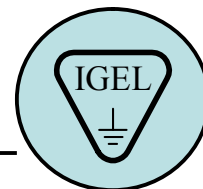


UZIEMIACZE PRZENOŚNE
DLA SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH
Wytyczne doboru i użytkowania

PAMIĘTAJ !

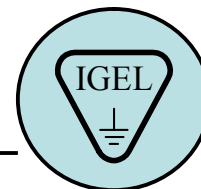
**Tylko skutecznie uziemione części urządzenia elektroenergetycznego
są bez napięcia i wolno je dotykać !**

**Opracował : Jan Imieliński
Andrzej Imieliński**



SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	3
2. Dokumenty związane	3
3. Określenia	3
4. Dane charakterystyczne sprzętu uziemiającego	4
5. Parametry zwarciovowe w sieciach elektroenergetycznych i przekroje przewodów uziemiaczy przenośnych	6
6. O zagrożeniach	17
7. Wymagania przepisów oraz skuteczne uziemianie urządzeń elektroenergetycznych	19
8. Optymalizacja w gospodarce uziemiaczami	22
9. Użytkowanie, konserwacja i wycofanie z eksploatacji	24



1. Wprowadzenie

Normy i przepisy określają wymagania w zakresie produkcji, doboru, stosowania i konserwacji sprzętu uziemiającego dla instalacji, sieci przesyłowych i rozdzielczych prądu przemiennego o dowolnym napięciu znamionowym.

Celem niniejszych wytycznych jest przekazanie w niezbędnym zakresie zawartej w przepisach i wzbogaconej praktyką wiedzy potrzebnej w doborze i użytkowaniu sprzętu uziemiającego, organizacji robót na urządzeniach całkowicie wyłączonych spod napięcia oraz zabezpieczeniu miejsc pracy w sposób możliwie najłatwiejszy i całkowicie eliminujący ryzyko porażenia.

**Uziemiacz na stanowisku pracy jest wskaźnikiem
trwałego braku napięcia na części, której się dotyka**

2. Dokumenty związane

- | | |
|------------------------|---|
| 2.1 PN-EN 61230:2011 | Prace pod napięciem. Przenośny sprzęt do uziemiań lub uziemiań i zwierania. |
| 2.2 PN-EN 61138:2009 | Przewody przeznaczone do przenośnego sprzętu uziemiającego i zwierającego. |
| 2.3 PN-EN 51110-1:2005 | Eksploatacja urządzeń elektrycznych. |
| 2.4 Dz.U.2013 poz.492 | Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy urządzeniach energetycznych. |

3. Określenia

3.1 Uziemiacz przenośny składa się z :

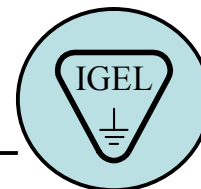
- jednego lub kilku zacisków fazowych
- przewodów zwierających zaciski fazowe
- przewodu uziemiającego, który w uziemiaczach pojedynczych jest zarazem przewodem zwierającym
- zacisku uziemiającego.

3.2 Zwieracz przenośny jest uziemiaczem złożonym tylko z zacisków fazowych, z których jeden służy jako zacisk uziemiający.

3.3 Stały punkt przyłączenia w postaci strzemienia, haka lub sworznia mocowanego na szynach płaskich lub przewodach okrągłych; umożliwia zakładanie zacisków fazowych, szczególnie na odcinkach pionowych i w miejscach trudniej dostępnych.

3.4 System uziemień, to uziomy sztuczne lub naturalne w postaci uziemionych konstrukcji stalowych, fundamentów żelbetowych słupów z dostępem do zbrojenia, uziemionych przewodów zerowych (PEN) sieci nn pracujących w układzie TN, metalowe uziemione żyły i powłoki kabli.

3.5 Przedłużacz jest przewodem uziomowym, który umożliwia połączenie przewodu uziemiającego z oddalonym poza wymiary uziemiacza systemem uziemiającym.



4. Dane charakterystyczne sprzętu uziemiającego

4.1 Rodzaj sprzętu to jego nazwa, ilość zacisków fazowych i oznaczenie odmiany lekkiej (L) dla sieci SN. Np. uziemiacz trójfazowy lekki oznaczony jest symbolem U3L; uziemiacz pojedynczy – U1; zwieracz czterozaciskowy – Z4.

4.2 Typ uziemiacza zdeterminowany jest przez rozwiązanie konstrukcyjne zacisku fazowego i różnie oznaczany przez producentów sprzętu uziemiającego.

