



Seminarium online

**Zasady ochrony przed porażeniem i przed
przebiegami w sieciach nN, SN, WN i NN
w zakresie projektowania, budowy i
eksploatacji**

1-2, 8-9, 14 czerwca 2021 r.

Blok 3. Badania ochrony w liniach SN i nn oraz w stacjach SN/nn

dr inż Miroslaw Kielboń

Program prezentacji:

1. Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn

- a) klasyfikacja i omówienie metod pomiarowych przydatnych przy pomiarach w stacjach SN/nn, rozdzielniach sieciowych SN, stacjach SN/SN i wokół nich
- b) techniki pomiarowe stosowane przy pomiarach skuteczności ochrony przed porażeniem
- c) ocena wyników pomiarów i skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn

Program prezentacji cd.:

2. Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn

- a) klasyfikacja metod pomiarowych do stosowania przy pomiarach skuteczności ochrony przed porażeniem w liniach nn;
- b) ocena wyników pomiarów i skuteczności ochrony przed porażeniem w liniach nn.

3. Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w liniach SN

- a) klasyfikacja metod pomiarowych;
- b) techniki pomiarowe ze szczególnym uwzględnieniem wyboru metody pomiarowej i możliwe do popełnienia błędy organizacyjne pomiarów w liniach SN i dwunapięciowych.

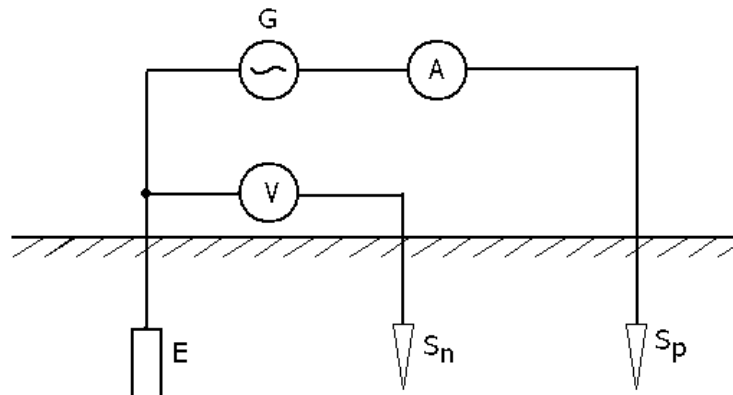
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Klasyfikacja i omówienie metod pomiarowych przydatnych przy pomiarach sprawdzających systemy ochrony przed porażeniem:

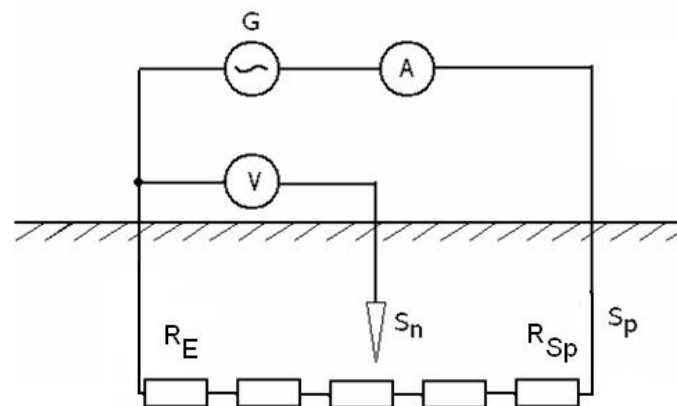
- pomiar rezystancji lub impedancji uziemienia (instalacji uziemiającej: metoda trzypunktowa „3p” (mało- i wielkoprądowa, techniczna i kompensacyjna), metoda „4p”, metody pomiaru rezystywności gruntu;
- pomiar rezystancji lub impedancji uziemienia metodami „3p” z dodatkowym użyciem cewek Rogowskiego lub cęgów Dietza („metody cęgowe”)
- pomiar napięć dotykowych (spodziewanych i rażeniowych);
- sprawdzanie ciągłości przewodów uziemiających;
- pomiar impedancji pętli zwarcia;
- pomiar rezystancji izolacji w instalacjach potrzeb własnych.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Pomiar rezystancji lub impedancji układu uziemiającego met. techniczną



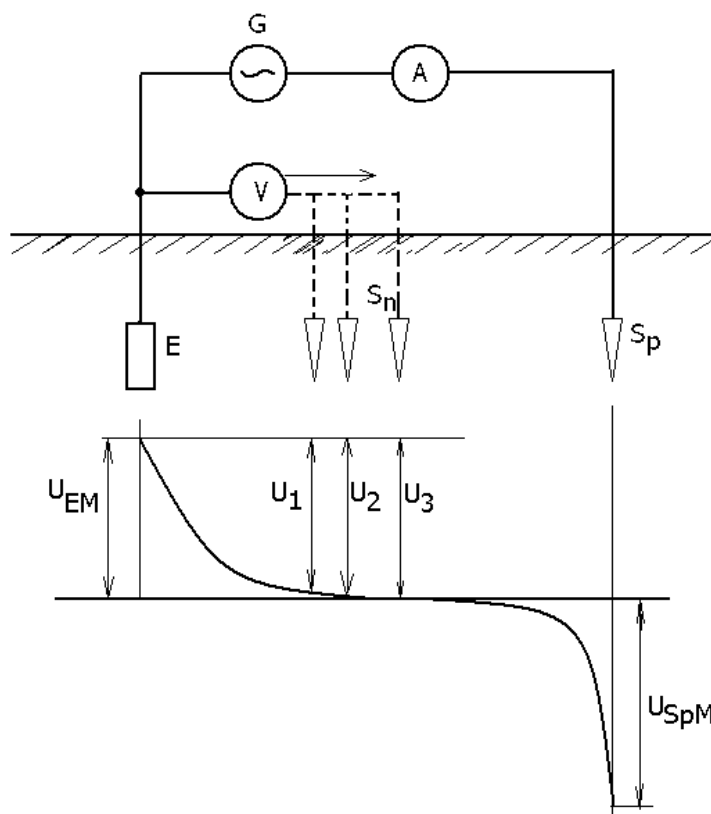
Metoda
techniczna



Zobrazowanie
konieczności
poszukiwania
strefy potencjału
zerowego

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Strefa potencjału zerowego i obwód napięciowy



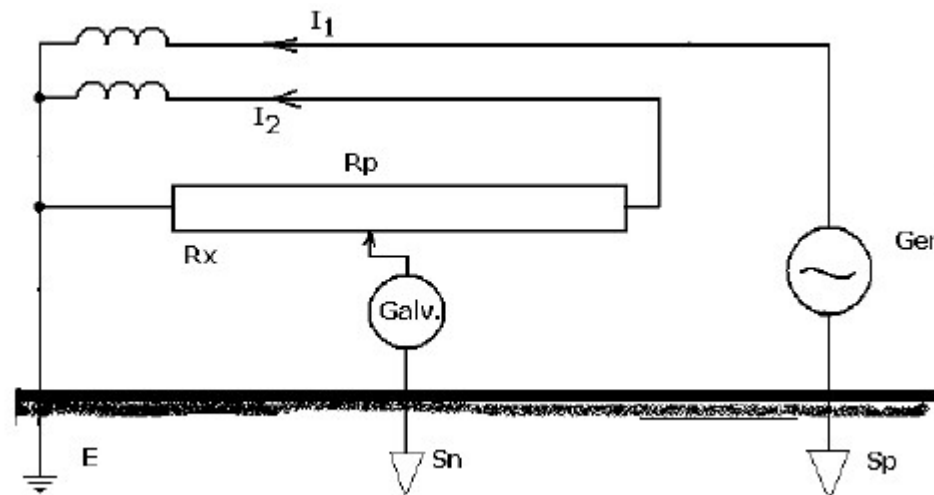
Wymagania stawiane elementom obwodu napięciowego:

- 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.

Odległości sond od uziomu powinny być 'optymalizowane' - zmniejszenie błędu pomiarowego i realna moc źródła wymuszającego

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Metoda kompensacyjna pomiaru rezystancji uziemienia

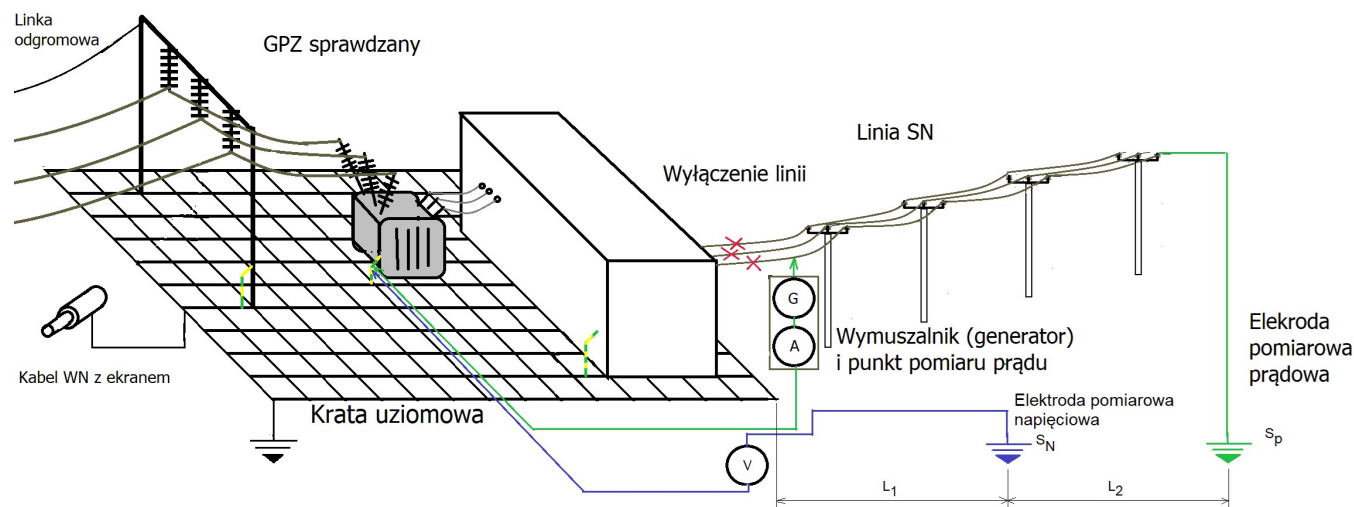


Warunek kompensacji:

$$I_1 R_{EM} = I_2 R_x \Rightarrow R_x = \frac{I_1}{I_2} R_{EM}$$

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

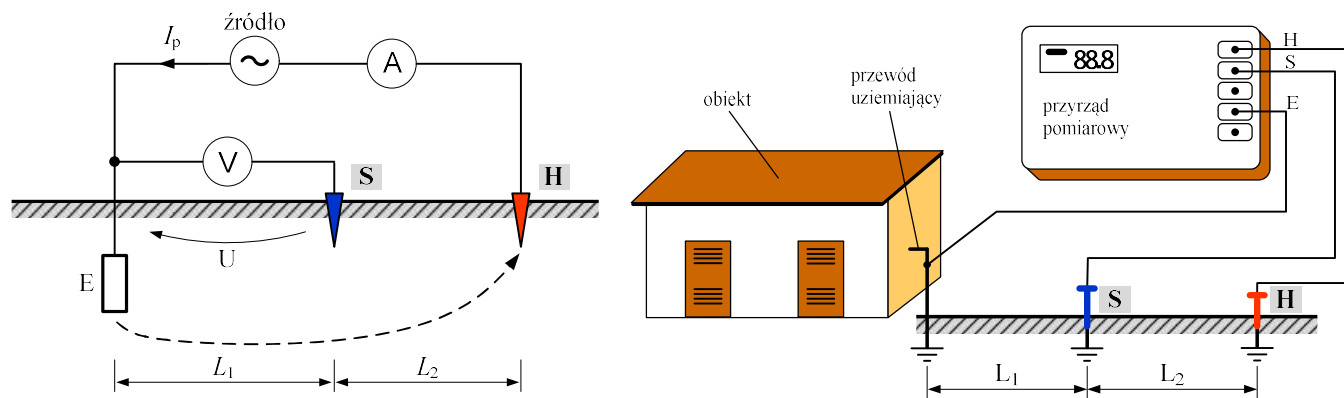
Metoda „wielkoprądowa” pomiaru rezystancji uziemienia („3p”)



Na rys. jako przewody linii do elektrody prądowej wykorzystano wyłączoną linię SN. Możliwe jest (i realizowane w praktyce) wykorzystanie wyłączonej linii WN w tym celu. Jest to ogólna idea metody, metoda jest bardziej przydatna w obiektach WN.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Praktyczna realizacja pomiaru rezystancji uziemienia (metoda „3p”), obiekt SN/nn



Metoda trójpunktowa „3p”:

wariant 1 – metoda techniczna,

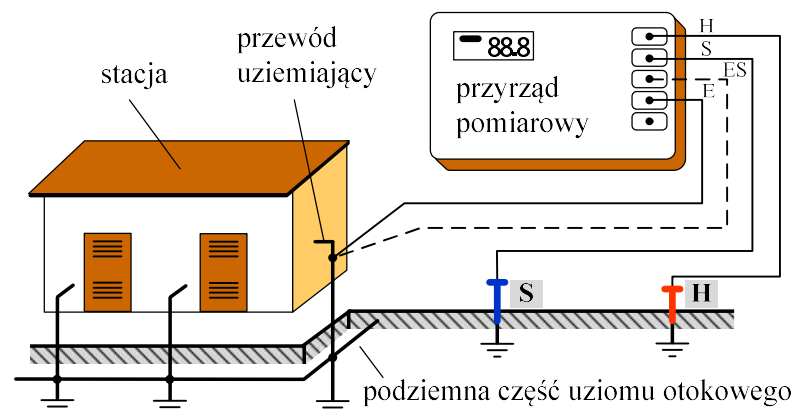
wariant 2 – dedykowany miernik oparty o metodę techniczną,

wariant 3 – dedykowany miernik oparty o metodę kompensacyjną (obecnie rzadko stosowany)

UWAGA. Istotne dla pomiaru są odległości L_1 i L_2 – szerzej omówione w sekcji „techniki pomiarowe”

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Praktyczna realizacja pomiaru rezystancji uziemienia (metoda „4p”), obiekt SN/nn

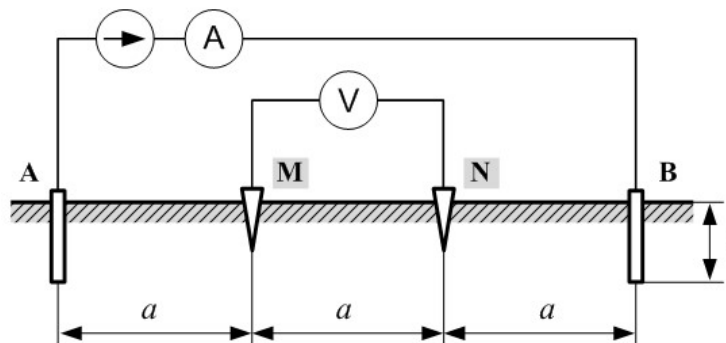


Metoda czteropunktowa „4p”:

Używa się dodatkowego przewodu (ES) sprowadzającego potencjał instalacji uziemiającej do miernika, w ten sposób koryguje się spadek napięcia na głównym przewodzie pomiarowym prądowym. Przydatne jeśli mierzona rezystancja uziemienia ma małą wartość. W praktyce rzadko wykorzystywana metoda.

