



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 2. Badania ochrony w liniach i stacjach WN i NN

dr inż Miroslaw Kielbon

Program prezentacji:

1. Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych WN i NN
 - a) omówienie „wielkoprądowych” metod pomiaru napięć dotykowych i rezystancji uziemienia
 - b) zasady lokalizacji stanowisk pomiarowych
 - c) interpretacja wyników pomiarów i ocena skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych WN

Program prezentacji cd.:

2. Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych WN (słupy WN i NN)

- a) różnice pomiarowych metod wielkoprądowych używanych przy badaniach obiektów stacyjnych i liniowych WN;
- b) przydatność małoprądowych metod pomiarów rezystancji uziemień i ich wariantów do badań skuteczności ochrony przed porażeniem przy słupach WN i NN;
- c) interpretacja i ocena wyników pomiarów.

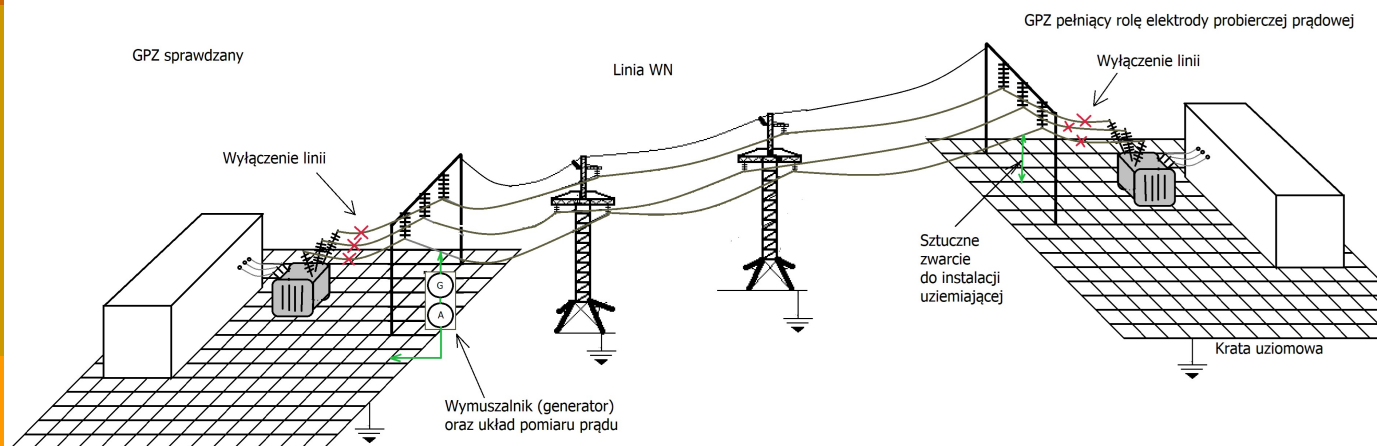
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych WN – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

Klasyfikacja i omówienie metod pomiarowych przydatnych przy pomiarach sprawdzających systemy ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych WN:

- pomiar napięć dotykowych (spodziewanych i rażeniowych);
- sprawdzanie ciągłości przewodów uziemiających;
- pomiar impedancji pętli zwarcia i rezystancji izolacji w instalacjach potrzeb własnych;
- pomiar impedancji uziemienia lub pełnego napięcia uziomowego obiektu jako szczególny przypadek pomiarowy;
- pomiary sprawdzające spójność kraty uziomowej.