4.3 Stosownie do przeznaczenia uziemiaczy dobierane są długości przewodów uziemiających i zwierających w taki sposób, aby nie były zarówno za krótkie, jak i niepotrzebnie za długie.

4.4 Prąd znamionowy I_r i czas znamionowy t_r : wartości przyporządkowane uziemiaczom lub ich częściom, które określają największą skuteczną wartość prądu i największą wartość całki Joule'a ($I_r^2 \times t_r$), które urządzenie wytrzyma bez niedopuszczalnych skutków.

Znormalizowane wartości czasu znamionowego t_r :

3s, 2s, 1s, 0,75s, 0,5s, 0,25s, 0,1s.

Dla jednej z tych wartości czasu należy określić wartość skuteczną prądu I_r jako :

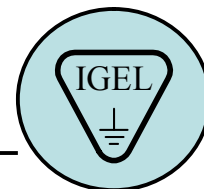
$I_{r3}, I_{r2}, I_{r1}, I_{r0,75}, I_{r0,5}, I_{r0,25}, I_{r0,1}$ [kA]

4.5 Prąd szczytowy I_m [kA] : wartość szczytowa prądu, który wystąpi w stanie nieustalonym spowodowanym włączeniem obwodu pod napięcie.

Podczas badań typu przyjmuje się $I_m = k_s \times I_{rt}$ [kA], gdzie $k_s = 2$ dla sprzętu do 1kV włącznie, $k_s = 2,5$ dla sprzętu powyżej 1kV.

4.6 Przekrój znamionowy przewodów zwierających i uziemiających jest dobierany tak, aby wytrzymały maksymalne wartości prądów, czasów trwania zwarcia i całek Joule'a, na które mogą być narażone w praktyce.

Norma zaleca, aby ze względu na ciężar sprzętu nie przewymiarowywać przekrojów. Praktyczniejszym rozwiązaniem, w wyjątkowych przypadkach, jest założenie uziemiacza dodatkowego.



4.7 Sposób oznaczania sprzętu uziemiającego :

$$\mathbf{RNL - T - L_1/L_2 - I_r/t_r - S/rSi}$$
$$\mathbf{I_r - t_r ; k_s=}$$

R - rodzaj sprzętu : U – uziemiacz, Z – zwieracz, P – przedłużacz

N - liczba zacisków

L - typ lekki

T - typ zacisku fazowego :

ZO1, ZO2 - śrubowy do przewodów okrągłych

ZP1, ZU1 - śrubowy do szyn płaskich

ZZ - zatrzaskowy na uchwycie izolacyjnym

PB - do podstaw i rozłączników bezpiecznikowych

K - kleszczowy uniwersalny

L₁ - długość przewodu uziemiającego [m]

L₂ - długość przewodu zwierającego [m]

I_r - prąd znamionowy uziemiacza [kA]

S - przekrój przewodu fazowego odpowiadający prądowi I_r [mm²]

t_r - czas znamionowy [s]

r - przewody fazowe połączone równolegle (z węzłem środkowym)

Si - przewody w osłonie silikonowej

k_s - znamionowy współczynnik szczytu

W oznakowaniu sprzętu, oprócz powyższych danych na sprzęcie powinny się znajdować :

- - nazwa producenta lub znak fabryczny
- - rok produkcji
- - na przewodach - symbol materiału, przekrój (mm²)

Przykład :

H00V3-D-35mm² przewód Cu w osłonie PVC,

H00S-D-50mm² przewód Cu w osłonie silikonowej.

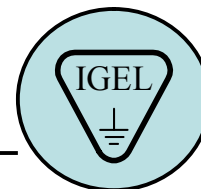
Przykłady oznaczeń :

U1-ZO2-6-13/1-50
13kA-1s ; k_s=2,5

uziemiacz z **1** zaciskiem fazowym - zacisk fazowy typu **ZO2**,
długość przewodu uziemiającego **6m**, znamionowy prąd 1-
sekundowy I_r=**13kA**, przekrój przewodu uziemiającego **50mm²** ,
współczynnik szczytu k_s=**2,5**

U3L-ZO1-3/1-9/1-35rSi
9kA-1s ; k_s=2,5

uziemiacz z **3** zaciskami fazowymi, typ lekki - zaciski fazowe
śrubowe typu **ZO1**, długość przewodu uziemiającego **3m**,
długość przewodów zwierających **1m**, znamionowy prąd
1-sekundowy I_r=**9kA**, przekrój przewodów zwierających
35mm²Cu, układ połączeń równoległy, przewody w osłonie
silikonowej, współczynnik szczytu k_s=**2,5**



5. Parametry zwarciove w sieciach elektroenergetycznych i przekroje przewodów uziemiaczy przenośnych

5.1 Dobór przewodów uziemiaczy

Aktualna norma PN-EN 61230:2011 wprowadziła nowe wymagania odnośnie wartości prądu probierczego uziemiaczy :

$$I_{pr}=1,15 \cdot I_r$$

Skutek cieplny wywołany tym prądem wzrasta proporcjonalnie do I_{pr}^2 , a więc o ok. 32%.