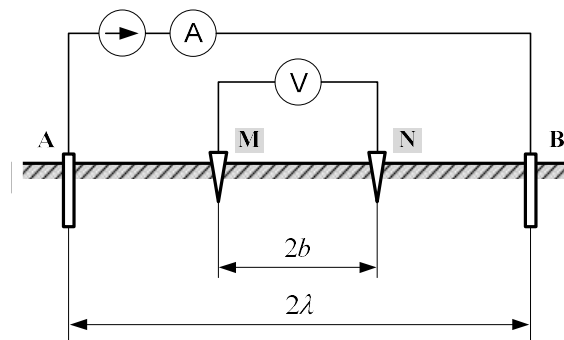
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Pomiar rezystywności gruntu – specjalna metoda „4p”



Metoda Wennera (a- możliwie duże)

$$\rho = 2\pi \cdot a \frac{U_{MN}}{I}$$



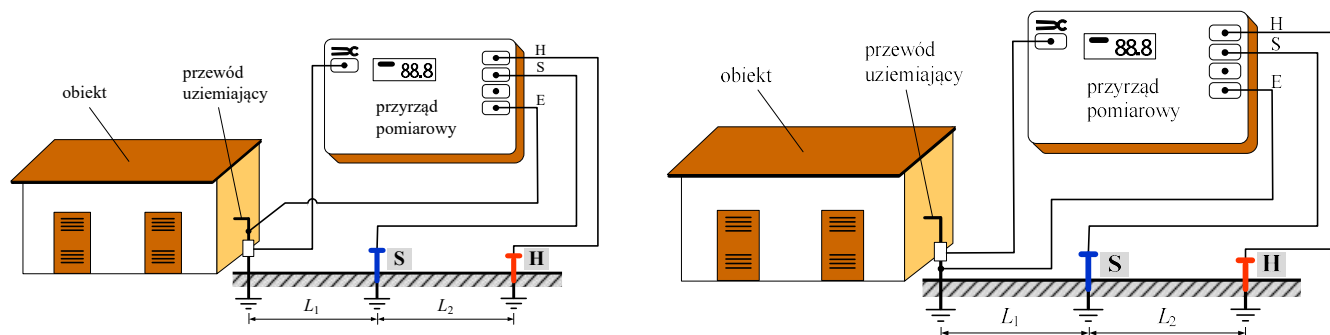
Metoda Schlumbergera ($2\lambda \gg 2b$)

$$\rho = \pi \frac{U_{MN}}{I} \left(\frac{(\lambda - b)(\lambda + b)}{2b} \right)$$

Mierniki dedykowane wykorzystują metodę Wennera

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

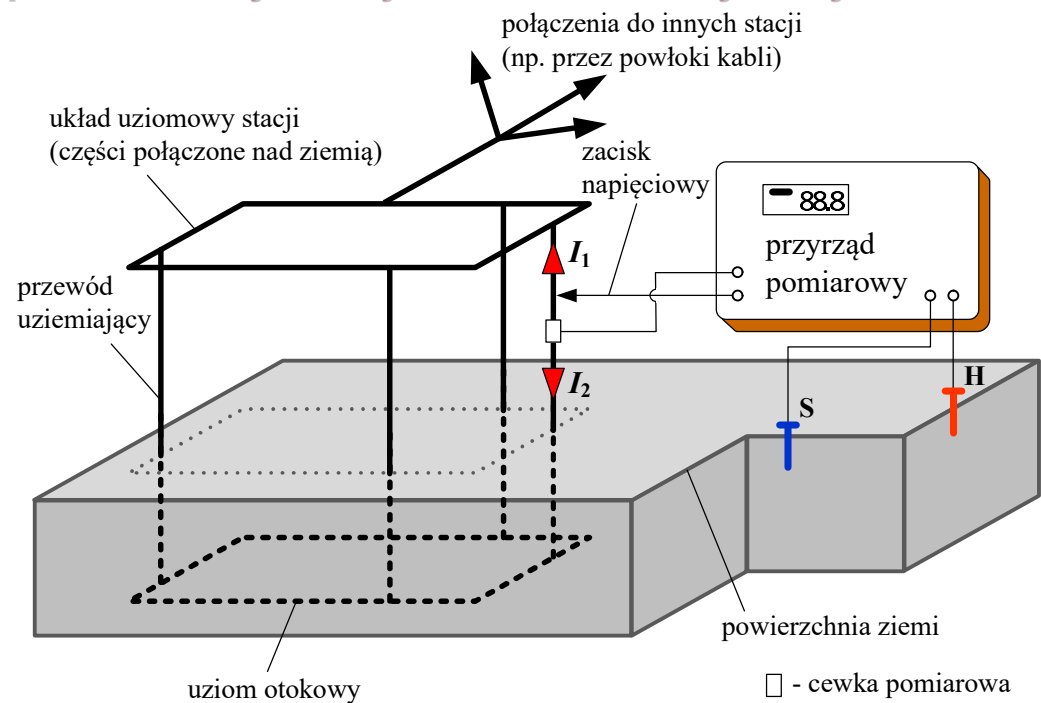
Metody pomiaru rezystancji uziemienia z wykorzystaniem cęgów i/lub cewek Rogowskiego



Metoda „jednocęgowa”. W większości przypadków (są wyjątki) nie nadaje się do pomiaru rezystancji uziemienia, natomiast jest bardzo przydatna do kontroli ciągłości przewodów uziemiających

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

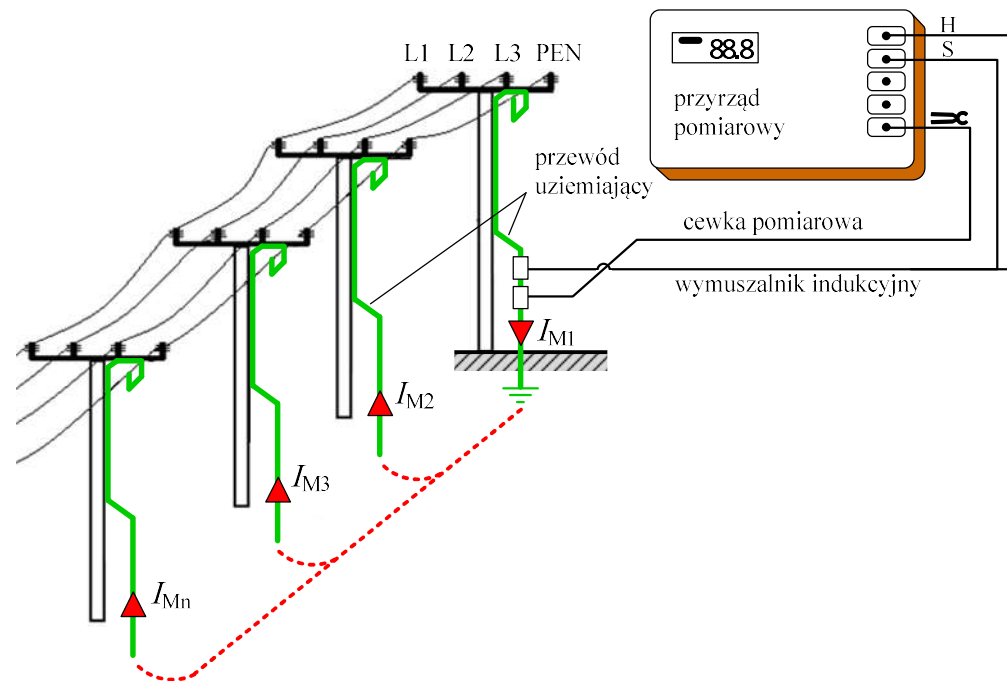
Metody pomiaru rezystancji uziemienia z wykorzystaniem cęgów



Metoda „jednocęgowa”. Ilustracja możliwych do popełnienia błędów interpretacyjnych wyniku pomiarowego.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

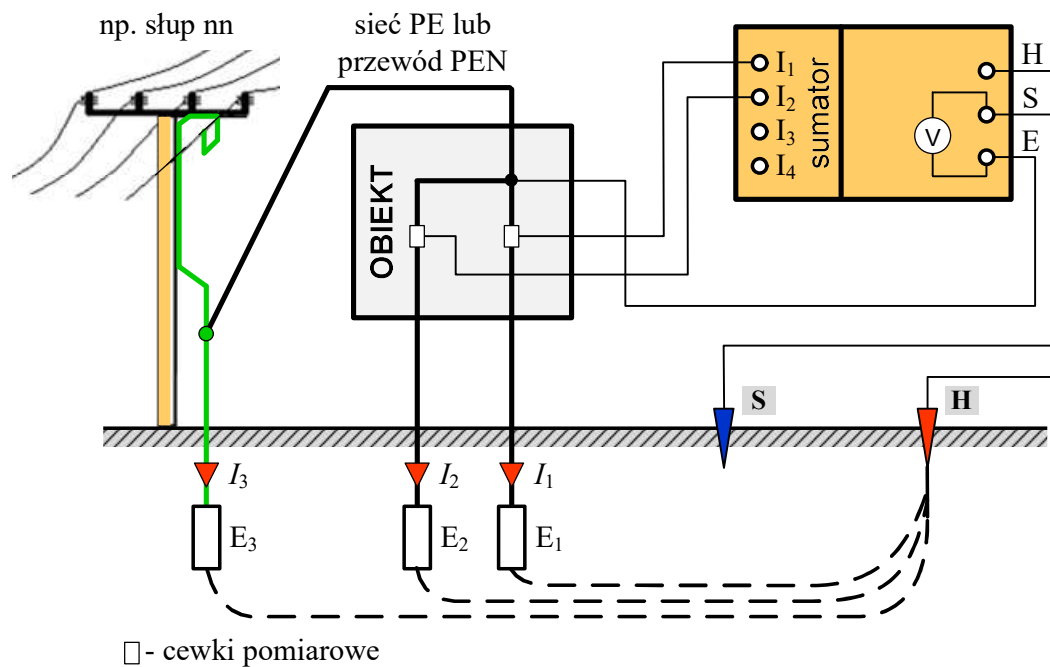
Metody pomiaru rezystancji uziemienia z wykorzystaniem cęgów



Metoda „dwucęgowa”. Nadaje się do sprawdzania ciągłości przewodów uziemiających (nie we wszystkich przypadkach) lub rezystancji uziemienia (w szczególnych przypadkach)

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

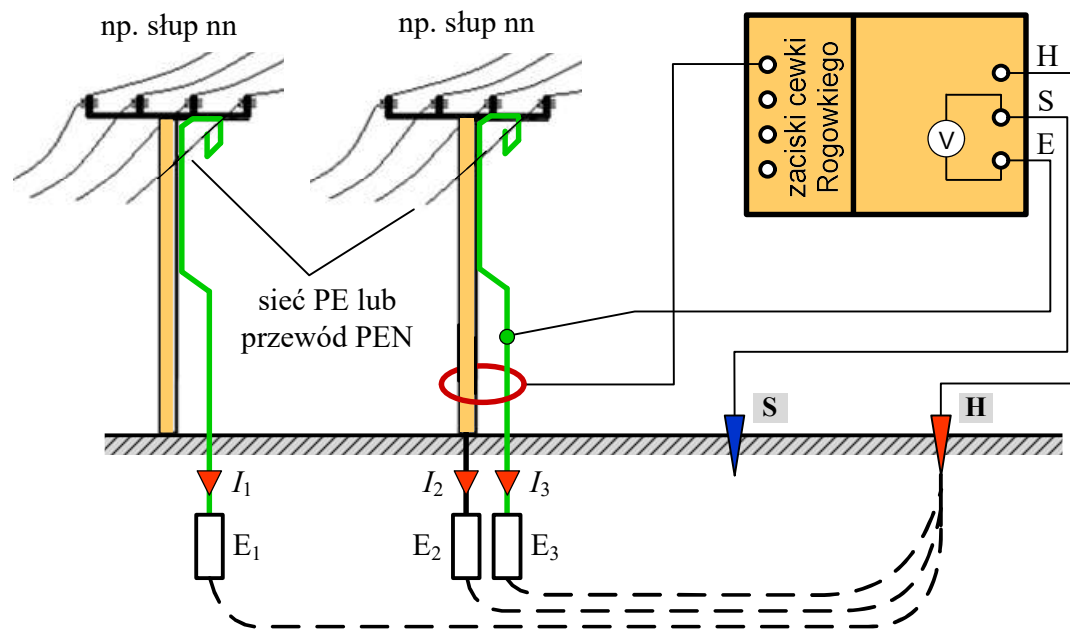
Metody pomiaru rezystancji uziemienia z wykorzystaniem cęgów i/lub cewek Rogowskiego



Metoda „wielocęgowa”. Nadaje się do sprawdzania rezystancji uziemienia (w szczególnych przypadkach)