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

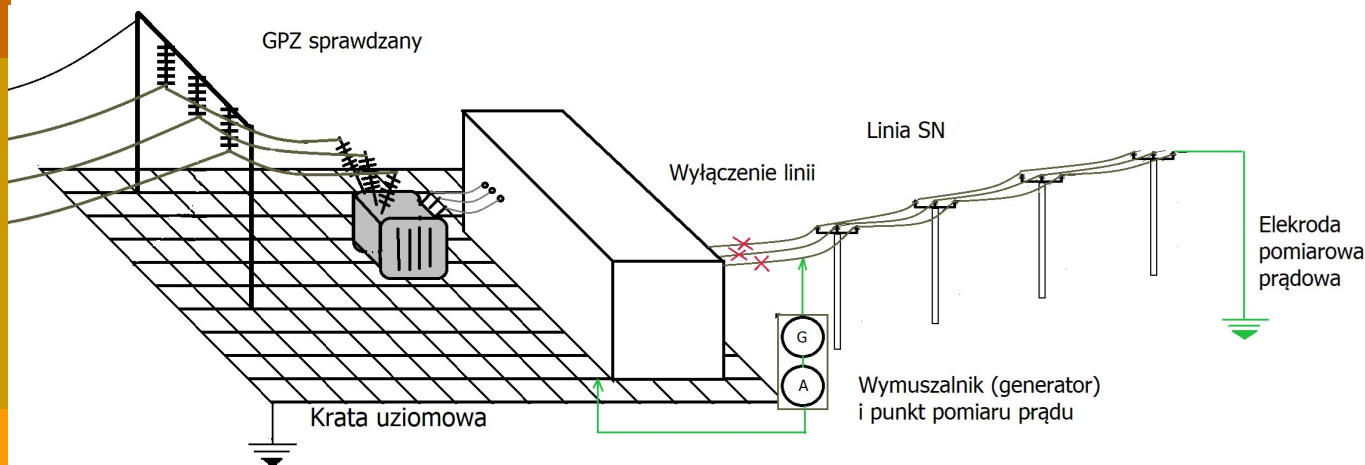
Pomiar napięć dotykowych metodą wielkoprądową-obwody wymuszenia w praktyce:



Obwód wymuszenia typu „a” – najczęściej stosowany; elektrodę prądową odległą stanowi układ uziemiający sąsiedniej stacji WN/SN, a przewód pomiarowy – przewód fazowy uprzednio wyłączonej spod napięcia linii WN. Generator i układ pomiaru prądu umieszcza się w stacji badanej; trudność pomiaru polega na tym, że tylko część prądu wymuszenia przepływa przez układ uziemiający stacji i do poprawnego szacowania prądu uziomowego pomiarowego niezbędna jest znajomość współczynnika redukcyjnego linii WN.

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

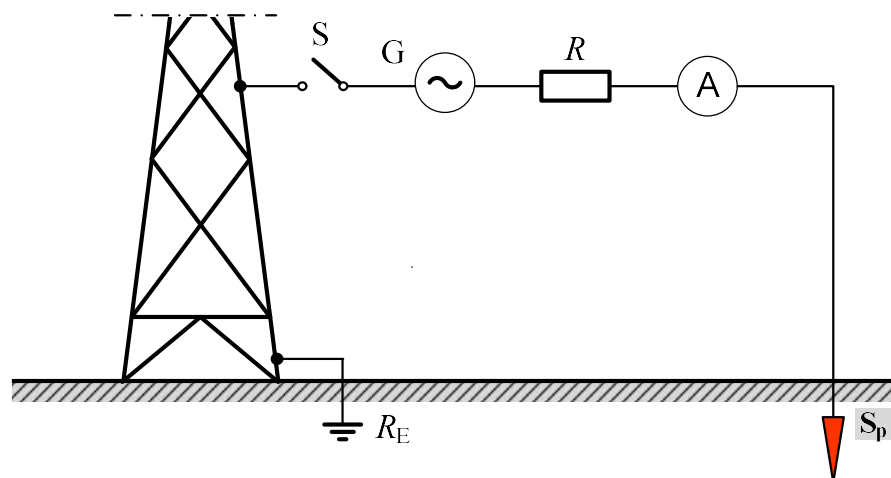
Pomiar napięć dotykowych metodą wieloprądową-obwody wymuszenia w praktyce:



Obwód wymuszenia typu „b” - elektrodę prądową odległą stanowi elektroda sztuczna wbita w grunt (najczęściej kilka prętów) lub układ uziemiający stacji SN/nn (rzadko ze względu na możliwość wyniesienia potencjału pomiarowego do sieci nn), a przewód pomiarowy – przewód fazowy uprzednio wyłączony spod napięcia linii SN. Generator i układ pomiaru prądu umieszcza się w stacji badanej; współczynnik redukcyjny linii pomiarowej wynosi 1, ale pojawiają się trudności z uzyskaniem odpowiednio wysokiej wartości prądu pomiarowego.

