystancji wypadkowej wszystkich uzioromów w danej linii jest pomiarem dodatkowym, mającym na celu stwierdzenie, czy zachowana jest ciągłość układu uziemniającego na drodze przewód uziemniającego na drodze przewód uziemniającego na drodze przewód uziemniającego i w uwagach zaznaczyć przewód PEN linii oraz samego przewodu PEN. W przypadku znaczącej różnicy R<sub>0</sub> oraz R<sub>a</sub> mierzonego w stacji, należy zaznaczyć, że układ uziemniający linii działa nieprawidłowo i w uwagach zaznaczyć konieczność kontroli przewodu uziemniającego na drodze zacisk pomiarowy – przewód PEN oraz kontrolę samego przewodu PEN linii.</p> <p>*** <b>pola szare wypełnić</b>, na podstawie protokołu pomiarowego z pomiarów w stacji SN/nN zasilającej ocenianą linię</p> <p><b>UWAGA.</b> Układ uziemniający słupa/złącza uznaje się za działający prawidłowo, jeżeli przewody uziemniające są ciągłe oraz <math>k_R \cdot R_{EM} \leq 30\Omega</math>. Natomiast układ uziemniający linii uznaje się za prawidłowo działający, jeżeli układy uziemniające wszystkich słupów działają prawidłowo i dodatkowo spełnione są wszystkie warunki dotyczące rezystancji R<sub>0</sub>.</p> <p>**** Wartość wpisujemy dla słupów/ złączy końcowych linii elektroenergetycznej.</p>				

**Standaryzacja metod pomiarowych przy ocenie skuteczności ochrony  
przed porażeniem w zakresie:**

**stacji transformatorowych SN/nN – na terenie zespolonej instalacji  
uziemiającej,**

**rozdzielni sieciowych (RS) – na terenie zespolonej instalacji uziemiającej,**

**stacji SN/SN (redukcyjnych) – na terenie zespolonej instalacji uziemiającej,**

**linii SN i nN – na całym obszarze działania**

## Spis treści

1. Podstawowe definicje i pojęcia:.....	3
2. Wiadomości ogólne o pomiarach impedancji uziemień .....	4
3. Metody pomiarowe używane do pomiarów napięcia rażenia w stacjach SN i liniach SN .....	6
4. Ogólna metodyka pomiarów.....	9
5. Opracowanie wyników pomiarów .....	11
6. LITERATURA.....	11

### Tabele:

Tabela 1 Wymagania stawiane elementom obwodów pomiarowych napięć dotykowych i rażeniowych.....	8
--	---

### Rysunki:

Rys. 1 Zasada pomiaru rezystancji uziemienia metodą techniczną .....	4
Rys. 2 Poszukiwanie strefy potencjału zerowego przez przemieszczanie sondy napięciowej.....	6
Rys. 3 Przykładowy obwód wymuszania prądu probierczego przy badaniach napięć rażeniowych .....	7
Rys. 4 Obwody pomiarowe do pomiaru napięć dotykowych i dotykowych rażeniowych w stacjach i liniach SN napięcia .....	7
Rys. 5 Elektroda pomiarowa odzwierciedlająca styczność stóp ciała człowieka ze stanowiskiem	8
Rys. 6 Pomiar rezystancji uziemienia i sprawdzanie ciągłości przewodów uziemiających stacji SN/nN miernikiem MRU z wykorzystaniem cęgów pomiarowych .....	10
Rys. 7 Pomiar impedancji pętli zwarcia .....	11

## 1. Podstawowe definicje i pojęcia:

**Część czynna** – przewód lub inna część przewodząca przeznaczona do pracy pod napięciem roboczym. Częścią czynną są przewody fazowe (liniowe) i przewód neutralny N, a nie jest częścią czynną przewód PEN i PE.

**Część przewodząca dostępna** – część przewodząca urządzenia elektrycznego nie będąca częścią czynną, która może być dotknięta i która może znaleźć się pod napięciem tylko w następstwie uszkodzenia izolacji (stałej lub gazowej) urządzenia.

**Część przewodząca obca** – dostępna dla dotyku część przewodząca, nie będąca częścią urządzenia elektrycznego, która może się znaleźć pod określonym potencjałem, zazwyczaj pod potencjałem ziemi.

**Instalacja uziemiająca (uziemienie)** – zespół wszystkich połączeń elektrycznych i elementów służących do uziemienia sieci, instalacji lub urządzenia.