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

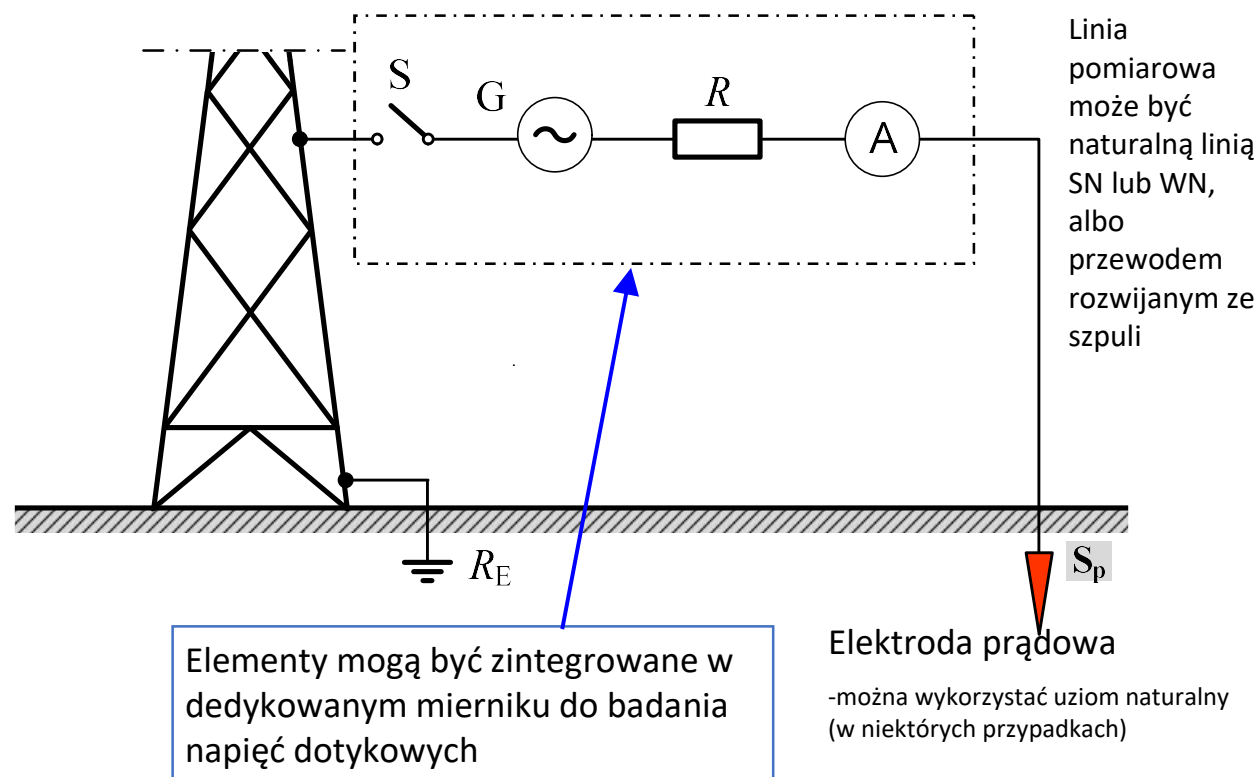
Metody pomiaru rezystancji uziemienia z wykorzystaniem cęgów i/lub cewek Rogowskiego



Metoda wykorzystująca cewkę Rogowskiego („miękkie cęgi”). Nadaje się do sprawdzania rezystancji uziemienia (w szczególnych przypadkach).

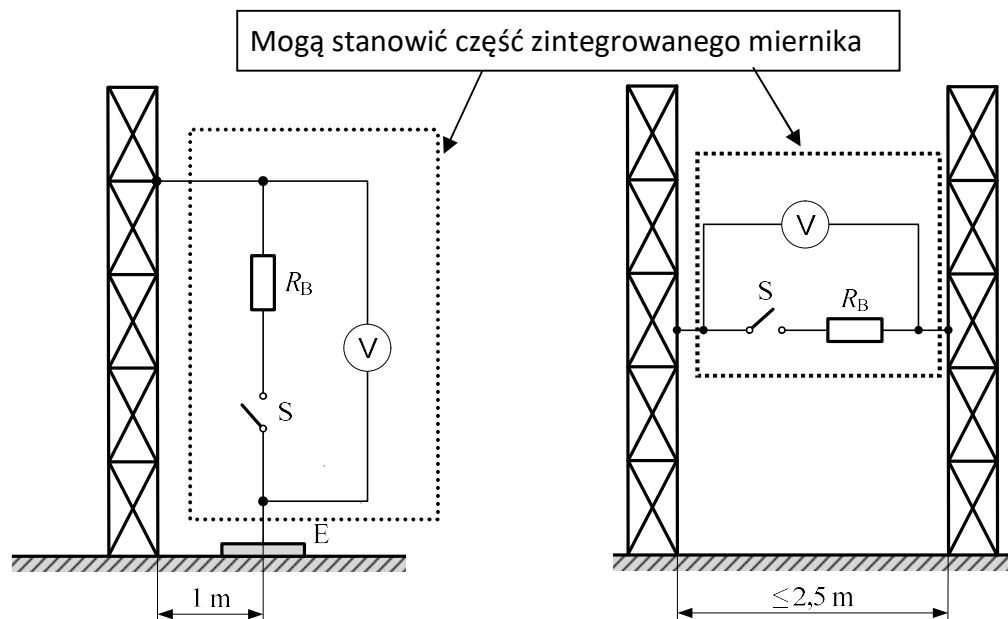
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Pomary napięć dotykowych spodziewanych i rażeniowych – obwody „wymuszenia”



Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Pomiary napięć dotykowych spodziewanych i rażeniowych – obwody pomiarowe



obwód stosowany w przypadku odosobnionej, uziemionej części przewodzącej dostępnej;

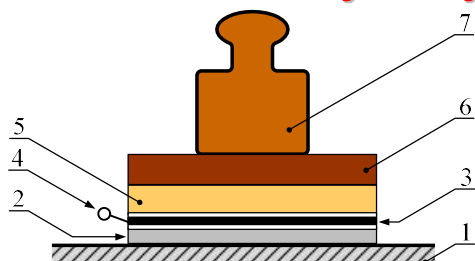
obwód dodatkowy, stosowany gdy w pobliżu badanej części przewodzącej dostępnej znajduje się część przewodząca obca, na którą może wydostać się potencjał

Łącznik S zamknięty- pomiar U_{TM} (nap. rażeniowego)

Łącznik S otwarty- pomiar U_{STM} (nap. spodziewanego)

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Pomiary napięć dotykowych spodziewanych i rażeniowych – elektroda symulująca zestyk stopy człowieka z ziemią



1 – stanowisko, 2 – guma przewodząca, 3 – folia metalowa, 4 – zacisk elektrody, 5 – filc, 6 – płyta izolacyjna, 7 – obciążenie.

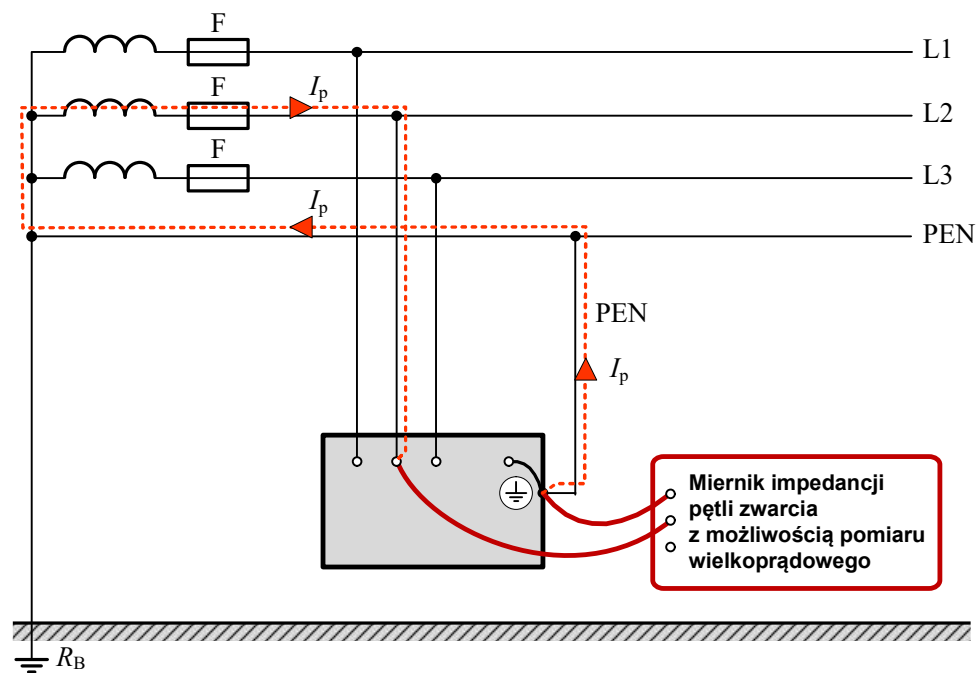
W praktyce, w zależności od stanowiska używa się elektrod uproszczonych, na ogół zwiększających błąd pomiarowy w sposób powodujący zaostreżenie wymagań co do wyniku pomiaru.

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 cm ²
Siła docisku elektrod	500 N
Rezystor R_B	1000 Ω
Odległość elektrod od części stwarzającej zagrożenie przy rażeniu na drodze ręka-stopy	1m
Elektroda stykająca się z częścią dotykana 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

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Pomiary impedancji pętli zwarcia

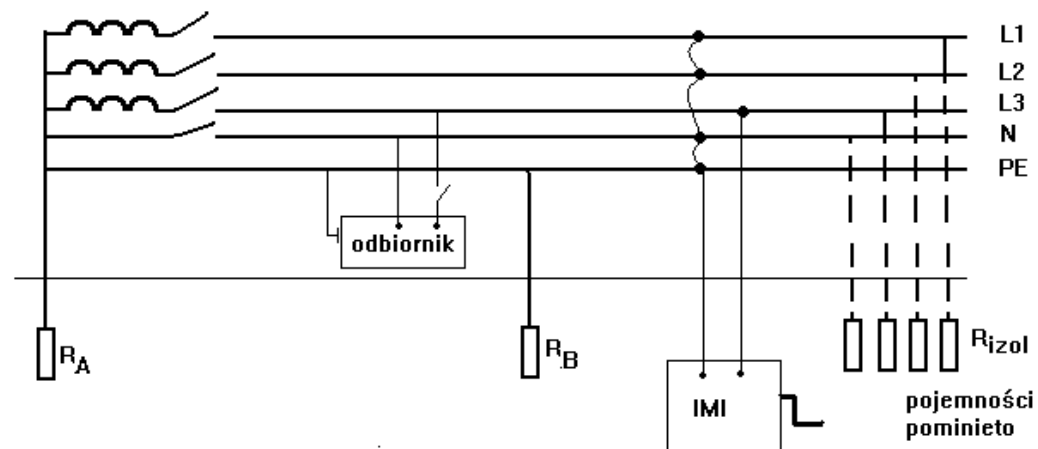


Pomiar metodą małąprądową – w instalacjach el. potrzeb własnych stacji, w tym także wyposażonych w wył. RCD

Pomiar metodą wielkopiędową (impuls) - w obwodach rozdzielczych nn

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Pomiary rezystancji izolacji instalacji nn



Norma PN-HD 60364-6:2008 podaje, że rezystancję izolacji należy mierzyć pomiędzy przewodami czynnymi i ziemią, ale w pomieszczeniach w których występuje zagrożenie pożarowe również między przewodami czynnymi. Przewody ochronne PE i ochronno-neutralne PEN traktować należy jako ziemię, a przewód neutralny N jako przewód czynny.

Napięcie znamionowe badanego obwodu [V]	Napięcie probiercze prądu stałego [V]	Minimalna wartość rezystancji izolacji [MΩ]
do 50 SELV i PELV	250	$\geq 0,5$
$50 < U \leq 500$	500	$\geq 1,0$
> 500	1000	$\geq 1,0$

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – klasyfikacja metod pomiarowych

Klasyfikacja i omówienie metod pomiarowych przydatnych przy sprawdzaniu ochrony przed porażeniem w stacjach SN/nn, rozdzielniach RS, stacjach redukcyjnych SN/SN i wokół nich

Jakie rodzaje badań są konieczne do sprawdzenia stanu ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn?

- badanie środków ochrony podstawowej: oględziny, ew. pomiar rezystancji izolacji;
- badanie środków ochrony przy uszkodzeniu: oględziny, pomiar rezystancji uziemienia (układu uziemiającego i/lub wypadkowej rezystancji kilku układów uziemiających połączonych ze sobą), sprawdzenie ciągłości przewodów uziemiających, sprawdzenie możliwości wyniesienia potencjału poza obiekt poprzez różnego rodzaju części przewodzące, sprawdzenie ew. położenia obiektu na terenie zespolonej instalacji uziemiającej;
- sprawdzenie stanu ochrony przed porażeniem w instalacji potrzeb własnych obiektu stacyjnego;
- badania specjalne, np. sprawdzenie, czy obszar zespolonej instalacji uziemiającej nie uległ dezintegracji.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – klasyfikacja metod pomiarowych

Które metody pomiarowe są przydatne przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn w zależności od rodzaju badań (odbiorcze/eksploatacyjne)

- a) pomiary w instalacji potrzeb własnych:
 - pomiar rezystancji izolacji dedykowanym miernikiem;
 - pomiar impedancji pętli zwarcia dedykowanym miernikiem metodą małąprądową; jeśli instalacja zabezpieczona jest wyłącznikiem RCD miernik powinien umożliwiać przeprowadzenie badań w takiej instalacji lub konieczny jest częściowy jej demontaż (niezalecane)
- b) pomiary rezystancji uziemienia:
 - metoda „3p” pomiaru rezystancji uziemienia (małąprądowa), cel – uzyskanie informacji o wartości rezystancji wypadkowej R_B układu uziemiającego (sieć TN po stronie nn) lub wartości rezystancji układu uziemiającego tylko danego obiektu R_s (punkt N transformatora) lub R_E (dowolny rodzaj sieci nn przy badaniach odbiorczych, lub w obiektach o rozdzielonych układach uziemiających tylko dla części SN obiektu);
 - metody „cęgowe” pomiaru rezystancji uziemienia, cel – uzyskanie informacji o wartościach R_E lub R_s przy badaniach eksploatacyjnych w obiektach stacyjnych, uzyskanie informacji o ciągłości przewodów uziemiających
- c) pomiary napięć dotykowych:
 - metoda techniczna z wykorzystaniem linii probierczej rozwijanej ze szpuli;
 - metoda z wykorzystaniem dedykowanego zestawu wymuszająco-pomiarowego.