Spowodowało to konieczność weryfikacji prądów znamionowych przypisanych znormalizowanym przekrojom przewodów uziemiaczy.

Mając jednocześnie na uwadze zalecenia powyższej normy, dotyczące optymalnego wykorzystania przewodów o danym przekroju, określono **typoszereg znamionowych prądów 1-sekundowych (I_{r1})** odpowiadający znormalizowanym przekrojom miedzianych przewodów uziemiaczy – są one przyjmowane jako parametry podstawowe w czasie badań typu :

$$I_{r1} : 4 - 6,5 - 9 - 13 - 17 - 21 - 25 \text{ kA}$$

Tablica 1. Znornalizowane przekroje przewodów i znamionowe parametry zwarciove uziemiaczy przenośnych.

Przekrój przewodów [mm ²]	16	25	35	50	70	95	120
Prąd znamionowy I_{r1} [kA]	4	6,5	9	13	17	21	25
Całka Joule'a $I_{r1}^2 \cdot t_r$ [kA ² *s]	16	42,5	81	169	289	441	625
Prąd szczytowy I_m [kA] (do 1kV)	8	13	18	26	34	42	50
Prąd szczytowy I_m [kA] (pow. 1kV)	10	16,2	22,5	32,5	42,5	52,5	62,5

Całka Joule'a - $I_r^2 \cdot t_r$ [kA²s], jest miarą ciepła wydzielonego w przewodach uziemiacza w czasie zwarcia – skutek cieplny prądu zwarciovego.

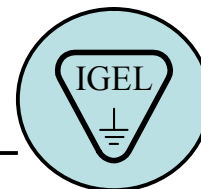
Uziemiacze typu lekkiego (L)

W przypadku sieci nie uziemionych bezpośrednio, gdzie prądy doziemne osiągają stosunkowo niskie wartości, stosujemy uziemiacze typu lekkiego (ozn. L).

Przekroje przewodów zwierających i odpowiadające im **minimalne przekroje przewodów uziemiających**, zgodnie z PN-EN 61230:2011, zamieszczono poniżej.

Tablica 2.

Przewód zwierający [mm ²]	Przewód uziemiający [mm ²]
16	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	35
120	50