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

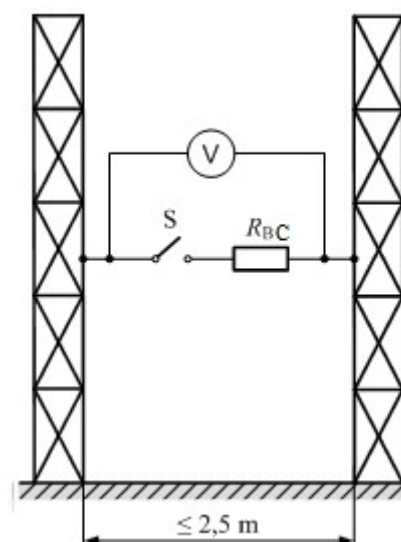
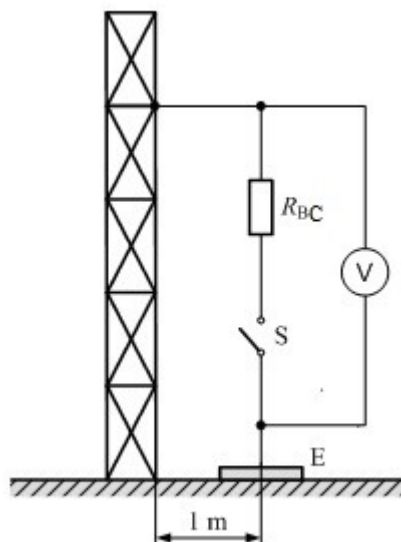
Pomiar napięć dotykowych metodą wielkoprądową-obwody wymuszenia w praktyce:



Obwód wymuszenia typu „c” - elektrodę prądową odległą stanowi elektroda sztuczna wbita w grunt (najczęściej kilka prętów), a przewód pomiarowy rozwijany jest ze spuli; wymuszenie odpowiedniej wartości prądu pomiarowego jest trudne oraz występują dodatkowe ograniczenia związane z długością tej linii, układ mimo to stosowany do wymuszania prądu przy pomiarach napięć dotykowych przy słupach WN przy zastosowaniu specjalnych, dedykowanych mierników.

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

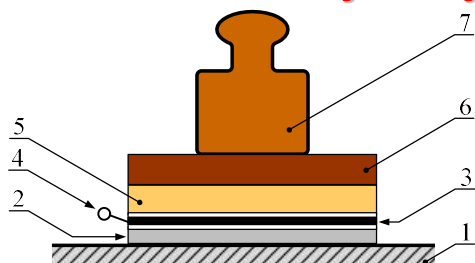
Pomiar napięć dotykowych metodą wielkoprądową-obwody pomiarowe w praktyce:



Obwody pomiarowe do badania napięć dotykowych spodziewanych (łącznik S otwarty) lub rażeniowych (łącznik S zamknięty) w obiektach WN, elektroda E powinna mieć budowę specjalną, ale w pewnych warunkach dopuszczalne są uproszczenia