Cel: uzyskanie informacji o napięciach dotykowych, jeśli pomiary rezystancji uziemienia w obiektach stacyjnych (o rozdzielonych układach uziemiających części SN i nn) dają negatywny wynik jeśli chodzi o ocenę skuteczności ochrony przed porażeniem.

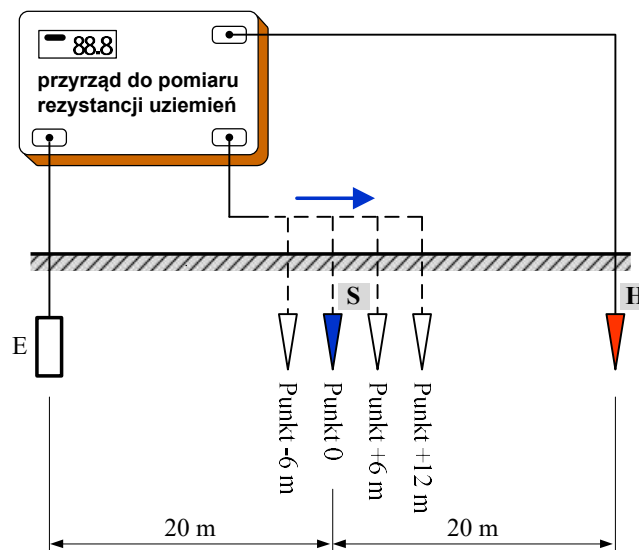
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn

Pomiary w instalacjach potrzeb własnych zostały już omówione.

Pomiary rezystancji układów uziemiających stacji:

Przygotowanie – wyznaczenie strefy potencjału zerowego oraz pomiar rezystancji metodą „3p”.



Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn

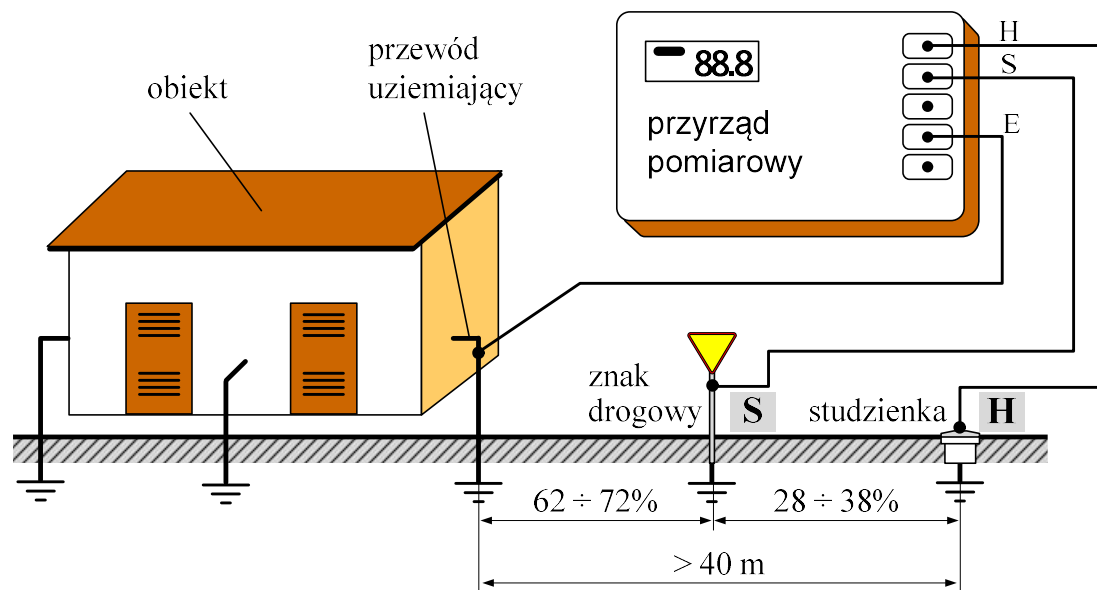
Kolejność postępowania:

- zbudować układ pomiarowy składający się z badanego układu uziemiającego, sondy napięciowej, sondy prądowej i odpowiedniego miernika (mierników). Bardzo istotne są odległości pomiędzy sondami zależne m.in. od orientacyjnych wymiarów układu uziemiającego. Pierwszy pomiar wykonuje się, gdy elektroda napięciowa umieszczona jest w ok. połowie odległości między badanym układem uziemiającym, a sondą prądową.
 - przenieść sondę napięciową o ok. 6 m w stronę elektrody wymuszającej prąd (do „punktu +6m”) i pomiar powtórzyć. Następnie przenieść tą elektrodę w stronę badanego obiektu (6m od „punktu 0”, do tzw. „punktu -6m”) i pomiar ponownie powtórzyć. Zbadać różnice wyników.
 - różnice (powyżej 3%) w wynikach powyższych 3 prób pomiarowych świadczą, że elektroda napięciowa NIE ZNAJDUJE SIĘ w tzw. strefie zerowego potencjału i pomiar rezystancji uziemienia może dawać fałszywy wynik. W takim przypadku należy zwiększyć odległość między obiektem a elektrodą prądową i pomiary powtórzyć.
- ALBO
- wykonać czwarty pomiar rezystancji z sondą napięciową przesuniętą o 12 m od „punktu 0” w stronę sondy prądowej i sprawdzić bezwzględne różnice wyników wszystkich czterech pomiarów. Jeśli różnice rosną, oznacza to że sonda napięciowa znajduje się na końcu strefy zerowego potencjału lub poza tą strefą, przy czym wynik jest zawyżony w stosunku do rzeczywistego. Jeśli tak otrzymana wartość rezystancji uziemienia spełnia warunki skuteczności ochrony przed porażeniem, to wartość rzeczywista również je spełnia.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn

W przypadku gdy strefy zerowego potencjału nie można wyznaczyć ze względu na np. uwarunkowania terenowe, można zastępczo wykorzystać naturalne, na stałe umieszczone w ziemi uziomy, np.:

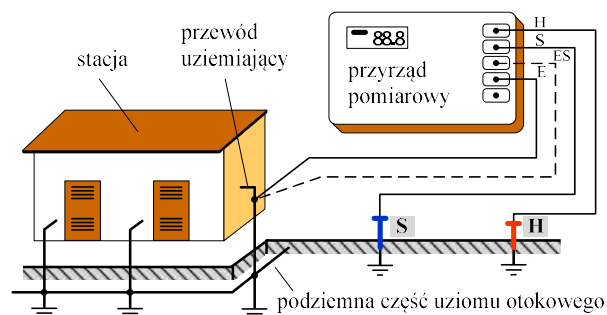


Odległości między „sondami” muszą być jednak co najmniej takie jak na rys. i fakt, że strefa potencjału zerowego jest niemożliwa do wyznaczenia musi być odnotowany w protokole.

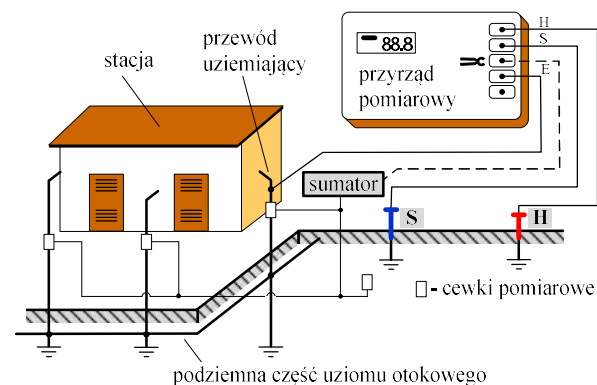
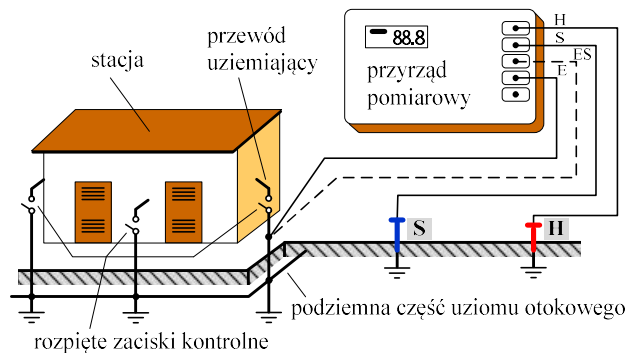
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn, współpracujących z siecią nn o układzie TN

Właściwy pomiar rezystancji układu uziemiającego obiektu (R_s lub R_E) lub wypadkowej rezystancji układów uziemiających kilku obiektów R_B



Metoda „3p” – pomiar R_B

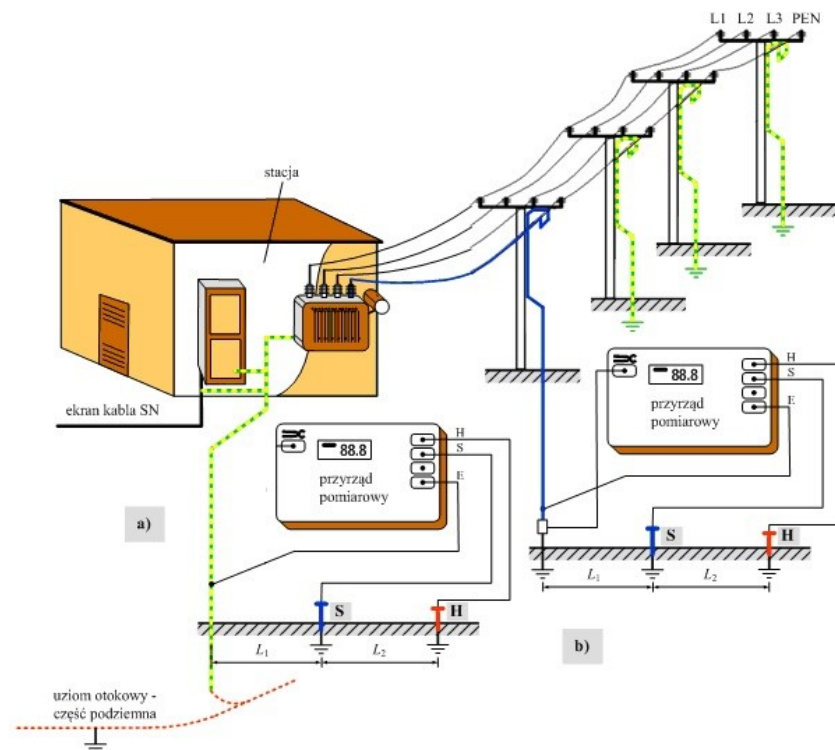


Metoda „wielocęgowa” – pomiar R_s

Metoda „3p” z rozłączaniem złącz kontrolnych – pomiar R_s podczas badań odbiorczych

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

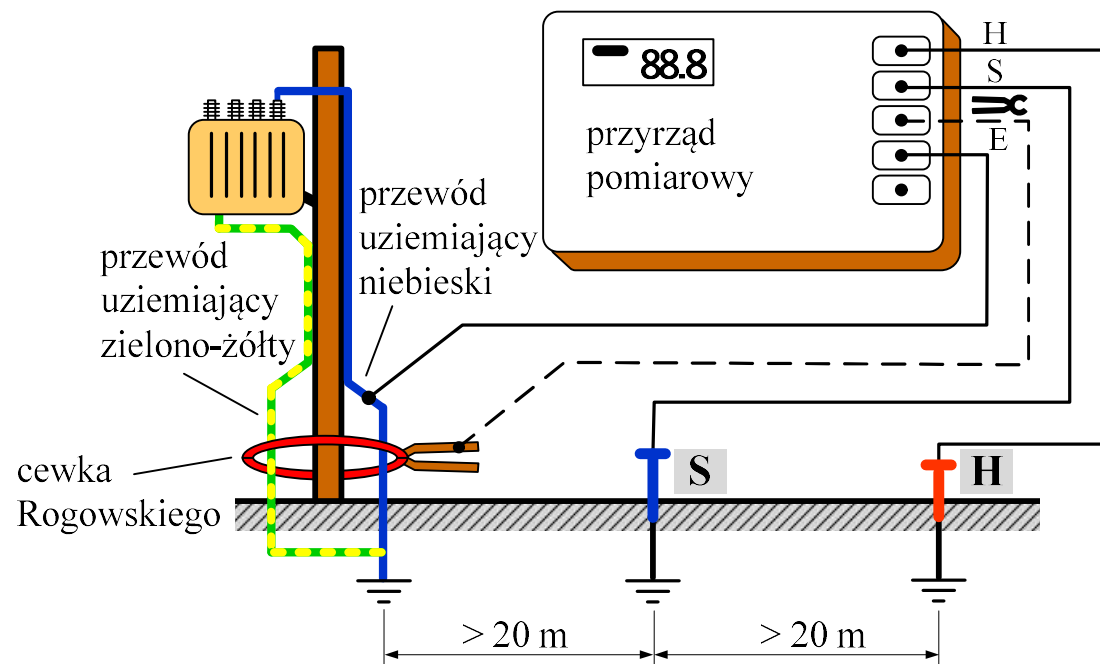
Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn, współpracujących z siecią nn o układzie TN



Pomiar rezystancji uziemienia R_e oraz rezystancji R_s dla stacji o rozdzielonych uziemieniach części SN i nn

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn, współpracujących z siecią nn o układzie TN

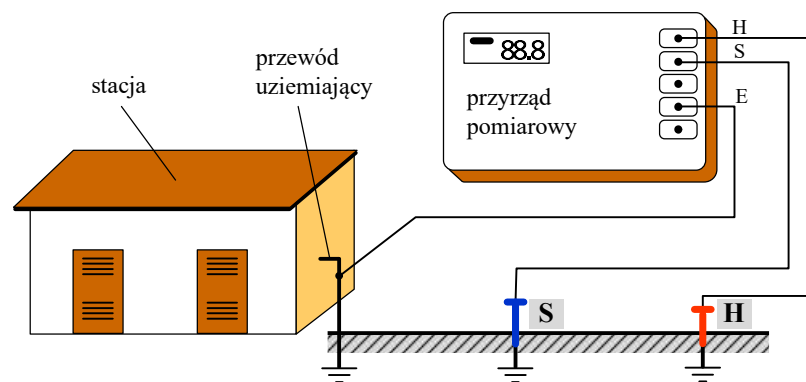


Pomiar rezystancji uziemienia R_s dla stacji słupowej z wykorzystaniem cewki Rogowskiego („miękkie cęgi”)

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn, współpracujących z siecią nn o układzie TT

Różnica w stosunku do pomiarów w obiektach stacyjnych współpracujących z siecią nn o układzie TN polega na tym, że metoda „3p” wykazuje – jako wynik – wartość rezystancji uziemienia R_E lub R_s . Podobnie jak poprzednio, pomiary muszą być poprzedzone znalezieniem strefy potencjału zerowego.