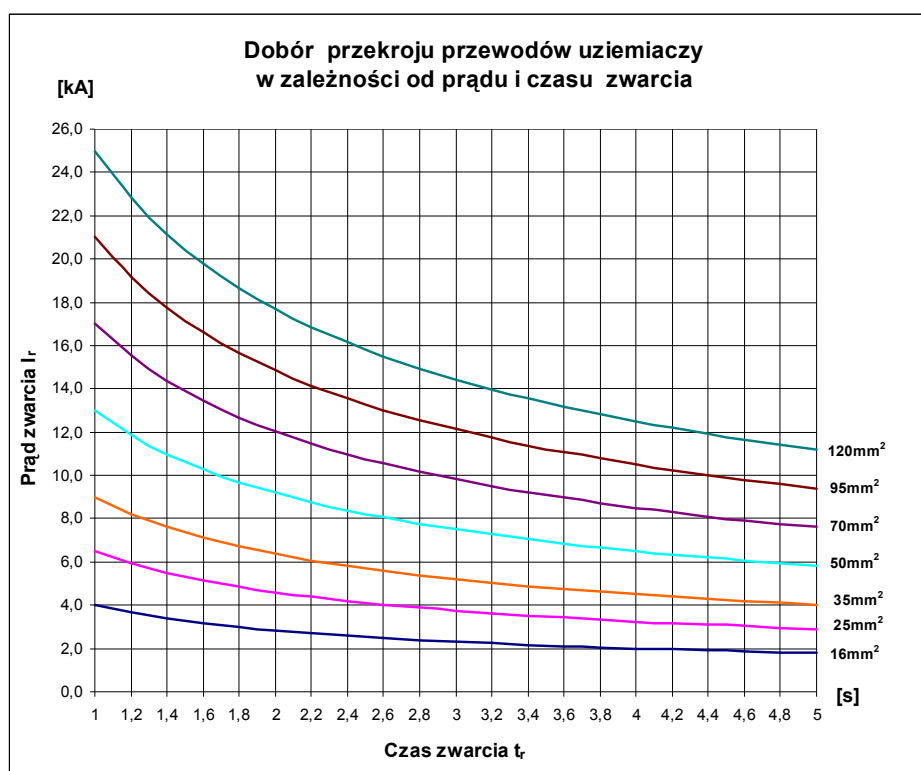


Uziemiacze o znamionowym prądzie zwarciovym 1-sekundowym I_{r1} [kA/1s], przy zachowaniu wartości całki Joule'a $I_r^2 \cdot t_{r1}$ [kA²s], mogą być użytkowane przy czasach dłuższych niż 1s i mniejszym prądzie zwarciovym.

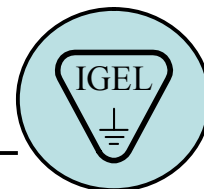
Dla czasów krótszych niż 1s i większych prądów konieczne jest upewnienie się, że zachowana jest również wytrzymałość dynamiczna uziemiacza na zwiększony prąd szczytowy I_m .

Na rys. 1 przedstawiono charakterystyki dopuszczalnego obciążenia prądem zwarciovym I_r [kA] w czasie t_r [s], przewodów o różnych przekrojach (mm^2Cu).

Zgodnie z normą przyjmuje się, że w zakresie czasów do 5s, proces nagrzewania przewodu prądem zwarciovym jest adiabatyczny (bez wymiany ciepła z otoczeniem).



Rys.1 Obciążalność przewodów uziemiaczy prądem zwarciovym, w zależności od czasu trwania zwarcia. $I_r^2 \cdot t_r = \text{const}$ dla każdego z przekrojów.



5.2 Parametry zwarciove dla rozdzielni WN 110, 220 i 400kV są dostępne w Oddziałach Polskich Sieci Energetycznych SA. Wielkość prądów zwarcia 3-fazowego i 1-fazowego dla układów sieci z podziałami i bez podziałów – są przyjmowane jako 1-sekundowy prąd zwarcia I_{r1} .

Odpowiadające wartościom znormalizowanym czasu trwania zwarcia t_r w rozdzielniach WN:

- na szynach zabezpieczonych różnicowo - 0,25s
- na szynach nie zabezpieczonych różnicowo - 0,5s

Na szynach głównych i odgałęźnych oraz polach liniowych rozdzielni WN, zainstalowane są uzemienniki stałe, zamykane w pierwszej i otwierane w ostatniej kolejności podczas czynności zabezpieczania miejsc pracy.

Uziemiaczce przenośne zakładane są dodatkowo na stanowisku roboczym tak, aby każda odłączona część urządzenia była uziemiona i nie pojawiło się napięcie zaindukowane z sąsiednich czynnych układów szyn.

W tych warunkach, czasy działania zabezpieczeń podstawowych mogą być przyjęte jako czasy znamionowe t_{rt} [s] uziemiaczy przenośnych.

5.3 W liniach napowietrznych WN 110, 220 i 400kV wartości mocy zwarciowych S_r i prądów I_r zwarciowych na wyjściu są takie, jak na szynach rozdzielni WN, z których są zasilane.

Czasy trwania zwarcia t_r zależą od strefy działania zabezpieczeń odległościowych. Praktycznie można przyjąć za t_{rt} :

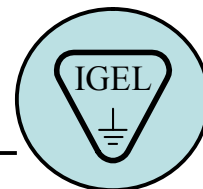
- I strefa (z pewną rezerwą) - 0,25s
- II strefa - 0,5s

Podobnie jak w rozdzielniach WN, uziemianie linii rozpoczyna się od zamknięcia noży uzemienników stałych na obu końcach linii WN, następnie zakłada się dodatkowe uziemiaczce w miejscu pracy. Po zakończeniu robót – jako ostatnie otwiera się uzemienniki stałe.

W tych warunkach, bez obawy (wypadków nie notowano) można przyjąć czas $t_r=0,25s$ jako znamionowy dla linii napowietrznych WN. W wyjątkowych przypadkach, po analizie, można go nawet skrócić.

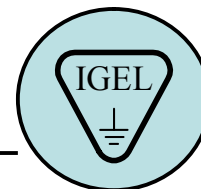
Uziemiaczce dla stacji i linii napowietrznych WN zestawiono w tablicy 3.