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

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



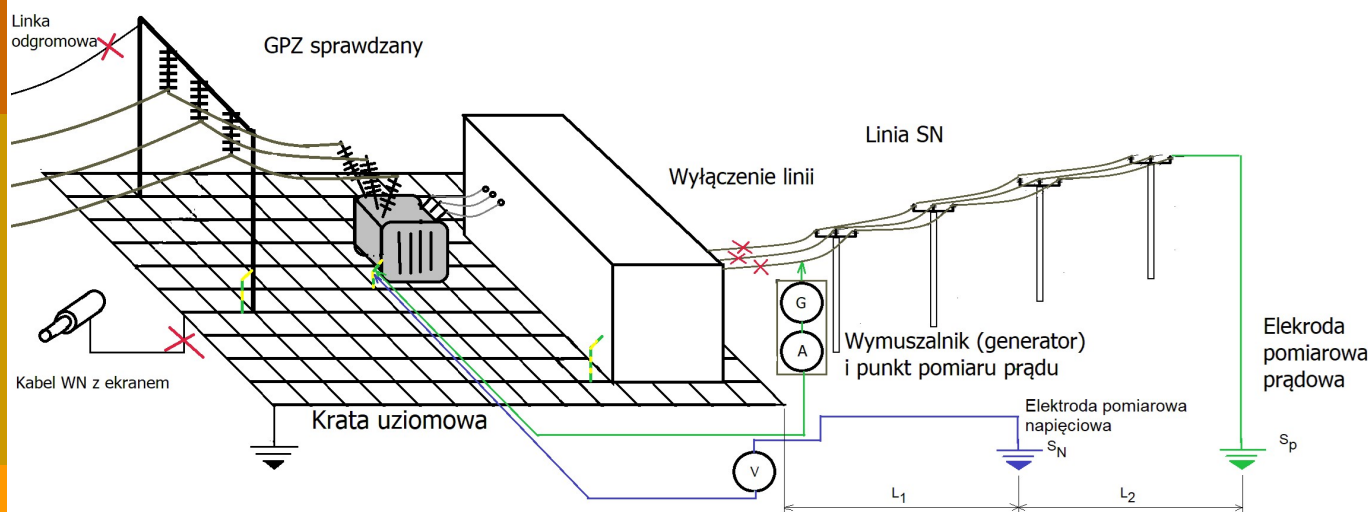
1– stanowisko, 2 – guma przewodząca, 3 – folia metalowa, 4 – zacisk elektrody, 5 – filc, 6 – płyta izolacyjna, 7 – obciążenie.

W praktyce, w zależności od stanowiska używa się elektrod uproszczonych, na ogół zwiększających błąd pomiarowy w sposób powodujący zaostrożenie 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 WN i NN – podstawowe metody pomiarowe i ich idea

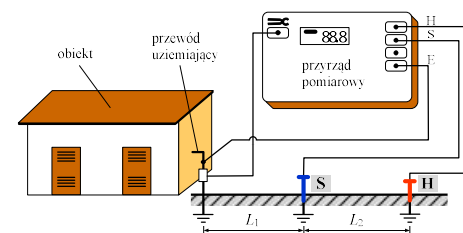
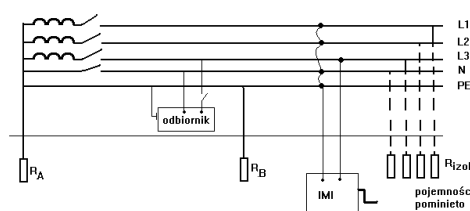
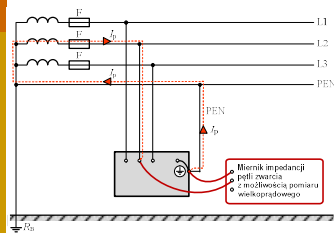
Pomiary napięć uziomowych lub impedancji uziemienia



Celem zastosowania tej metody jest uzyskanie informacji o wartości napięcia uziomowego lub impedancji uziemienia. Informacja ta wykorzystywana jest do sprawdzenia zgodności projektu instalacji uziemiającej ze stanem faktycznym podczas badań eksploatacyjnych oraz do wyznaczenia bezpiecznej odległości od stacji WN, w której na częściach przewodzących obcych nie będzie się pojawiał niebezpieczny potencjał wynikający z krzywej rozkładu potencjału podczas odprowadzania prądu zakłóceniegowego do ziemi poprzez układ uziemiający stacji. Wartości Z_E lub U_E nie decydują o skuteczności ochrony przed porażeniem, ponieważ w praktyce zawsze przekraczają wartości dopuszczalne.

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

Czy małąprądowe metody pomiaru np. rezystancji uziemienia mają znaczenie przy badaniu ochrony przed porażeniem w obiektach WN?