**Napięcie dotykowe rażeniowe (rzeczywiste)  $U_T$**  – napięcie na ciele człowieka, które może się pojawić w czasie trwania rzeczywistego zwarcia, wywołane przepływem prądu rażeniowego.

$U_{Tp}$  - największa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego rażeniowego  $U_T$  zależna od czasu trwania zwarcia doziemnego  $t_F$

**Napięcie dotykowe  $U_{ST}$  (napięcie dotykowe spodziewane)** – napięcie między równocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi, kiedy części te nie są dotykane przez człowieka.

**Napięcie dotykowe  $U_{STM}$  (napięcie dotykowe zmierzone)** – napięcie zmierzone między równocześnie dostępnymi częściami przewodzącymi, kiedy części te nie są dotykane przez człowieka (indeks M oznacza wartości podczas prób, przeliczane później na wartości podczas doziemień i zwarc).

**Napięcie zakłócenkowe (uszkodzeniowe)  $U_F$**  – napięcie między częścią przewodzącą dostępną a ziemią odniesienia występujące przy uszkodzeniu izolacji doziemnej części czynnej urządzenia elektrycznego.

**Napięcie uziomowe  $U_E$ , napięcie przewodu uziemiającego** - napięcie występujące pomiędzy uziomem a ziemią odniesienia.

**Ochrona przed porażeniem elektrycznym, ochrona przeciwporażeniowa** – zespół środków zmniejszających ryzyko porażenia elektrycznego.

**Prąd dotykowy, prąd rażeniowy  $I_B$**  – prąd elektryczny, który przepływa przez ciało człowieka lub zwierzęcia, gdy ciało styka się co najmniej z jedną częścią przewodzącą dostępną elektrycznego urządzenia lub instalacji.

**Prąd uziomowy  $I_E$**  – część prądu jednofazowego zwarcia doziemnego przepływająca przez rozpatrywany uziom (uziomy).

**Rezystancja uziemienia  $R_E$**  – rezystancja występująca między zaciskiem probierczym (jeśli występuje) urządzenia elektrycznego lub zaciskiem uziemiającym części uziemianej a ziemią odniesienia, część rzeczywista impedancji uziemienia.

**Rezystywność zastępcza gruntu  $\rho$**  - rezystywność gruntu jednorodnego, w którym rezystancja uziemiania o określonym typie i rozmiarach jest taka sama, jak w rzeczywistym gruncie niejednorodnym.

**Uziemić** – połączyć dany punkt sieci, instalacji lub urządzenia z ziemią lokalną.

**Uziemienie** – połączenie elektryczne z ziemią; uziemieniem nazywa się też instalację uziemiającą, w skład której może wchodzić: uziom, przewód uziemiający, zacisk probierczy lub szyna uziemiająca, a także przewód ochronny, łączący zacisk lub szynę z częścią uziemioną.

**Uziom** – część przewodząca umieszczona w/na gruncie lub w określonym przewodzącym ośrodku, np. w betonie, znajdująca się w kontakcie elektrycznym z ziemią.

**Ziemia odniesienia** – dowolny punkt na powierzchni albo w głębi ziemi, którego potencjał nie zmieni się pod wpływem prądu przepływającego przez rozpatrywany uziom bądź uziomy; dla uziomu oddzielnego ziemia odniesienia ma potencjał „0”.

**Zespolona instalacja uziemiająca ZIU** – równoważny układ uziemiający, utworzony przez wzajemne połączenie lokalnych instalacji uziemiających, który dzięki bliskości tych instalacji zapewnia, że nie występuje wówczas niebezpieczne napięcie dotykowe.

## 2. Wiadomości ogólne o pomiarach impedancji uziemień

Rezystancja lub impedancja uziemienia zależy od wielu czynników.

**Rezystancja uziemienia  $R_E$**  jest rezystancją występującą między zaciskiem probierczym (jeśli występuje) urządzenia elektrycznego lub zaciskiem uziemiającym części uziemianej a ziemią odniesienia.