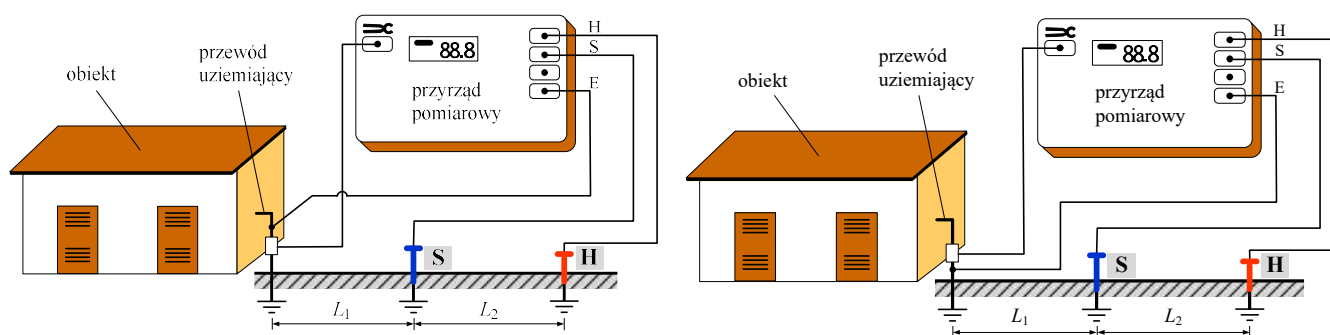


Metoda „3p” ma również zastosowanie do pomiaru rezystancji uziemienia rozdzielni sieciowych oraz stacji SN/SN.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – pomiar ciągłości przewodów uziemiających

Do pomiaru ciągłości przewodów uziemiających, niezależnie od tego, czy obiekt stacyjny współpracuje z siecią nn w układzie TN czy TN (lub nie współpracuje z siecią nn), nadają się metody pomiaru rezystancji (niekoniecznie rezystancji uziemienia!) z użyciem cewek pomiarowych (metody cęgowo: jedno- i dwucęgowa).

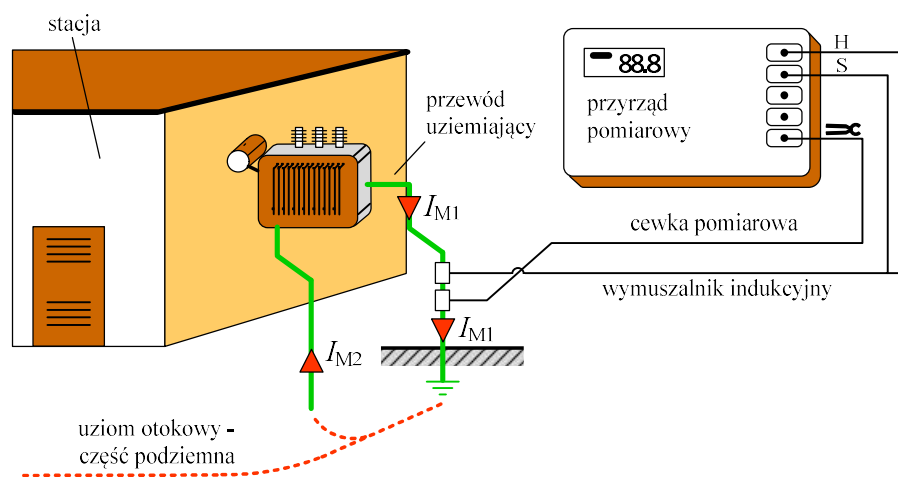


W przypadku użycia metody jednocęgowej ciągłość przewodu uziemiającego może być stwierdzana zarówno „w stronę ziemi” jak i „w stronę uziemianego elementu”, zależnie od umieszczenia cewki pomiarowej względem przewodu wymuszającego prąd pomiarowy

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – pomiar ciągłości przewodów uziemiających

Metoda „dwucęgowa”, pierwotnie służąca do pomiaru rezystancji uziemień obiektów liniowych nn (słupów) może służyć do sprawdzenia ciągłości przewodów uziemiających obiektu stacyjnego pod warunkiem, że istnieją metaliczne pętle, których częściami są przewody uziemiające. Zatem w nielicznych przypadkach, szczególnie w stacjach słupowych SN/nn, pracujących na sieci nn w układzie TT, albo w stacjach o rozdzielonych uziemieniach części SN i nn, metoda może wykazywać fałszywie nieciągłość przewodów uziemiających.



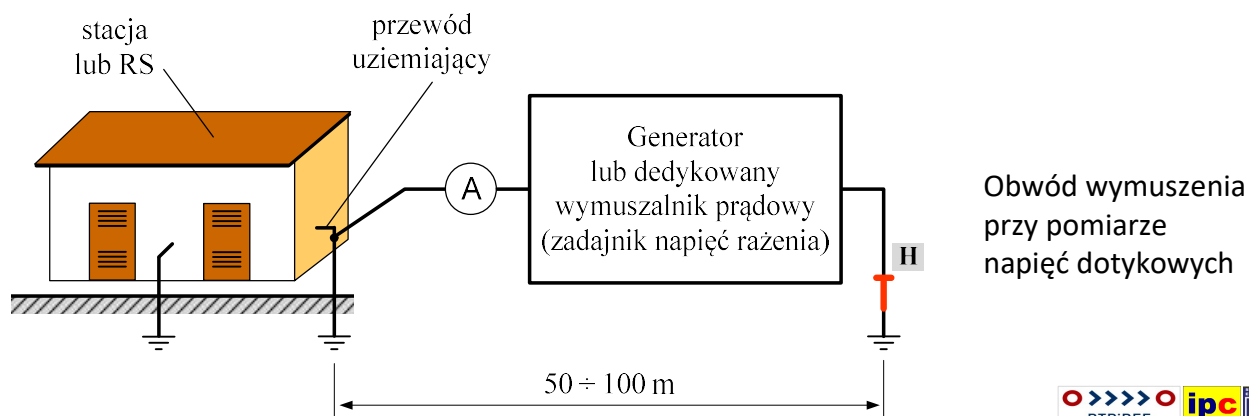
Zaletą metody jest brak elektrod wbijanych w ziemię, metoda szczególnie dobrze nadaje się do sprawdzania ciągłości przewodów uziemiających w stacjach znajdujących się na obszarze zakwalifikowanym do ZIU (Zespólonej Instalacji Uziemiającej).

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – pomiar napięć dotykowych

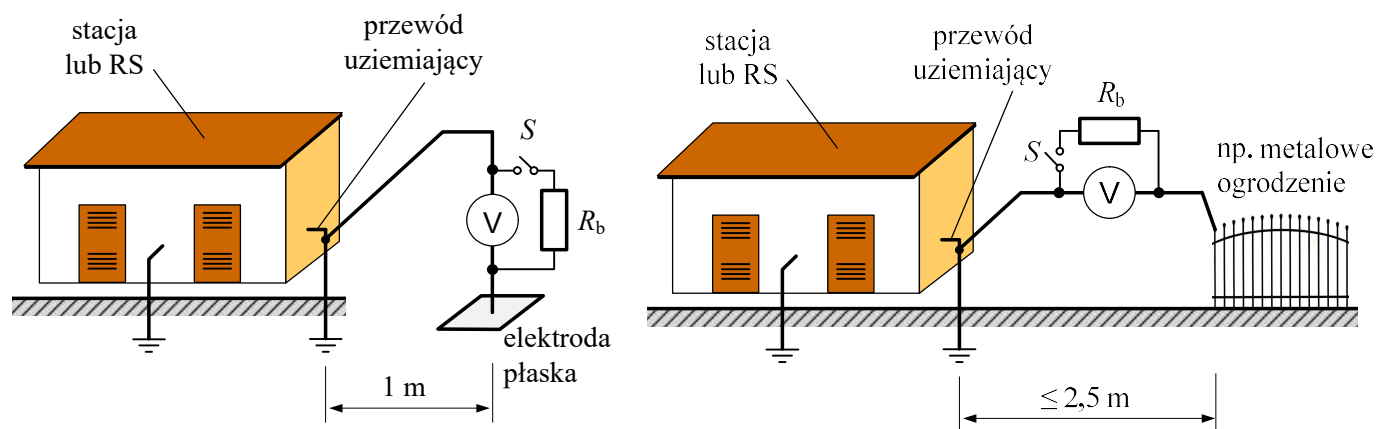
Pomiar napięć dotykowych może być wykonywany w obiektach stacyjnych, w których nie występuje wspólne uziemienie części SN i nn obiektu (stacje pracujące na sieci nn o układzie TT, rozdzielnie SN bez transformacji, stacje SN/SN, inne obiekty o rozdzielonych uziemieniach części SN i nn. Jeśli uziemienie jest wspólne pomiar nie jest sensowny, ponieważ warunek skuteczności ochrony, polegający na ograniczaniu lub blokadzie wynoszenia potencjału do sieci nn w chwili zakłócenia w sieci SN, bazuje na pełnej wartości napięcia uziomowego. Nawet wtedy gdy napięcia dotykowe w obiekcie stacyjnym nie przekroczą dopuszczalnych wartości, potencja wynoszony poprzez np. przewód PEN może być niebezpieczny poza obiektem.

Jeżeli pomiar napięć dotykowych w obiekcie jest zasadny, należy stworzyć obwód wymuszenia (najczęściej w obiektach SN/nn jest to generator/wymuszalnik prądowy (zadajnik napięć rażenia), połączone ze sztucznym uziomem odległym (sondą prądową).



Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – pomiar napięć dotykowych



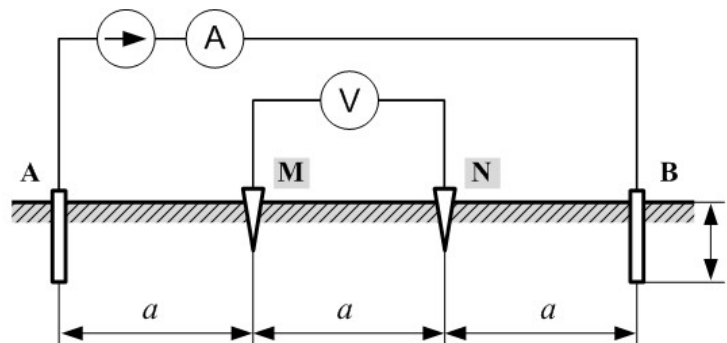
Obwody pomiarowe do pomiarów napięć dotykowych w obiektach stacyjnych SN/nn.

Pamiętać należy, że pomiarów należy dokonać na kilku stanowiskach oraz w przypadku kiedy w niewielkiej odległości od badanego obiektu znajduje się część przewodząca obca, która może być dotknięta jednocześnie z częścią przewodzącą badanego obiektu podczas zwarcia.

W wielu przypadkach wystarczającą (bezpieczną) dokładność może zapewnić użycie uproszczonej elektrody symulującej zestyk stopy człowieka z ziemią.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – pomiar rezystywności gruntu



Kiedy wykonywać taki pomiar?

- przed przystąpieniem do prac projektowych nad układem uziemiającym obiektu;
- podczas badań odbiorczych;

Jaką technikę stosować?

Najczęściej korzysta się z dedykowanego miernika i metody Wennera.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – obszary zespolonej instalacji uziemiającej

Pomiary sprawdzające w obiektach stacyjnych na terenie ZIU są bardzo uproszczone – pomiarowo sprawdza się jedynie ciągłość przewodów uziemiających oraz impedancję pętli zwarcia i rezystancje izolacji obwodów potrzeb własnych obiektu, według takich samych zasad, jak w obiektach położonych poza obszarem ZIU.

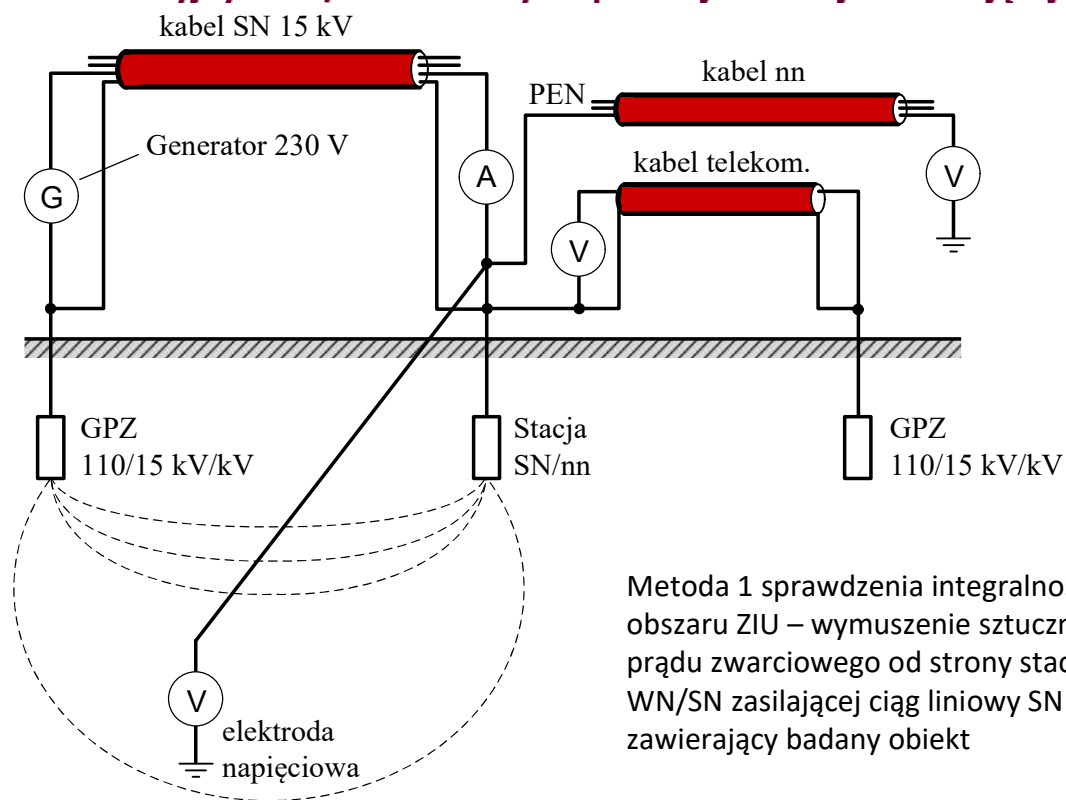
Natomiast, szczególnie podczas badań odbiorczych, może się okazać konieczne sprawdzenie, czy obszar ZIU nie uległ dezintegracji oraz czy obiekt można zaliczyć do obiektów usytuowanych w tym obszarze. W tym celu należy przeprowadzić badania specjalne, polegające na pomiarze napięć dotykowych w obiekcie przy obwodzie wymuszającym prąd pomiarowy wychodzącym poza ten obszar.