Jest wiele pomiarów pomocniczych, przy których te metody są wykorzystywane w stacjach WN:

- pomiar w instalacjach potrzeb własnych (rezystancja izolacji, impedancja pętli zwarcia);
- sprawdzanie ciągłości przewodów uziemiających (przede wszystkim metody cęgowe);
- sprawdzanie spójności kraty uziomowej w stacji WN/SN (specjalna odmiana metody „2p”, czyli pomiar rezystancji pomiędzy dwoma punktami).

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

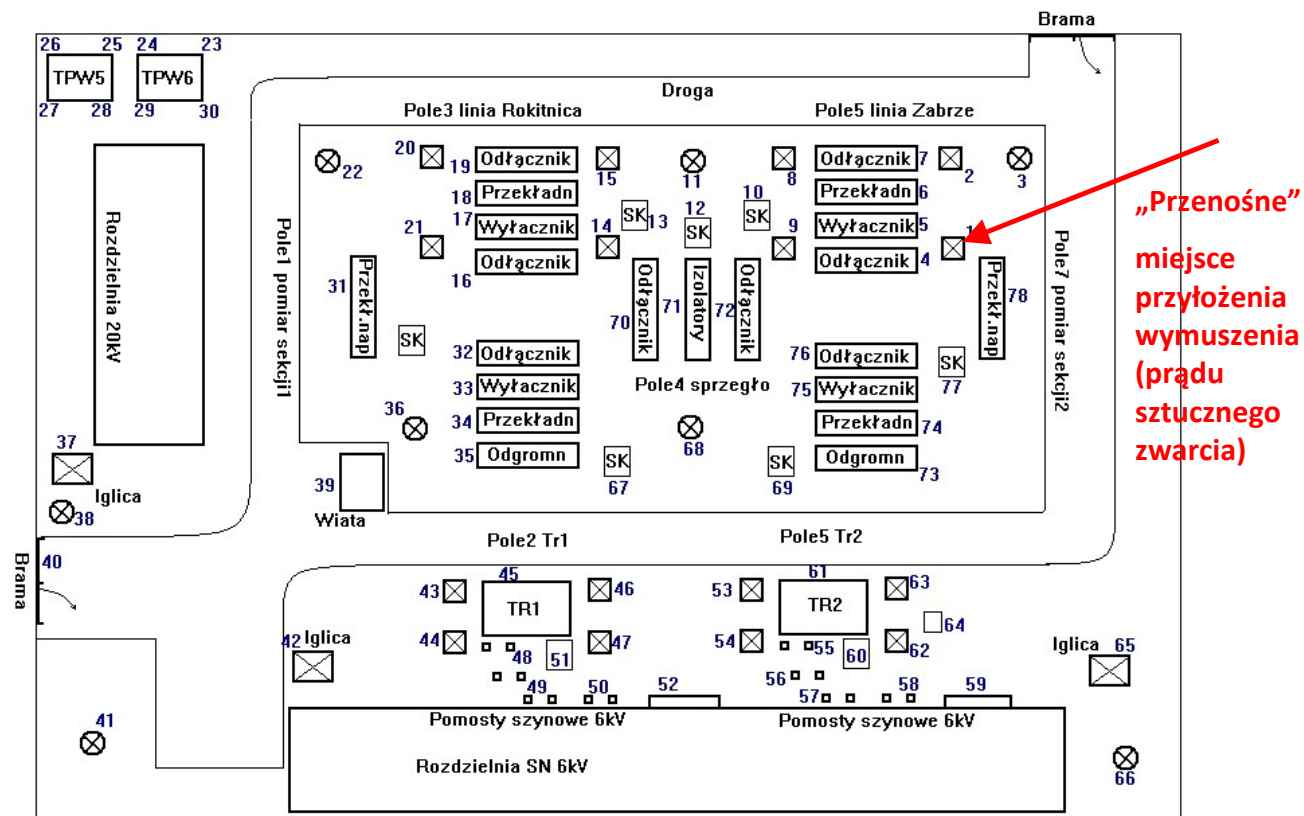
Czy w obiektach WN przeliczanie zmierzonych wielkości przez współczynniki uwzględniające konfigurację uziomu, pogodę i wilgotność gruntu jest niezbędne?