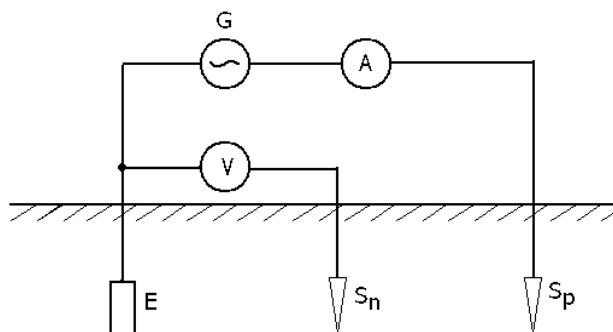
**Ziemia odniesienia** to obszar ziemi znajdujący się poza strefą wpływu uziomu lub układu uziemiającego, tj. obszar, w którym nie występuje praktycznie żadna różnica potencjałów między dwoma punktami przy przepływie prądu uziomowego.

W skład rezystancji uziemienia wchodzi rezystancja przewodu uziemiającego, rezystancja uziomu i rezystancja gruntu pomiędzy uziomem a ziemią odniesienia, przy czym rezystancja uziomu i przewodu uziemiającego jest pomijalnie mała w stosunku do rezystancji gruntu między uziomem a ziemią odniesienia.

**Napięcie uziomowe  $U_E$**  jest to napięcie pomiędzy układem uziemiającym a ziemią odniesienia.

W celu pomiaru rezystancji uziemienia niezbędne jest wykonanie obwodu elektrycznego wymuszającego prąd probierczy i jednocześnie obwodu pomiaru napięcia usytuowanego względem obwodu prądowego w taki sposób, aby elektroda obwodu pomiaru napięcia znajdowała się w obszarze zerowego potencjału (ziemi odniesienia).

Zasadę pomiaru rezystancji (impedancji) uziemienia przedstawia rys. 1.



**Rysunek 1 Zasada pomiaru rezystancji uziemienia metodą techniczną**

G – generator  
E – badany uziom  
 $S_n$  – sonda napięciowa  
 $S_p$  – sonda prądowa  
A – amperomierz  
V – woltomierz

W układzie pomiarowym na rys. 1 obwód prądowy (wymuszenia) jest utworzony przez gałąź: generator – amperomierz – sonda prądowa – ziemia – badany uziom – generator, zaś obwód napięciowy przez gałąź: ziemia – badany uziom – woltomierz – elektroda napięciowa – ziemia. Poprawny pomiar wymaga, aby zarówno elektrody napięciowa i prądowa, jak i przewody pomiarowe posiadały odpowiednie parametry, a także aby obie elektrody były umieszczone w odpowiedniej odległości względem badanego uziemienia oraz względem siebie.

Elementy obwodu prądowego powinny spełniać następujące wymagania:

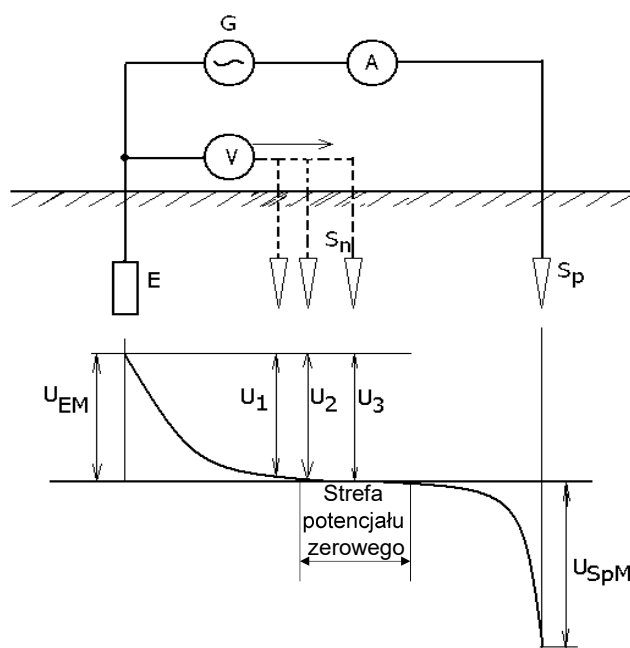
- a) źródło prądu powinno wymuszać prąd o takiej wartości lub przebiegu, aby wyeliminowany został wpływ prądów pasożytniczych (zakłóceńowych, np. błędzących) zniekształcających wyniki pomiarów,
- b) amperomierz powinien być dostosowany do pomiaru prądu o wartości i kształcie wymuszonym przez źródło prądu pomiarowego,
- c) elektroda prądowa powinna być oddalona od badanego uziomu tak, aby między tą elektrodą a uziomem występowała strefa zerowego potencjału (ziemia odniesienia w postaci rozłożonej, a nie ograniczonej do punktu),
- d) przewody łączące elektrody i przyrządy powinny być odizolowane od ziemi,
- e) przewody i elektroda prądowa powinny mieć ograniczoną rezystancję tak, aby źródło prądu było zdolne wymusić prąd pomiarowy o wartości pozwalającej zmierzyć napięcie uziomowe  $U_{EM}$ ,
- f) przewody obwodu prądowego powinny być usytuowane względem przewodów obwodu napięciowego tak, aby wymuszony prąd  $I_{EM}$  nie indukował w obwodzie napięciowym napięć pasożytniczych, zakłócających pomiar napięcia  $U_{EM}$ .