Podane długości przewodów są przykładowe i należy je ew. skorygować do rzeczywistych potrzeb.



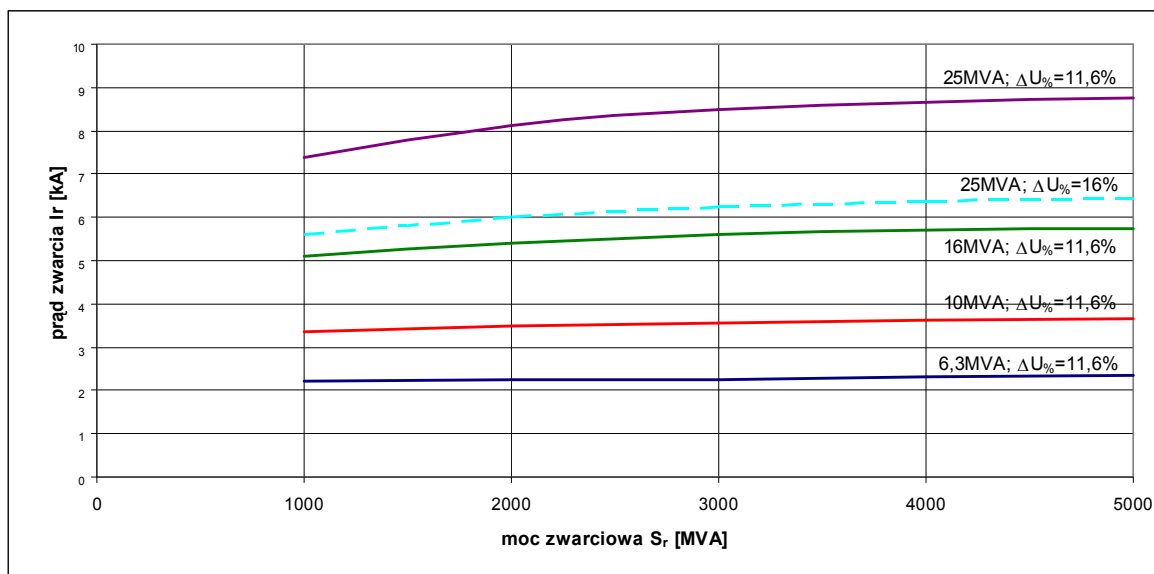
Tablica 3. Uziemiacze do stacji i linii WN

	<p>Uziemiacz jednofazowy z zaciskami śrubowymi ZO1 do przewodów okrągłych do 240mm², do linii i stacji WN. Zakres prądów 6,5kA/1s – 21kA/1s.</p> <p>Przykład : U1-ZO1-5-9/1-35</p>
	<p>Uziemiacz trójfazowy z zaciskami śrubowymi ZO1 do przewodów okrągłych do 240mm², do stacji WN. Zakres prądów 6,5kA/1s – 21kA/1s.</p> <p>Przykład : U3-ZO1-5/3-9/1-35</p>
	<p>Uziemiacz jednofazowy z zaciskami śrubowymi ZO2 do przewodów okrągłych do 525mm², do linii i stacji WN. Zakres prądów 9kA/1s – 25kA/1s.</p> <p>Przykład : U1-ZO2-8-13/1-50</p>
	<p>Uziemiacz trójfazowy z zaciskami śrubowymi ZO2 do przewodów okrągłych do 525mm², do stacji WN . Zakres prądów 9kA/1s – 25kA/1s.</p> <p>Przykład : U3-ZO2-5/3-13/1-50</p>



5.4 W rozdzielni węzłowej SN w GPZ, wartość prądu zwarciovego I_r na szynach głównych zależna jest od: mocy zwarciovowej S_r w systemie WN oraz mocy znamionowej, napięcia zwarcia i przekładni transformatora zasilającego WN/SN.

W bardzo nielicznych przypadkach moc zwarciova na szynach 110kV przekracza 5000MVA, a moc transformatorów 110/15kV zasilających sieci 15kV – 25MVA.



Rys.2 Prąd zwarcia trójfazowego I_r na szynach 15kV, zasilanych z transformatorów 110/15kV, w zależności od mocy zwarciovowej S_r na szynach 110kV

Z poglądowych charakterystyk na rys.2 wynika, że ustalony (w tym 1-sekundowy) prąd zwarcia I_r nie przekracza wartości 9kA. Wartość prądu $I_r=6,5kA$ nie jest przekroczona za transformatorami 16MVA i o mniejszych mocach, jak też za jednostką 25MVA o podwyższonym do 16% napięciu zwarcia.