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.

Zależy to od charakteru pomiaru i rodzaju badań. W przypadku badań eksploatacyjnych, przeprowadzanych przy połączonych układach uziemiających stacji, linii WN (zaciski kontrolne układu uziemiającego połączone), wpływ składowej biernej impedancji uziemienia na wynik jest tak duży, że zmiany sezonowe składowej czynnej mają na ostateczny wynik znikomy wpływ i wówczas współczynników k_R nie uwzględnia się. Natomiast przy pomiarach odbiorczych, przy rozłączonych zaciskach układu uziemiającego współczynniki te należy uwzględniać.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych WN i NN – zasady lokalizacji stanowisk pomiarowych



Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach stacyjnych WN i NN – zasady lokalizacji stanowisk pomiarowych

Ogólne zasady lokowania stanowisk pomiarowych:

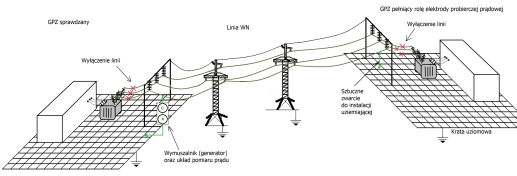
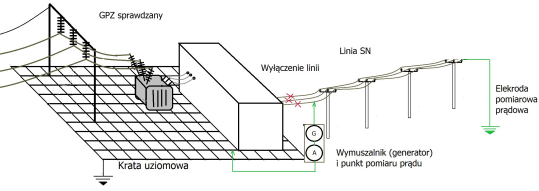
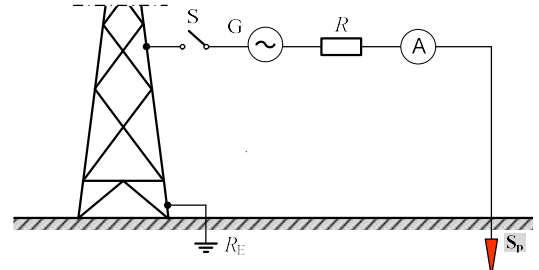
1. Oczywiście jest, że napięcia dotykowe rażeniowe powinny być zmierzone w każdym miejscu, w którym zachodzi ryzyko dotknięcia części przewodzącej obcej mogącej znaleźć się pod napięciem podczas zakłóceń el. w stacji. W typowej stacji miejsc pomiaru napięć dotykowych może być nawet powyżej 100.
2. Punkt wymuszenia prądu pomiarowego powinien być przenoszony wraz ze zmianą stanowiska do pomiaru napięcia rażenia, ale nie każdorazowo. Ilość punktów do których przyłącza się zacisk wymuszający prąd pomiarowy powinna być ograniczona do tych miejsc, w których istnieje realne zagrożenie wystąpienia zakłócenia i powstania zwarcia doziemnego, np. jako skutek zerwania przewodu linii zasilającej. Wokół takiego miejsca należy wyznaczyć kilka stanowisk do pomiaru napięć dotykowych. w taki sposób, aby odległość danego stanowiska pomiarowego od miejsca, w którym przyłożono prąd wymuszający sztuczne zwarcie była jak najmniejsza. Jest to kompromis pomiędzy każdorazowym, pracochłonnym przeniesieniem punktu wymuszenia a uzyskaniem zafałszowanego wyniku ze względu na nierównomierny rozkład potencjału na kracie uziemiającej.