Źródło prądowe użyte w obwodzie probierczym na ogół jest źródłem generującym przebieg sinusoidalny 50Hz i o amplitudzie wielokrotnie przewyższającej amplitudę ewentualnych prądów pasożytniczych [2]. Norma [1] podaje, że poprawne wyniki pomiaru uzyskuje się przy częstotliwości 50Hz, jeżeli amplituda prądu probierczego jest co najmniej 20-krotnie większa od prądu zakłóceńowego o tej samej częstotliwości. Dopuszcza się również stosowanie źródeł o częstotliwości innej niż 50Hz lub prąd o kształcie innym niż sinusoidalny. Norma [2] ogranicza częstotliwość prądów probierczych przyrządów (testerów) do 150 Hz. Rezystancja przewodów (proporcjonalna do ich długości), rezystancja sondy prądowej oraz rezystancja uziemienia badanego stanowią obciążenie źródła prądu, nieraz znaczne. Moc źródła wymuszającego może okazać się niewystarczająca do wymuszenia prądu o znacznej wartości. Można wówczas ograniczyć rezystancję sondy prądowej  $S_p$  poprzez wbicie tej elektrody głębiej w grunt lub zwilżenie gruntu wokół elektrody [1].

Strefa potencjału zerowego (ziemia odniesienia) jest tym większa, im dalej sonda prądowa znajduje się od badanego uziemienia. Jednakże zbytne oddalenie sondy prądowej od badanego uziomu może przysparzać problemów, a ponadto wymagać większej mocy źródła wymuszającego.

Elementy pomiarowego obwodu napięciowego powinny spełniać następujące wymagania:

- a) sonda napięciowa powinna być umieszczona w gruncie w strefie zerowego potencjału,
- b) stosunek wewnętrznej rezystancji woltomierza do rezystancji uziemienia elektrody napięciowej powinien być na tyle duży, aby błąd pomiaru  $U_{EM}$  był niewielki (dopuszczalny),
- c) zakres pomiarowy woltomierza powinien być dostosowany do spodziewanych wartości napięcia  $U_{EM}$ ,
- d) przewody obwodu napięciowego powinny być izolowane.

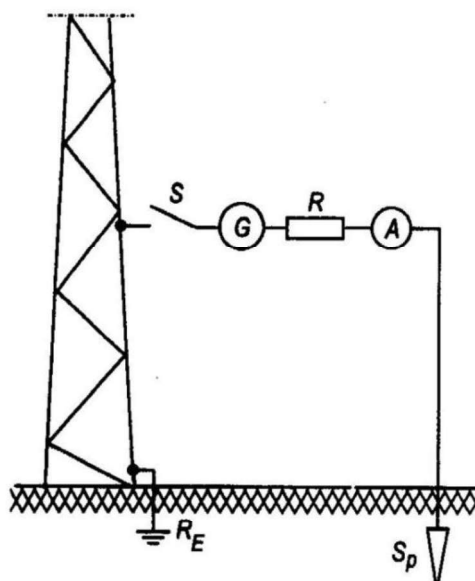


**Rys. 2 Poszukiwanie strefy potencjału zerowego przez przemieszczanie sondy napięciowej**

W praktyce strefę potencjału zerowego można znaleźć pomiarowo, przemieszczając podczas pomiaru rezystancji uziemienia elektrodę napięciową w stronę elektrody prądowej (rys. 2). Przyjmuje się ponadto, że woltomierz użyty w pomiarach powinien mieć rezystancję co najmniej 100 k $\Omega$  [2]. Ze względu na rozległość uziomu stacji pomiar impedancji wypadkowej układu uziemniającego zaleca się wykonywać metodą techniczną, przy wykorzystaniu osobnego źródła napięcia i przy oddaleniu elektrody prądowej od badanego uziomu o co najmniej ok. 40 m od badanego przewodu uziemniającego dla stacji SN/nN oraz 1 km dla rozdzielni SN (w przypadku braku możliwości zachowania wymogu minimalnej odległości, zalecanej przez normy PN-E-05115:2002 oraz PN-EN-50522:2011).