Różne są czasy trwania zwarcia na szynach zbiorczych :

$t_r = 0,5s$ - przy dodatkowej ochronie szyn w większych rozdzielniach SN

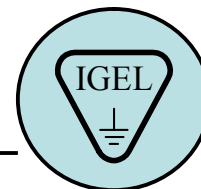
$t_r = 2..3s$ - czas zabezpieczeń na zasilaniu z szyn transformatora.

Prądy I_{rt} i czasy t_{rt} znamionowe uziemiaczy oraz odpowiadające im przekroje przewodów zwierających, ujęte są w charakterystykach na rys.1. Przekroje przewodów uziemiających, według wymagań normy, dla sieci SN zawiera tablica 2.

5.5 Prądy zwarciove I_{r1} na wyjściach liniowych SN z GPZ mają tę samą wartość, co na szynach zbiorczych. Dość jednolite dla linii są czasy trwania zwarć dalszych – $t_{rt}=1s$ i bliższych – $t_{rt}=0,25...0,3s$.

Poglądowe charakterystyki ograniczania prądu zwarciovego I_r przez impedancje linii napowietrznych i kablowych (rys.3) wskazują, że w sieci 15kV zasilanej z transformatora 110/15kV, o mocy 25MVA i napięciu zwarcia 11,6% oraz mocy w systemie 110kV $S_r=5000MVA$:

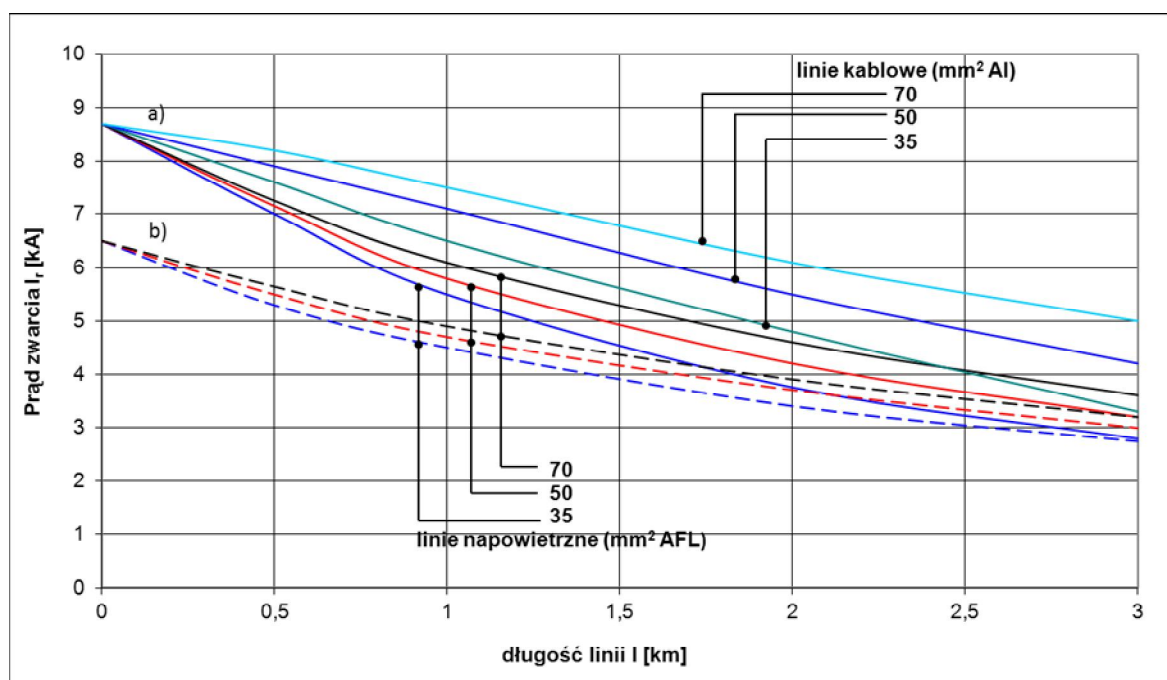
- na początku linii prąd zwarciovy $I_r < 9kA$
- w liniach napowietrznych po 1km, a w liniach kablowych po 2km - prąd zwarciovy $I_r < 6,5kA$.