Wymaga to zastosowania technik zbliżonych do pomiarów napięć dotykowych w obiektach WN.

Omawiany dokument dot. ochrony przed porażeniem zaleca zastosowanie jednej z dwóch metod sprawdzenia przynależności obiektu stacyjnego do obszaru ZIU:

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

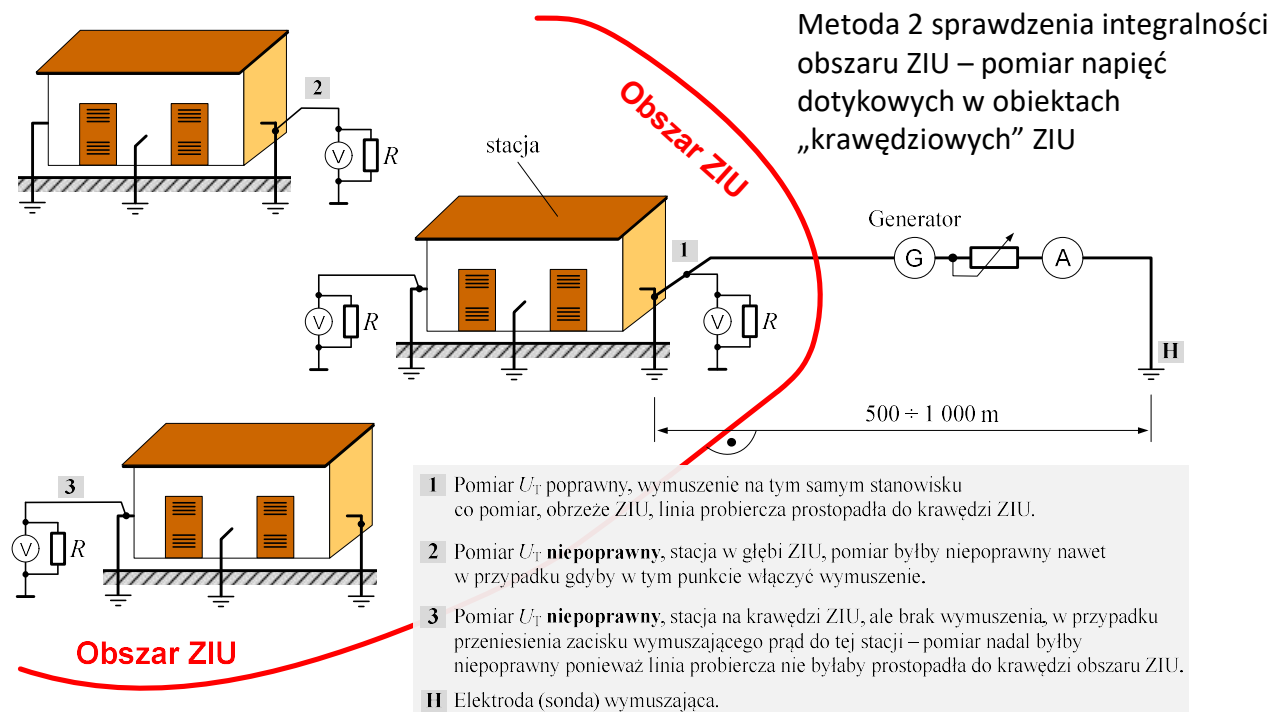
Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – obszary zespolonej instalacji uziemiającej



Metoda 1 sprawdzenia integralności obszaru ZIU – wymuszenie sztucznego prądu zwarciego od strony stacji WN/SN zasilającej ciąg liniowy SN zawierający badany obiekt

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – techniki pomiarowe

Techniki pomiarowe stosowane przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN/nn – obszary zespolonej instalacji uziemiającej



Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – ocena wyników pomiarów

Przeliczanie surowych wyników pomiarów na warunki rzeczywiste

Uwzględnienie konfiguracji uziomu, pogody w dniu pomiaru i wilgotności gruntu

$$R_B = k_R \cdot R_{BM} \quad (R_E = k_R \cdot R_{EM}, R_S = k_R \cdot R_{SM}, \rho = k_R \cdot \rho_M)$$

Rodzaj uziomu	Rozmiar uziomu	Rezystywność gruntu ($\Omega \cdot m$)	Współczynnik k_R		
			grunt w czasie pomiarów		
			suchy ¹⁾	wilgotny ²⁾	mokry ³⁾
Uziom poziomy $0,6 \div 1 \text{ m}$ ⁴⁾	$l < 30 \text{ m}$	dowolna	1,4	2,2	3,0
Uziom poziomy $> 1 \text{ m}$ ⁵⁾	$l < 30 \text{ m}$	dowolna	rys. Z1.17 i Z1.18		
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.

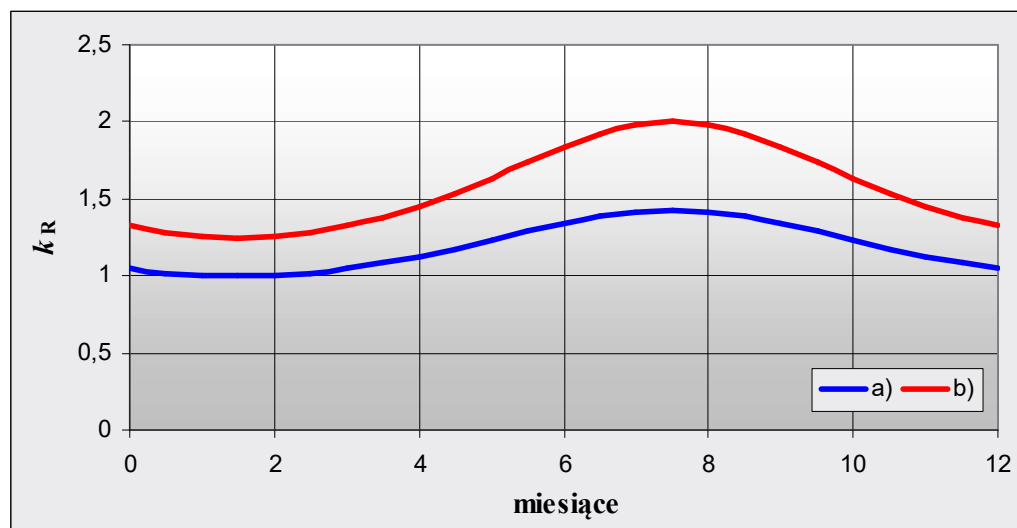
³⁾ W okresie trzech dni po długotrwałych opadach lub stopieniu się śniegu.

⁴⁾ Głębokość ułożenia uziomu od 0,6 do 1 m.

⁵⁾ Głębokość ułożenia uziomu głębiej niż 1 m.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – ocena wyników pomiarów

Uwzględnienie konfiguracji uziomu, pogody w dniu pomiaru i wilgotności gruntu dla uziomów poziomych o głębokości >1m



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

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – ocena wyników pomiarów

Uwzględnienie rzeczywistych prądów uziomowych w stosunku do prądów pomiarowych (probierczych) w miejscu pomiaru – dotyczy napięć dotykowych oraz napięć uziomowych

$$U_T = k_R \cdot U_{TM} \cdot I_E / I_{EM}, \text{ albo } U_{ST} = k_R \cdot U_{STM} \cdot I_E / I_{EM}$$

gdzie:

k_R – współczynnik uwzględniający wilgotność gruntu (tabela Z1.3),

U_{TM} – zmierzone napięcie dotykowe rażeniowe,

U_{STM} – zmierzone napięcie dotykowe spodziewane,

I_E – rzeczywisty (czyli płynący przy rzeczywistym doziemieniu) prąd uziomowy,

I_{EM} – probierczy (czyli płynący podczas pomiaru) prąd uziomowy (w razie wykorzystania jako przewodu pomiarowego łączącego sondę prądową z układem pomiarowym linii nn (z przewodem PEN) należy uwzględnić jej współczynnik redukcyjny przy wyznaczaniu prądu I_{EM}).

UWAGA! W przypadku obiektów SN oraz nn przy przeliczaniu napięć dotykowych na wartości rzeczywiste należy uwzględnić współczynnik k_R ze względu m.in. na to, że dominującą składową impedancji uziemienia w tych obiektach jest rezystancja (składowa czynna).

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych SN i nn – obiekty stacyjne – ocena wyników pomiarów

Sprawdzenie warunków kryterialnych wg wytycznych (kryteria przykładowe):

Instalacja potrzeb własnych parametr	Warunek	Kryterium
R _{izol}	$R_{izol} \geq R_{izoldop}$	R _{izoldop} wg tabeli
Z _{pf}	$Z_{pfM} \leq Z_{pfdop}$	$Z_{pfdop} = U_0 / I_a$
Instalacja uziemiająca parametr	Warunek	Kryterium
U _E	$U_E = R_E I_E$ lub $U_E = R_B I_E$	$U_E \leq 2U_{Tp}$
U _E	j.w. lecz są środki M	$U_E \leq 4U_{Tp}$
U _T	$U_T \leq U_{Tp}$	U _{Tp} zależne od t _f (tabele)
Oddziaływanie na sieć nn	Warunek	Kryterium
U _E	$U_E \leq U_F$	U _F zależne od t _f (tabele)
R _B	$R_B \leq R_F \cdot 50 / (U_0 - 50)$	$R_F = 10 \Omega$
Ciągłość przewodów uziemiających	Wynik pomiaru R lub wynik oględzin pozytywny	Wynik pomiaru $R \leq 30 \Omega$

R_{izol} – rezystancja izolacji, Z_{pf} – impedancja pętli zwarcia, U_E – napięcie uziomowe, U_{Tp} – dopuszczalne napięcie dotykowe rażeniowe, U_F – dop. napięcie uszkodzeniowe w sieci nn, R_B - rezystancja wypadkowa połączonych układów uziemiających stacji i sieci nn

Uwaga! Nie zapominamy o **ogłędzinach!**

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn

Klasyfikacja i omówienie metod pomiarowych przydatnych przy sprawdzaniu ochrony przed porażeniem w liniach nn

Jakie rodzaje badań są konieczne do sprawdzenia stanu ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn?

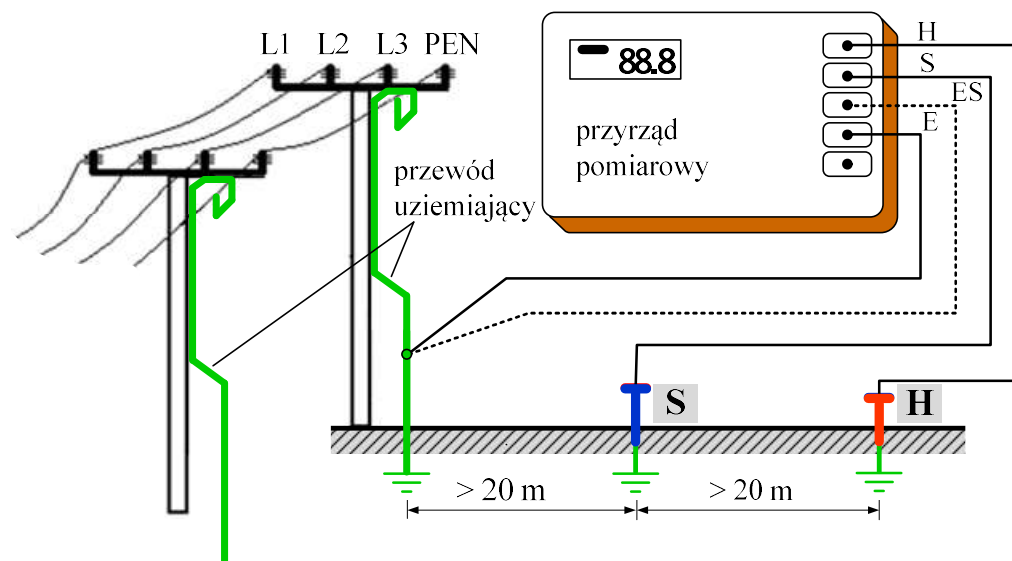
- badanie środków ochrony podstawowej: oględziny;
- badanie środków ochrony przy uszkodzeniu: oględziny, pomiar rezystancji uziemienia konstrukcji wsporczej, złącza kablowego (układu uziemiającego i/lub wypadkowej rezystancji kilku układów uziemiających połączonych ze sobą), sprawdzenie ciągłości przewodów uziemiających, sprawdzenie możliwości przywleczenia potencjału z obiektów stacyjnych poprzez różnego rodzaju części przewodzące, sprawdzenie warunku utrzymania potencjału przewodu PEN zbliżonego do potencjału ziemi przy zwarcu z pominięciem przewodu PEN;
- sprawdzenie rezystancji specjalnych (rezystancja układu uziemiającego „końca” linii) oraz rezystancji uziemień konstrukcji wsporczych wzdłuż linii wymagane np. normą N-SEP -001);
- pomiar impedancji pętli zwarcia obwodu rozdzielczego.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych – klasyfikacja metod pomiarowych

Które metody pomiarowe są przydatne przy badaniach ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn