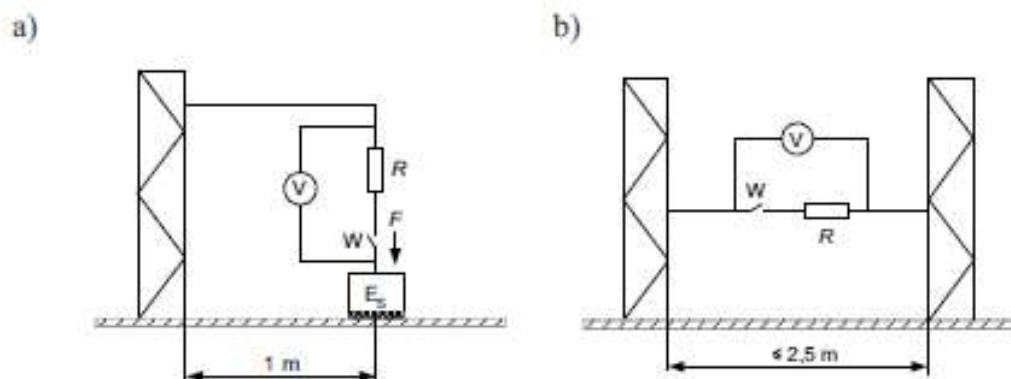
### 3. Metody pomiarowe używane do pomiarów napięcia rażenia w stacjach SN i liniach SN

Pomiaru napięć dotykowych rażeniowych w stacjach transformatorowych i przy słupach linii SN dokonuje się wykorzystując obwód wymuszenia prądu probierczego oraz obwód pomiaru odpowiedniego napięcia. Przykładowy obwód wymuszający prąd probierczy przedstawiono na rys. 3.



**Rys. 3 Przykładowy obwód wymuszania prądu probierczego przy badaniach napięć rażeniowych**

Obwód pomiarowy należy połączyć jak na rys. 4a. Jeżeli w pobliżu (w odległości  $\leq 2,5\text{m}$ ) badanego przewodu uziemiającego (lub konstrukcji do niego przyłączonej) znajdują się części przewodzące obce, to należy dodatkowo zmierzyć napięcia rażeniowe pomiędzy tymi częściami a badanym przewodem uziemiającym (konstrukcją do niego przyłączoną), w obwodzie pokazanym na rys 4b.



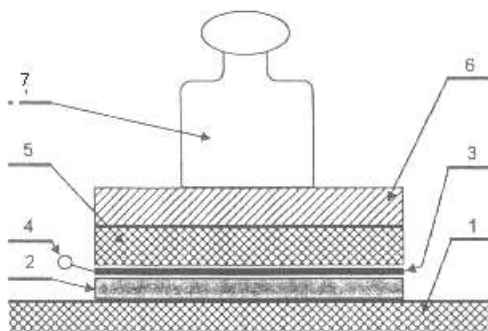
Przy wyłączniku W otwartym – pomiar  $U_{ST}$   
Przy wyłączniku W zamkniętym – pomiar  $U_{TO}$

**Rys. 4 Obwody pomiarowe do pomiaru napięć dotykowych i dotykowych rażeniowych w stacjach i liniach SN napięcia**

- obwód stosowany w przypadku odosobnionej, uziemionej części przewodzącej dostępnej;
- obwód dodatkowy, stosowany gdy w pobliżu badanej części przewodzącej dostępnej znajduje się część przewodząca obca, na którą może wydostać się potencjał

Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na rzetelność i dokładność pomiaru jest budowa elektrody E, modelującej styczność stóp człowieka z ziemią. Optymalną konstrukcję takiej elektrody przedstawia rys. 5. Dopuszcza się inne rozwiązanie elektrody zgodne z instrukcją przyrządu pomiarowego





**Rys. 5 Elektroda pomiarowa odzwierciedlająca styczność stóp ciała człowieka ze stanowiskiem**

1. Stanowisko, 2. Guma przewodząca, 3. Folia metalowa, 4. Zacisk elektrody, 5. Filc, 6. Płyta izolacyjna, 7. Obciążenie

Norma PN-E-05115:2002 zaleca każde stanowisko zwilżać wodą przed dokonaniem pomiaru napięć dotykowych lub dotykowych rażeniowych. Wymagania odnośnie parametrów układu pomiarowego zestawiono w tabeli 1.