Jak podano w p.5.4, za transformatorami 25MVA o podwyższonym napięciu zwarcia ($\Delta U_{\%} \geq 16\%$), prądy I_r w sieci nie przekraczają 6,5kA.

W polach liniowych, przy głowicach kablowych, zainstalowane są uziemniki stałe.

Kiedy do prac eksploatacyjnych na linii wyłącznik pozostaje otwarty, uziemniki są zamykane w pierwszej, a otwierane w ostatniej kolejności, w czasie czynności związanych z zabezpieczeniem miejsca pracy.



Rys.3 Efekt ograniczania prądu zwarciego $I_r = f(l)$ przez linie napowietrzne i kablowe, zasilane z transformatorów 110/15kV o mocy 25 MVA i różnych napięciach zwarcia : a) 11,6 %, b) 16% ; moc zwarciova po stronie pierwotnej $S_r = 5\,000$ MVA.

Praktyka potwierdza, że przekrój przewodów zwierających uziemiaczy przenośnych, przeznaczonych dla linii napowietrznych 15kV nie powinien przekraczać 25 mm² Cu.

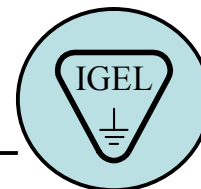
W nietypowych sytuacjach, np. gdy czas działania zabezpieczeń jednej z linii $t_r = 2s$, można założyć uziemiacze podwójne w czasie robót w pobliżu GPZ, lub wyjątkowo zastosować uziemiacze o wyższym przekroju (35mm²).

Miejska sieć kablowa 15kV, zasilana z transformatorów 110/15kV o mocy 25MVA i niskim napięciu zwarcia (starsze jednostki), w zabezpieczeniach poszczególnych linii oprócz uziemników stałych w GPZ, powinna być uziemiana dodatkowo uziemiaczami z przewodami zwierającymi o przekroju 35mm² Cu ; przewody uziemiające wg tablicy 2.

Uziemiacze do stacji i linii napowietrznych SN zestawiono w tablicy 4.

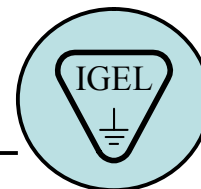
Podano typowe długości przewodów zwierających i uziemiających.

Podane długości przewodów są przykładowe i należy je ew. skorygować do rzeczywistych potrzeb.



Tablica 4. Uziemiacze do stacji i linii SN

	<p>Uziemiacz trójfazowy lekki z zaciskami śrubowymi ZO1, do szyn średniego napięcia z nbudowanymi sworzniami lub „rozkami” do zakładania uziemiaczy. Zakres prądów 6,5kA/1s – 21kA/1s.</p> <p>Przykład : U3L-ZO1-3/1-13/1-50</p>
	<p>Uziemiacz trójfazowy lekki z zaciskami śrubowymi ZP1 do szyn płaskich średniego napięcia.</p> <p>Zakres prądów 6,5kA/1s – 21kA/1s.</p> <p>Przykład : U3L-ZP1-3/1-13/1-50</p>
	<p>Uziemiacz trójfazowy lekki z zaciskami śrubowymi ZO1 do linii napowietrznych SN, do przewodów okrągłych do 240mm².</p> <p>Zakres prądów 6,5kA/1s – 21kA/1s.</p> <p>Przykład : U3L-ZO1-3/3-9/1-35</p>
	<p>Uziemiacz, trójfazowy lekki z zaciskami zatrzaskowymi ZZ1 na uchwytach izolacyjnych, do linii napowietrznych SN z przewodami do 120mm². Szczególnie przydatny na stanowisku pracy.</p> <p>Zakres prądów 4kA/1s – 9kA/1s.</p> <p>Przykład : U3L-ZZ1-3/3-6,5/1-25</p>
	<p>Zwieracz kleszczowy uniwersalny żył kablowych. Stosowany podczas prac remontowo-eksploatacyjnych na wyłączonych liniach kablowych SN. Zakładany w rękawicach dielektrycznych.</p> <p>Z4-KD-0,4-4/1-16</p>



5.6 Sieci nn (0,4kV) w kraju zasilane są w większości z transformatorów o napięciu górnym 15kV, częściowo 20kV i w niewielkiej ilości 10 i 6 kV. Maksymalna moc transformatorów SN/nn w eksploatacji nie przekracza 630kVA.

Zabezpieczenia transformatorów po stronie SN stanowią bezpieczniki wielkiej mocy z wkładkami bezpiecznikowymi VVa-A (bez wybijaka) lub VVa-C (z wybijakiem) o prądzie znamionowym do 160A (oznaczenia ETI-POLAM).