- a) pomiar impedancji pętli zwarcia dla każdego obwodu dedykowanym miernikiem metodą wielkoprądową (impuls prądowy);
- b) pomiary rezystancji uziemień:
 - metoda „3p” pomiaru rezystancji uziemienia (małoprądowa), cel – uzyskanie informacji o wartości rezystancji wypadkowej R_B układu uziemiającego (sieć TN po stronie nn) lub wartości rezystancji układu uziemiającego tylko danego obiektu liniowego R_E (np. uziemienie słupa z ogranicznikiem przepięć lub łącznikiem – sieć TT po stronie nn)
 - metody „cęgowe” pomiaru rezystancji uziemienia, cel – uzyskanie informacji o wartościach R_{Bi} obiektów liniowych (słupów, złącz kablowych), uzyskanie informacji o ciągłości przewodów uziemiających

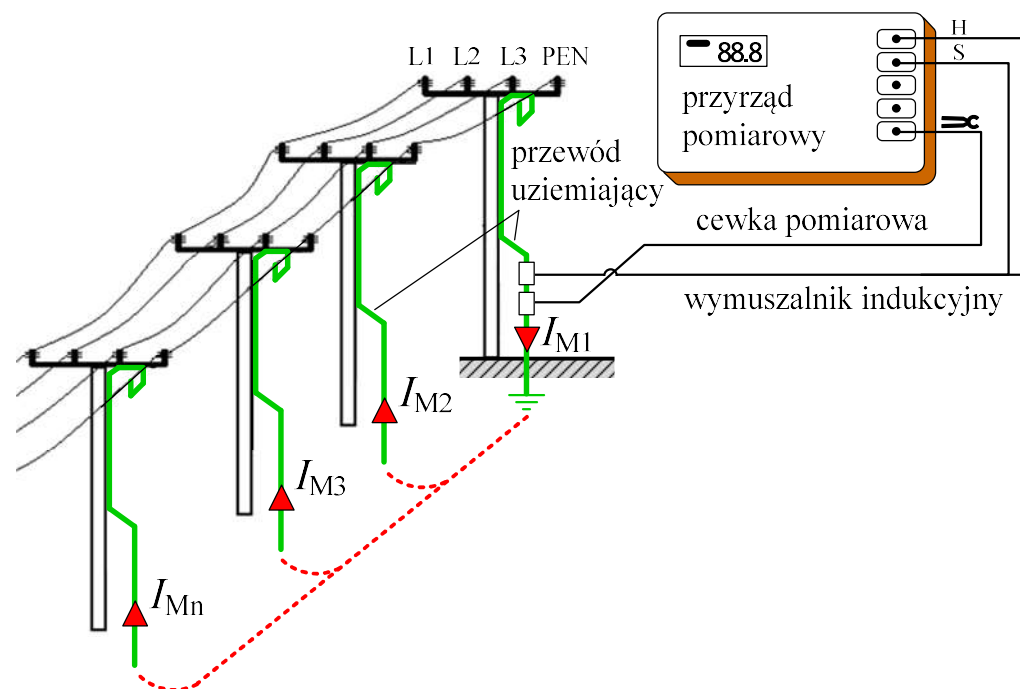
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn – techniki pomiarowe



Pomiar rezystancji wypadkowej układów uziemiających w linii nn metodą „3p” lub „4p”.

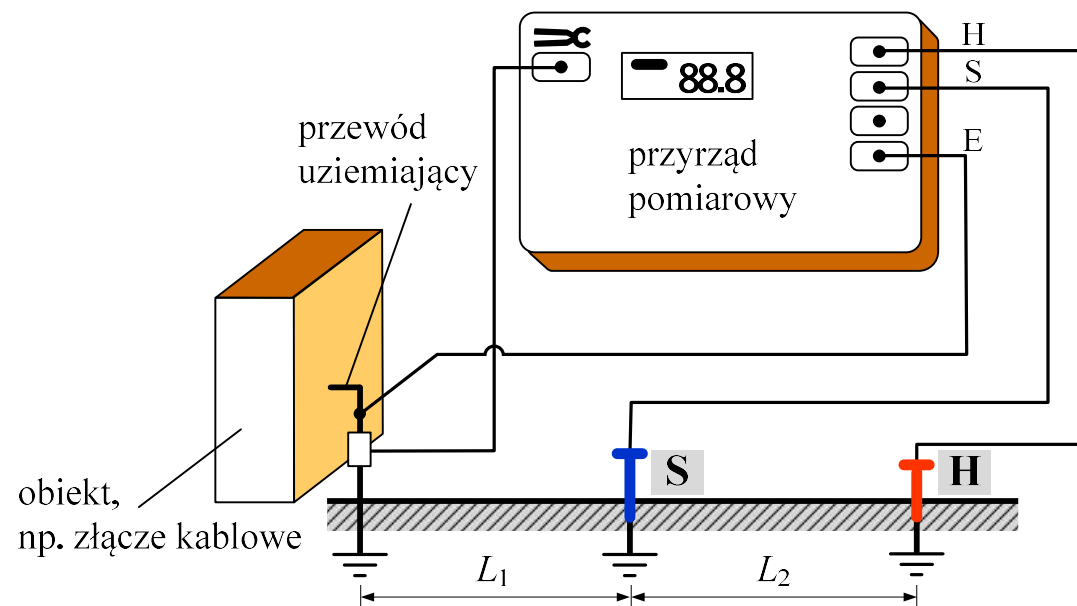
Wyznaczanie strefy potencjału zerowego jest konieczne.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn – techniki pomiarowe



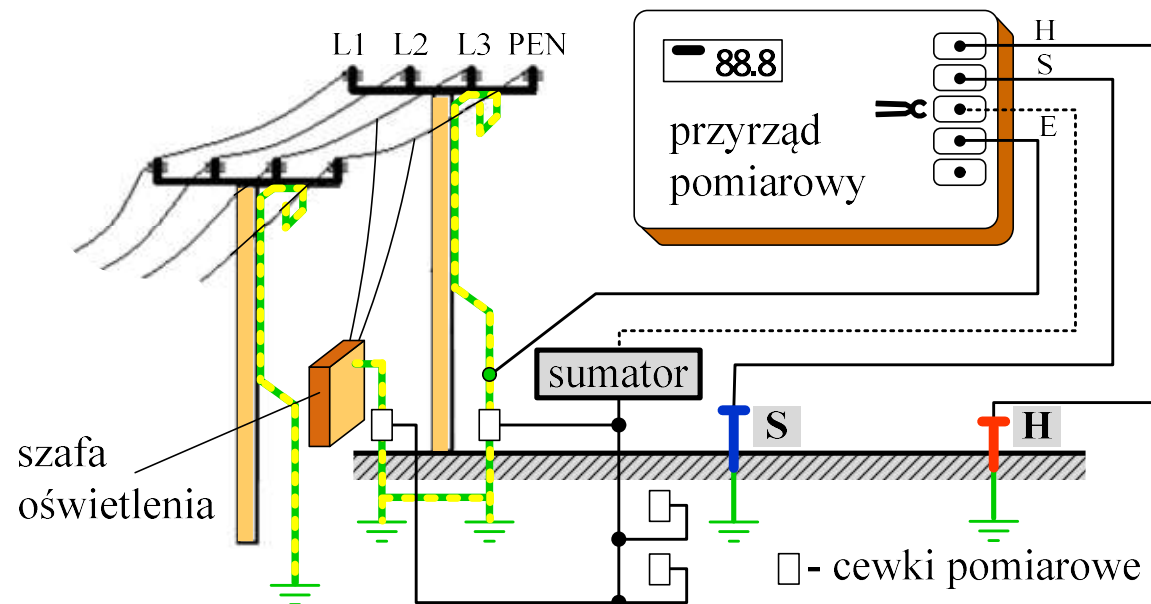
Wykorzystanie metody „dwucęgowej” do pomiaru rezystancji uziemienia pojedynczego słupa w sieci nn pracującej w układzie TN. Metoda nie nadaje się dla sieci TT

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn – techniki pomiarowe



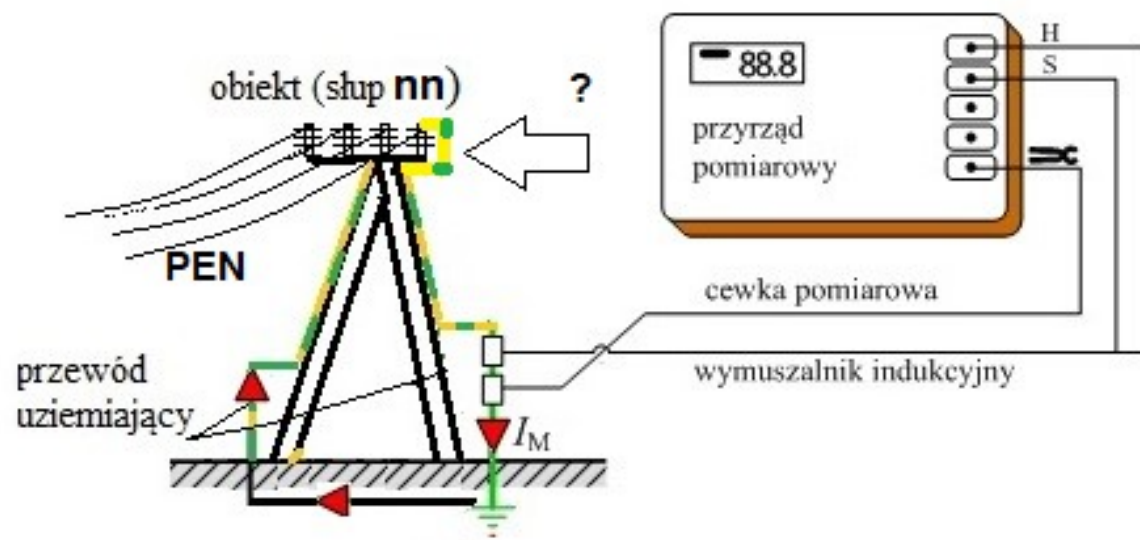
Wykorzystanie metody „jednocęgowej” do pomiaru rezystancji uziemienia pojedynczego słupa w sieci nn pracującej w układzie TN lub TT i jednoczesnej kontroli ciągłości przewodu uziemiającego w stronę ziemi. Warunek poprawnego pomiaru R_{Bi} : obiekt posiada tylko jeden przewód uziemiający i brak jest pętli metalicznej pomiędzy uziomem a przewodem PEN (np. bednarka łącząca wszystkie uziomy złącz kablowych)

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn – techniki pomiarowe



Wykorzystanie metody „wielocęgowej” do pomiaru rezystancji uziemienia pojedynczego słupa w sieci nn pracującej w układzie TN gdy zachodzi obawa istnienia pętli metalicznej pomiędzy uziomem a przewodem PEN (np. bednarka łącząca wszystkie uziomy szafy oświetleniowej i słupa). Istnienie pętli można wykryć, stosując metodę „dwucęgową” pomiaru rezystancji uziemienia. Jeśli nie dysponuje się miernikiem realizującym metodę „wielocęgową”, a pętla istnieje, jedyną możliwością uzyskania poprawnych wyników jest wyłączenie napięcia i rozpięcie złącz kontrolnych uziemienia, a następnie pomiar metodą „3p”.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn – techniki pomiarowe



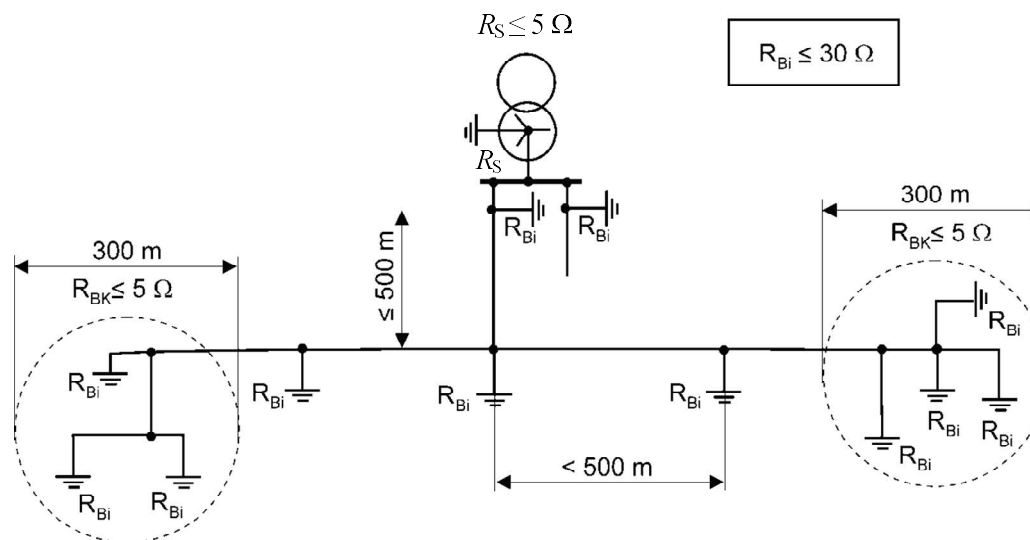
Metoda dwucęgowa, użyta do kontroli ciągłości przewodu uziemiającego słupa wielokrotnego linii nn pracującej w układzie TN nie daje pewności, czy układ uziemiający słupa jest skutecznie połączony z przewodem PEN

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn – techniki pomiarowe

Pomiar impedancji pętli zwarcia powinien być przeprowadzany na końcu każdego obwodu nn, odgałęzienia oraz w miejscach zainstalowania zabezpieczeń wzdłużnych.

Pomiar rezystancji wypadkowej uziemienia „początku” linii przeprowadzany jest jak dla pomiarów w obiektach stacyjnych (pomiar R_S) – można zamiast przeprowadzać ten pomiar uzyskać informacje o wartości R_S na podstawie protokołu z pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiekcie stacyjnym (o ile R_S było mierzone).

Rezystencję układu uziemiającego „końca” linii nn można oszacować, przy założeniu, że uziomy słupów (złącz) umieszczonych w kole o średnicy 300m, zawierającym koniec linii, są niezależne.



Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych nn – ocena wyników pomiarów i skuteczności ochrony p. poraż.