**Tabela 1 Wymagania stawiane elementom obwodów pomiarowych napięć dotykowych i rażeniowych**

Element obwodu	Wymagane wartości parametrów obwodu pomiarowego
Opór wewnętrzny woltomierza $V$ ( $R_V$ )	Duży; nie mniejszy niż 10-krotna wartość rezystancji uziemienia elektrody $E$
Powierzchnia elektrody $E^1$	$400\text{cm}^2$
Siła docisku elektrod	500N
Rezystor $R_B$	$1000\Omega$
Odległość elektrod od części stwarzającej zagrożenie przy rażeniu na drodze ręka-stopy	1m
Elektroda stykająca się z częścią dotykaną ręką	Powinna umożliwiać pewne przebicie farby pokrywającej ww. część
1) Pod elektrodą pomiarową umieszczoną na betonie lub wyschniętym gruncie należy umieścić mokre sukno lub stanowisko pomiarowe należy zmoczyć wodą	

**Pomiary należy wykonywać zgodnie z instrukcją producenta.**

## 2. Dokładność pomiaru

Spośród polskich aktów prawnych i norm dotyczących badań odbiorczych i okresowych linii, instalacji i urządzeń elektroenergetycznych, jedynie norma PN-E-04700 mówi, że błąd pomiaru nie powinien być większy niż 5%, jeżeli w wymaganiach szczegółowych, zawartych w innych punktach normy nie ustalono inaczej, bądź nie wymagają mniejszego błędu inne normy lub dokumenty [2]. W praktyce jednak przy pomiarach rezystancji uziemień popełnia się większe błędy, sięgające nawet 100%. Są to jednak błędy dodatnie ('in plus'), zatem można je dopuścić. Natomiast przyrządy pomiarowe do pomiaru rezystancji uziemień mogą charakteryzować się błędem  $\pm 30\%$  (norma PN-EN 61557), zatem do pomiarów mogą być stosowane testery o niewielkiej dokładności.

## 4. Ogólna metodyka pomiarów

Pełne badania skuteczności ochrony przed porażeniem składają się z czterech części:

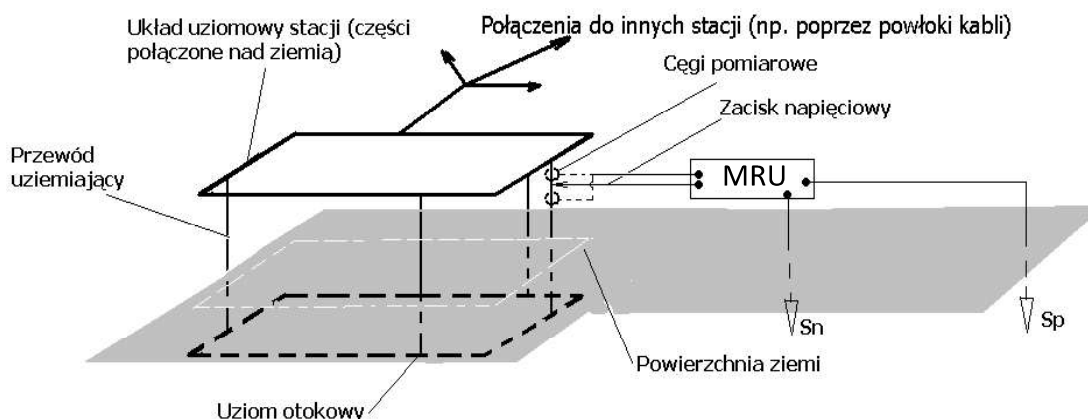
- a) sprawdzenia dokumentacji,
- b) oględzin obiektu,
- c) pomiarów wielkości kryterialnych w obiekcie (w tym przypadku rezystancji uziemienia),
- d) oceny wyników pomiarów, porównania ich z wartościami dopuszczalnymi i oceny skuteczności ochrony przeciwporażeniowej.
- e) Pomiaru napięć rażenia

Zgodnie z procedurą opisaną w instrukcji ocenę skuteczności ochrony przed porażeniem przeprowadza się do momentu, w którym zostały spełnione wymagania.