Interpretacja uzyskanych wyników pomiarowych i ocena skuteczności ochrony przed porażeniem w stacjach WN

1. Pomiar napięć dotykowych. W celu właściwej interpretacji wyniku należy napięcie dotykowe w danym punkcie stacji przeliczyć na warunki, jakie zapanowałyby podczas rzeczywistego doziemienia, wykorzystując informacje o rzeczywistym prądzie uziomowym w danym miejscu, współczynnikach redukcyjnych linii, a nawet rodzaju badań (odbiorcze-eksploatacyjne).
2. Wynoszenie potencjału ze stacji. Jeśli w pobliżu stacji WN/SN znajdują się np. budynki, należy sprawdzić, czy odległość od stacji nie jest mniejsza od dopuszczalnej. Jeśli jest, przed oceną ochrony przed porażeniem należy zmierzyć w tych obiektach napięcia dotykowe przy wymuszeniu prądu pomiarowego zadany na terenie stacji, możliwie blisko obiektu, co do którego zachodzi obawa, że może się on znaleźć w strefie oddziaływania doziemienia.
3. Badanie ciągłości przewodów uziemiających. Pomiaru dokonuje się jedną z metod małoprądowych pomiaru rezystancji uziemienia, często jest to metoda cęgowa. W odróżnieniu od pomiarów napięć dotykowych, wyniku nie przelicza się przez żadne współczynniki, pamiętając, że wynik nie stanowi wartości (nawet przybliżonej) rezystancji lub impedancji uziemienia. Przyjmuje się, że graniczną wartością do uznania lub nieuznania ciągłości przewodu uziemiającego w obiektach WN jest 10Ω .
4. Sprawdzenie spójności kraty uziomowej. Nie jest konieczne przeliczanie wyników przez współczynniki. Wynik traktuje się jako pozytywny, jeśli $R < 0,05 \Omega$.
5. Pomiary w instalacjach potrzeb własnych – kryteria oceny są takie jak w zwykłych instalacjach el.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych WN i NN

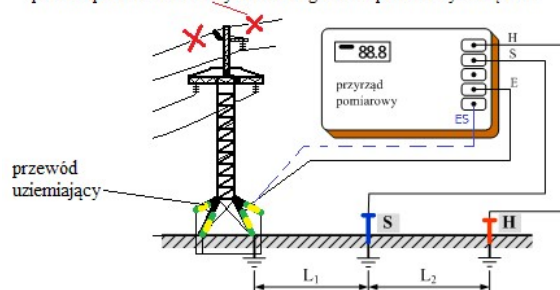
Różnice pomiarowych metod wielkopiędowych pomiaru skuteczności ochrony przed porażeniem używanych w stacjach i przy słupach WN

Metoda	Użycie przy słupach WN	Użycie w stacjach WN/SN
	Kłopotliwe	Zalecane
	Niemżliwe	Kłopotliwe
	Zalecane	Niemżliwe

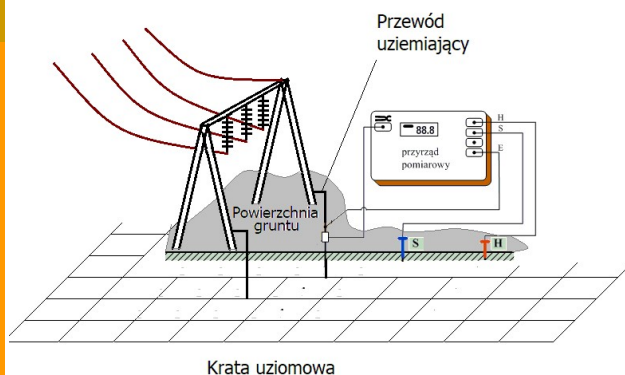
Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych WN i NN

Przydatność małoprądowych metod pomiaru rezystancji do sprawdzania ochrony przed porażeniem przy słupach WN

podczas pomiarów odbiorczych linka odgromowa powinna być odłączona



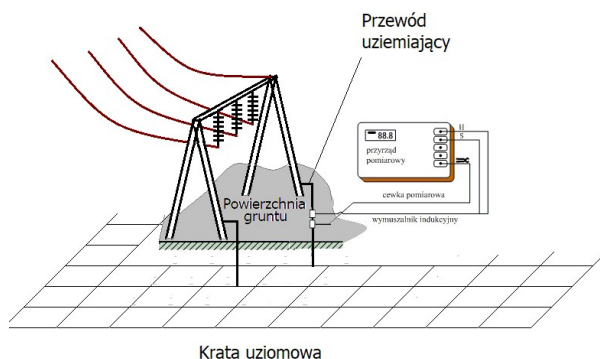
Małoprądowa metoda „3p” pomiaru rezystancji uziemienia - przy słupach WN może być użyta przy pomiarach odbiorczych dla słupów, które nie mają jeszcze podłączonych linek odgromowych;