Sprawdzenie warunków kryterialnych wg wytycznych (kryteria przykładowe):

Instalacja uziemiająca wypadkowa - parametr	Warunek	Kryterium
R_B	$R_B \leq U_F / I_E$	U_F, I_E – z danych pomiarowych na stacji zasil.
R_B	$R_B \leq R_F \cdot 50 / (U_0 - 50)$	$R_F = 10 \Omega$
Instalacja uziemiająca obiektu - parametr	Warunek	Kryterium
R_{Bi}	$R_{Bi} \leq R_{Bidop}$	$R_{Bidop} = 30 \Omega$
Instalacja uziemiająca „końca” linii - parametr	Warunek	Kryterium
R_{BK}	$R_{BK} \leq R_{BKdop}$	$R_{BKdop} \leq 5 \Omega$
Impedancja pętli zwarcia - parametr	Warunek	Kryterium
Z_{pf}	$Z_{pfM} \leq Z_{pfdop}$	Prąd zwarcia $\geq 2I_{BN}$ (2x prąd wkładki bezp.)
Ciągłość przewodów uziemiających	Wynik pomiaru R lub wynik ogłędzin pozytywny	Wynik pomiaru $R \leq 30 \Omega$

Uwaga! Nie zapominamy o **ogłędzinach!** Wartości R przed porównaniem z kryterium przelicza się przez współczynniki k_R (z wyjątkiem sprawdzeń ciągłości przewodów uziem.)

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w liniach SN

Klasyfikacja i omówienie metod pomiarowych przydatnych przy sprawdzaniu ochrony przed porażeniem w liniach SN i liniach dwunapięciowych SN/nn

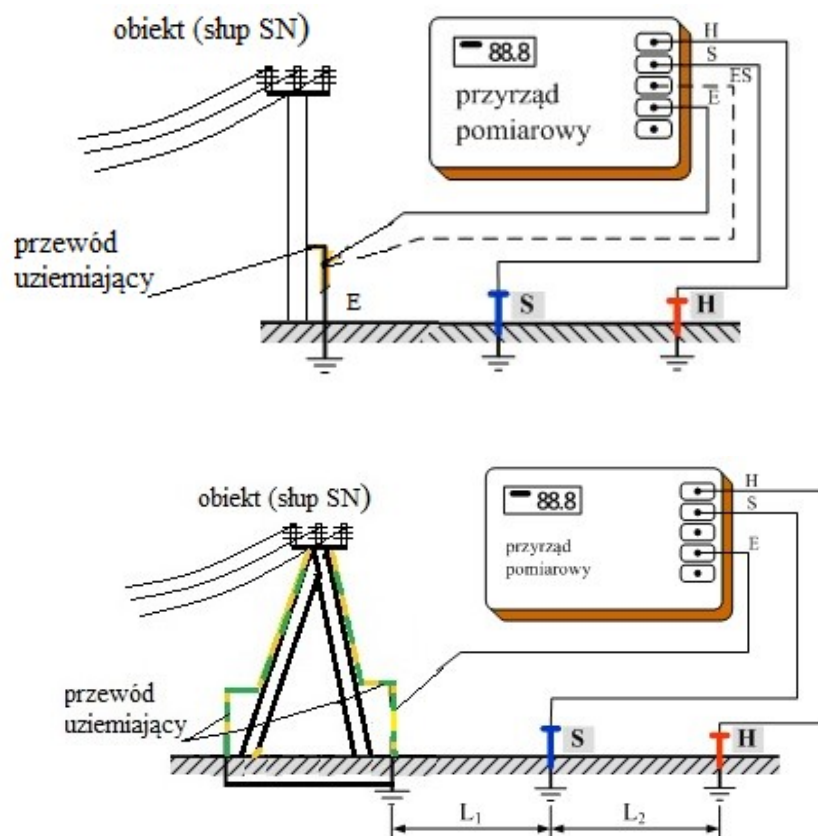
Jakie rodzaje badań są konieczne do sprawdzenia stanu ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych SN?

-badanie środków ochrony podstawowej: oględziny;

-badanie środków ochrony przy uszkodzeniu: oględziny, pomiar rezystancji uziemienia (układu uziemiającego), sprawdzenie ciągłości przewodów uziemiających, sprawdzenie możliwości wyniesienia potencjału z linii SN do nn jeśli uziemienie konstrukcji wsporczej jest wspólne dla obu napięć, pomiar napięć dotykowych.

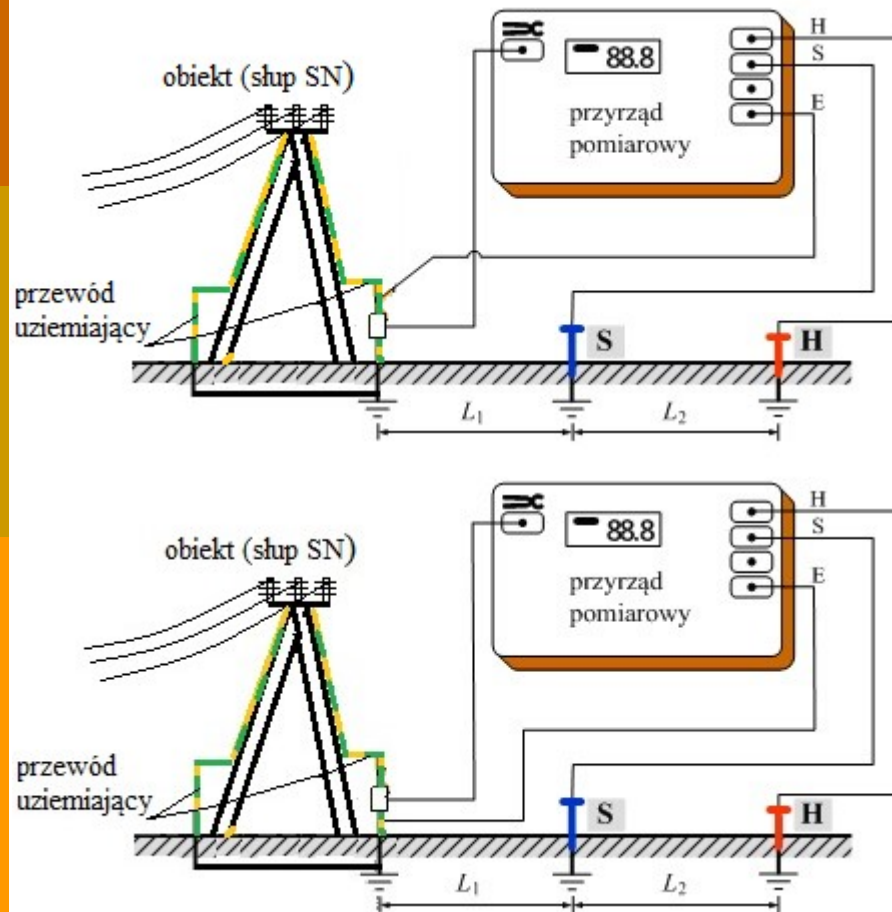
Zatem konieczne jest wykorzystanie metod pomiaru rezystancji uziemień (metoda „3p” oraz niektóre metody „cęgowe”), pomiaru napięć dotykowych oraz metod

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych SN – techniki pomiarowe



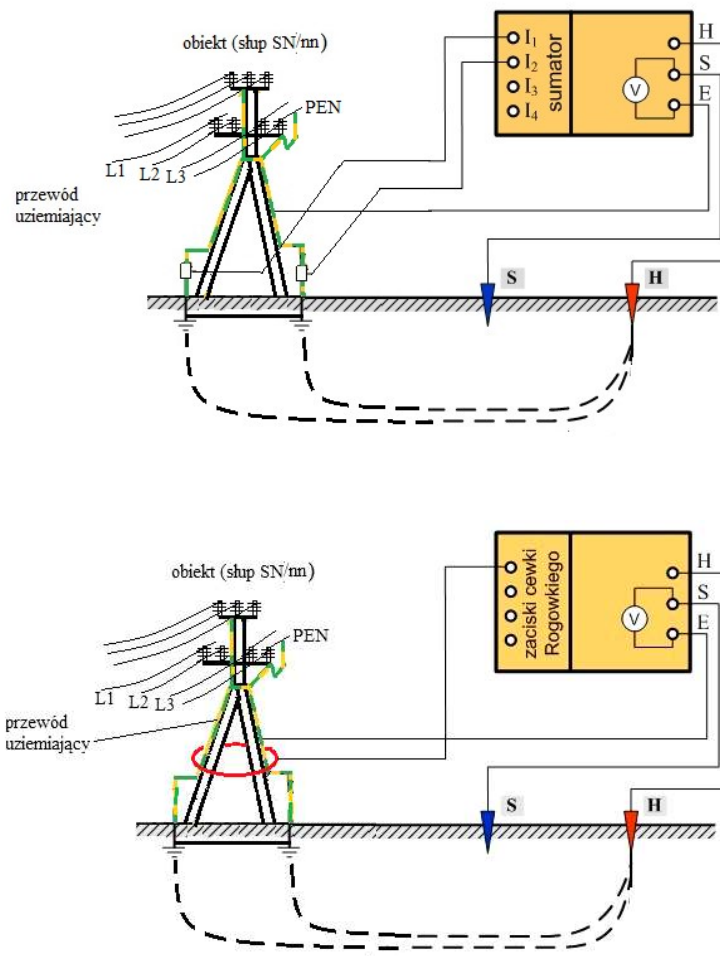
Realizacja pomiaru rezystancji uziemienia metodą „3p” przy słupach SN pojedynczych i wielokrotnych. Wyznaczanie strefy zerowego potencjału jest konieczne.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych SN – techniki pomiarowe



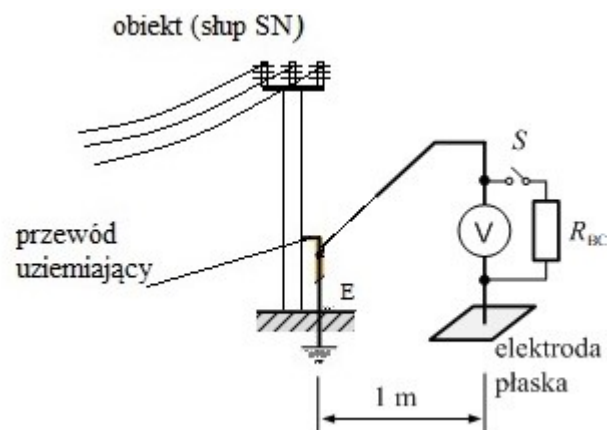
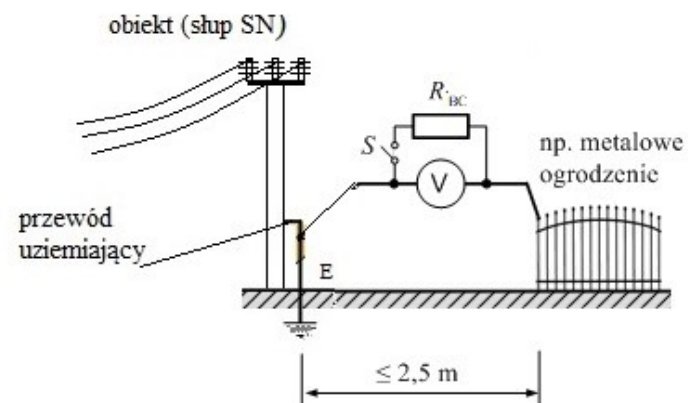
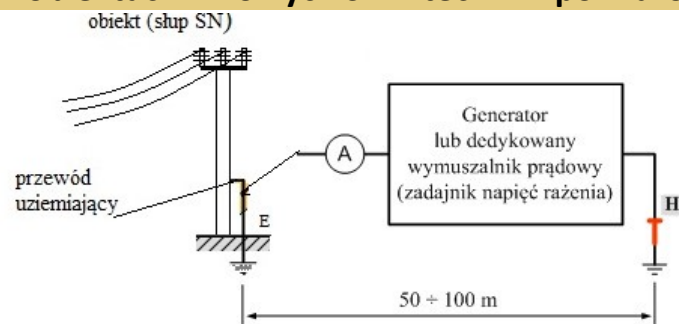
Metoda „jednocęgowa” sprawdza się przy pomiarach ciągłości przewodów uziemiających słupów wielokrotnych SN, nie daje jednak pewności co do połączenia poprzecznika słupa z przewodem uziemiającym. Taka sama wątpliwość występuje przy użyciu metody dwucęgowej, stąd przy słupach SN bardzo ważne są oględziny.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych SN – techniki pomiarowe



Metoda „wielocęgowa” i metoda z użyciem cewki Rogowskiego sprawdzają się przy pomiarach rezystancji uziemień przy słupach linii dwunapięciowych SN/nn o wspólnym uziemieniu. Użycie tych metod nie zwalnia z pomiaru metodą „3p” ponieważ do celów sprawdzenia ochrony potrzebna jest także wartość rezystancji uziemienia R_B linii niskiego napięcia.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych SN – techniki pomiarowe



Pomiar napięć dotykowych jest identyczny jak dla obiektów stacyjnych

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych SN – ocena wyników pomiarów

Sprawdzenie warunków kryterialnych wg wytycznych (kryteria przykładowe):

Instalacja uziemiająca wypadkowa - parametr	Warunek	Kryterium
R_B TYLKO DLA LINII DWUNAPIĘCIOWYCH !!	$R_B \leq R_{Bdop}$	$R_B \leq 2,78 \Omega$
R_B TYLKO DLA LINII DWUNAPIĘCIOWYCH !!	$R_B \leq U_F/I_E$	U_F, I_E – z danych pomiarowych na stacji zasil.
Instalacja uziemiająca obiektu- słupa - parametr	Warunek	Kryterium
R_E	$R_E \leq R_{Edop}$	$R_{Edop} = 2U_D(t_F)/I_E$ albo $R_{Edop} = 4U_{D1}(t_F)/I_E$
Napięcie dotykowe	Warunek	Kryterium
U_T	$U_T \leq U_{D1}$	U_{D1} z tabel dla odpowiedniego t_F
Ciągłość przewodów uziemiających	Wynik pomiaru R lub wynik ogłędzin pozytywny	Wynik pomiaru $R \leq 30 \Omega$

Uwaga! Ogłędziny pełnią kluczową rolę przy badaniach ochrony przed porażeniem przy słupach SN, ponieważ stwierdzenie ciągłości przewodu uziemiającego (połączenie z porzecznikiem słupa) w inny sposób jest często niemożliwe.

Zarówno przy pomiarach R, jak i napięć dotykowych obowiązuje przeliczanie wielkości przez współczynniki k_R .

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych SN – ocena wyników pomiarów

Dziękuję za uwagę