Wobec powyższego metodologię, jak również protokoły pomiarowe zawarte w załącznikach opracowano w taki sposób, aby każda z tych części została przeprowadzona w sposób prawidłowy, przy czym nie musi być ona wykonywana przez jedną i tę samą osobę lub zespół. Prace kontrolno-pomiarowe w obiektach elektroenergetycznych zalicza się do prac wykonywanych w warunkach szczególnego zagrożenia zdrowia i życia [4].

W stacjach SN/nN z wyprowadzonymi liniami nN pracującymi w układzie TN można wykonać pomiar całkowitej rezystancji uziemienia  $R_B$  oraz dokonać kontroli ciągłości przewodów uziemiających. Pomiar rezystancji uziemienia uziomu sztucznego samej stacji bez rozpinania zacisków łączących instalację uziemiającą tej stacji z innymi stacjami (powłoki kabli, przewody PEN wyprowadzonych linii nN) jest niemożliwy ze względu na to, że prąd probierczy podczas takiego pomiaru będzie zamykał się nie tylko przez ziemię, ale także przez impedancje części przewodzących, łączące ze sobą układy uziemiające poszczególnych stacji. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że w każdej stacji znajduje się po kilka przewodów uziemiających i na ogół od stacji odchodzi kilka linii niskiego napięcia pracujących w układzie TN, co powoduje rozływ prądu probierczego fałszujący pomiar rezystancji uziomu stacji.

Rezystancję wypadkową  $R_B$  można zmierzyć w układzie jak na rys. 6. W pierwszej kolejności dokonuje się pomiaru rezystancji w układzie wykorzystującym sondy oraz zacisk napięciowy miernika (nie używa się cęgów pomiarowych). W czasie tego pomiaru dodatkowo ustala się, czy sondy prądowa i napięciowa znajdują się od obiektu odpowiednio daleko i czy sonda napięciowa znajduje się na obszarze potencjału zerowego. Należy zwrócić uwagę na specyfikę pomiarów uziomu, do którego podłączonych jest kilka przewodów uziemiających i przewody te mają jednocześnie połączenie galwaniczne ze wszystkimi częściami przewodzącymi dostępnymi w stacji (części połączone nad ziemią). Do tego układu uziomowego podłączone są również wszystkie powłoki kabli oraz układ uziemiający sieci nN (jeśli ma wspólne uziemienie z uziomem stacji i pracuje w układzie TN). Wobec tego prąd probierczy będzie zawsze płynął nie tylko przez uziom danej stacji, lecz także przez uziomy stacji sąsiednich, oraz uziomy linii nN. A zatem dokładny pomiar rezystancji pojedynczego uziomu stacji nie jest możliwy nawet przy wykorzystaniu cęgów pomiarowych miernika.



**Rys. 6 Pomiar rezystancji uziemienia i sprawdzanie ciągłości przewodów uziemiających stacji SN/nN miernikiem MRU z wykorzystaniem cęgów pomiarowych**