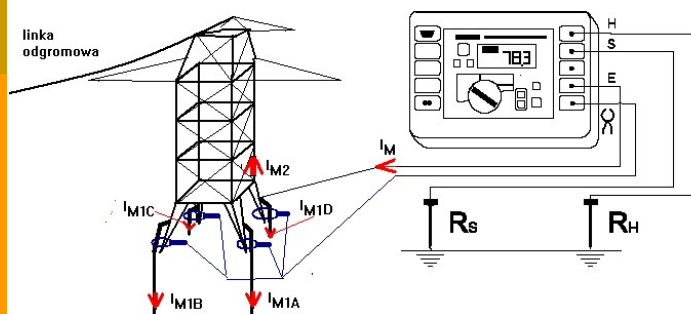
Małoprądowa metoda „jednocęgowa” pomiaru rezystancji uziemienia - przy słupach WN może być użyta przy pomiarach ciągłości przewodów uziemiających w stronę ziemi i w stronę słupa;

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych WN i NN

Przydatność małoprądowych metod pomiaru rezystancji do sprawdzania ochrony przed porażeniem przy słupach WN



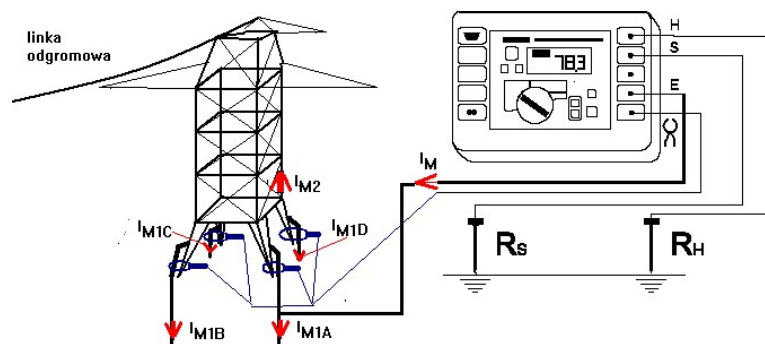
Małoprądowa metoda „dwucęgowa” pomiaru rezystancji uziemienia - przy słupach WN może być użyta do sprawdzania ciągłości przewodów uziemiających;



Małoprądowa metoda „wielocęgowa” pomiaru rezystancji uziemienia - przy słupach WN może być użyta do pomiaru rezystancji układu uziemiającego tylko tego słupa

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych WN i NN

Przydatność małoprądowych metod pomiaru rezystancji do sprawdzania ochrony przed porażeniem przy słupach WN



„Odwrócona” małoprądowa metoda
„wielocęgowa” pomiaru rezystancji uziemienia
- przy słupach WN może być użyta do
sprawdzania stanu połączenia słupa z linką
odgromową

Interpretacja wyników pomiarowych przy badaniach ochrony przed porażeniem przy słupach WN

1. Napięcia dotykowe zmierzone na każdym stanowisku przy słupie należy przeliczyć na rzeczywiste wartości przy powstaniu doziemienia na tym słupie
2. Przeliczone napięcia należy porównać z warunkami kryterialnymi (na żadnym ze stanowisk nie może wystąpić przekroczenie napięć),
3. Wyniki pomiarów ciągłości przewodów uziemiających należy porównać z umowną wartością 10Ω ,
4. Jeśli przeprowadzano badania odbiorcze – zmierzoną rezystancję układu uziemiającego po przeliczeniu przez współczynniki k_R należy porównać z projektem.

Wybrane zagadnienia dotyczące pomiarów skuteczności ochrony przed porażeniem w obiektach liniowych WN i NN

Dziękuję za uwagę