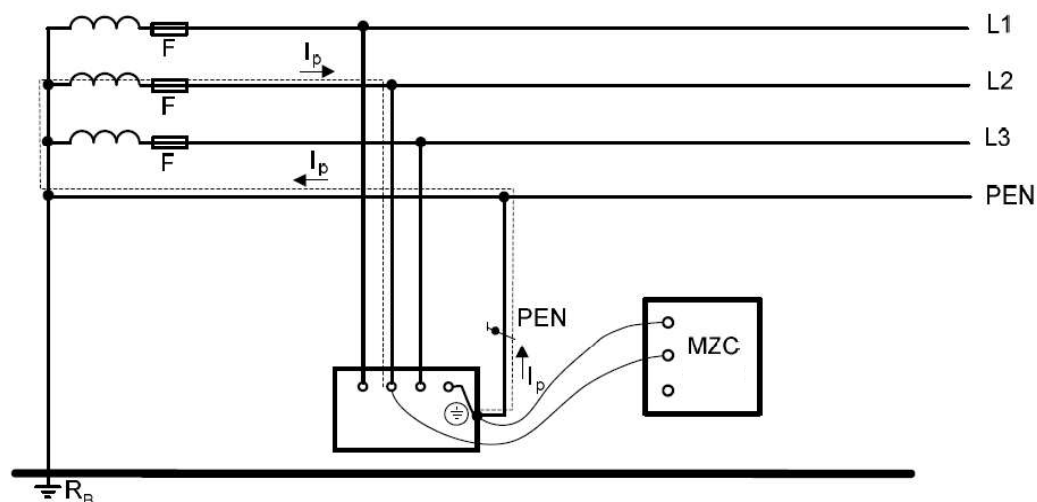
Natomiast cęgi te można wykorzystać do sprawdzenia ciągłości przewodów uziemiających. Przyrząd powinien mierzyć prąd płynący przez przewód uziemiający za pośrednictwem właśnie cęgów oraz napięcie uziomowe za pomocą zacisku napięciowego. Można dokonać dwóch pomiarów: pierwszy przy cęgach pomiarowych umieszczonych poniżej zacisku napięciowego, drugi przy cęgach prądowych umieszczonych powyżej zacisku napięciowego. Brak odczytu prądu na cęgach (lub rezystancja zmierzona rzędu kilkudziesięciu omów) jest wskazaniem do tego, aby podejrzewać przerwę w przewodzie uziemiającym lub utratę jego przewodności (korozja, poluzowany zacisk), w zależności od położenia zacisku napięciowego względem cęgów, w kierunku „do ziemi” (przerwa na drodze przyrząd - ziemia) lub w kierunku „do części przewodzących” (przerwa na drodze przyrząd - połączenie punktów uziemiających w stacji). Jeżeli oględziny pozwalają na jednoznaczne stwierdzenie, że przewody uziemiające są połączone w sposób pewny z częściami przewodzącymi dostępnymi w stacji, pomiaru ciągłości przewodów uziemiających w kierunku „do części przewodzących” można nie wykonywać.

W przypadku stacji słupowych, mających osobne przewody uziemiające punkt neutralny transformatora i części przewodzące dostępne stacji, należy przeprowadzić pomiary dla obu przewodów uziemiających osobno.

W przypadku słupów linii średniego napięcia istnieje przeważnie tylko jeden przewód uziemiający, połączony z uziomem. Sprawdzenie ciągłości tego przewodu w kierunku części przewodzących słupa nie jest możliwe metodami elektrycznymi ze względu na brak możliwości rozpięty prądu probierczego miernika w tym kierunku (wyjątek – jest więcej niż jeden przewód uziemiający lub istnieje przewód odgromowy łączący słupy w linii wysokiego napięcia). W takim przypadku czynnością stwierdzającą czy istnieje ciągłość przewodu uziemiającego „w górę” są jedynie oględziny.

Inaczej jest w przypadku pomiarów instalacji uziemiających w liniach nN. Ponieważ wszystkie słupy połączone są przewodem PEN lub przewodem odgromowym, pomiar ciągłości przewodów uziemiających jest możliwy zarówno w kierunku ziemi, jak i w kierunku linii.

Pomiar impedancji pętli zwarcia wykonać miernikami dedykowanymi z wartością prądu pomiarowego większym od 30A w układzie pomiarowym jak na rys.7.



Rys. 7 Pomiar impedancji pętli zwarcia

## 5. Opracowanie wyników pomiarów

Wyniki pomiarowe opracowuje oraz dokonuje oceny ochrony przeciwporażeniowej osoba doзору.

## 6. LITERATURA

1. PN-E-05115: 2002. Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1kV.
2. Jabłoński W.: Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia. WNT, Warszawa 2006r.
3. Jabłoński W.: Podręcznik INPE dla elektryków. Zeszyt 12. Uziemienia w sieciach, instalacjach i urządzeniach elektroenergetycznych. Zakład wydawniczy „INPE” w Bełchatowie, listopad 2006.
4. PN-E-04700:1998 „Urządzenia i układy elektryczne w obiektach elektroenergetycznych -- Wytyczne przeprowadzania pomontażowych badań odbiorczych”
5. PN-EN 61557 „Bezpieczeństwo elektryczne w niskonapięciowych sieciach elektroenergetycznych o napięciach przemiennych do 1000 V i stałych do 1500 V”
6. PN-EN-50522:2011 „Uziemienie instalacji elektroenergetycznych prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV”
7. PN-EN-61936-1:2011 „Instalacje elektroenergetyczne prądu przemiennego o napięciu wyższym od 1 kV -- Część 1: Postanowienia ogólne”