Tablica 5. Parametry zwarciove na szynach łączeniowych transformatorów SN/0,4kV o mocy 630 kVA

Wielkości	Napięcie znamionowe transformatorów SN/0,4kV o mocy 630kVA			
	6	10	15	20
Prąd znamionowy wkładki bezpiecznikowej SN [A]	100	63	50	40
Całka cieplna wyłączenia bezpiecznika SN $I_{t_{cw}}^2$ [A ² s]	138.000	34.560	12.800	7.200
Przekładnia transf. SN/0,4kV	15	25	37,5	50
Całka cieplna wyłączenia $I_{t_{cw}}^2$ po stronie 0,4kV [A ² s]	44.325.000	31.750.000	44.015.625	45.250.000

Wkładki bezpiecznikowe VVa (prod. ETI-POLAM), zabezpieczające transformatory wraz z połączeniami po stronie SN i nn, ograniczają skutki cieplne zwarć do wartości podanych w tablicy 5.

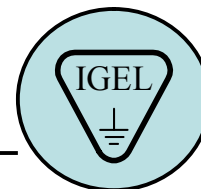
Wartość całki cieplnej wyłączenia bezpiecznika SN, przeliczona na stronę niskiego napięcia, jest wskazówką odnośnie doboru przekroju przewodów uziemiaczy.

Uziemiacze zakładane na szynach SN w komorach transformatorowych mogą mieć minimalny przekrój przewodów zwierających 16 mm²Cu - nawet za wkładkami topikowymi 160A ($I_{r_{xt_w}}^2 = 528.000$ A²s).

Natomiast uziemiacze zakładane na szynach 0,4kV, łączących zaciski transformatora 630kVA z zabezpieczeniem głównym, powinny mieć przekroje przewodów zwierających 35 mm²Cu ($I_{r_1^2xt_{r_1}} = 81kA^2s$).

Jeżeli na danym terenie zainstalowano transformatory o mniejszych mocach (500kVA i mniej), dla ujednoczenia sprzętu można przyjąć przekrój znamionowy przewodów uziemiaczy 25 mm²Cu ($I_{r_1^2xt_{r_1}} = 42kA^2s$) dla całej sieci kablowej 0,4kV.

Indywidualny dobór uziemiaczy dla transformatorów 15/0,4 kV/kV przedstawiono w tablicy poniżej.



Tablica 6. Dobór uziemiaczy dla transformatorów 15/0,4 kV/kV

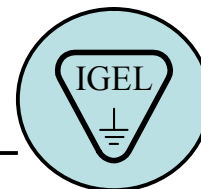
Trafo 15/0,4	bezp.SN	$I^2_{cwSN} * t$	$I^2_{cwnn} * t$	Znamionowa całka cieplna uziemiacza	Przekrój przewodów uziemiacza	Typ zacisku uziemiacza (tabl. 7)
kVA	A	A ² s	kA ² s	kA ² s	mm ²	-
160	16	2 270	3,2	16	16	PB,PBRu,PBR0u
200	16	2 270	3,2	16	16	PB,PBRu,PBR0u
250	20	3 750	5,3	16	16	PB,PBRu,PBR0u
315	25	5 500	7,7	16	16	PB,PBRu,PBR0u
400	32	10 100	14,2	16	16	PB,PBRu,PBR0u
500	40	18 100	25,4	42	25	PBRu
630	50	31 300	44,0	81	35	PBRu

Każdorazowo należy sprawdzić dopuszczalną wartość prądu szczytowego uziemiacza.

Przy wyznaczaniu wartości prądu szczytowego należy uwzględnić charakterystykę prądów ograniczonych bezpiecznika i rezystancje obwodu zwarcia.

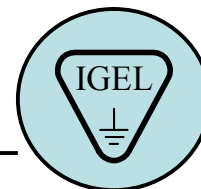
Parametry zwarciove dla uziemiania transformatorów SN/nn większych mocy, z wyłącznikami i zabezpieczeniami nadprądowo-czasowymi po stronie pierwotnej i wtórnej, ustala się indywidualnie.

Uziemiacze dla stacji transformatorowych SN/nn, zakładane po stronie nn pokazano w tablicy poniżej.



Tablica 7. Uziemiacze do stacji nn

	<p>Uziemiacz do podstaw bezpiecznikowych z wkładkami bezpiecznikowymi wlk. 123. Zakładany przy użyciu uchwyty do wkładek bezpiecznikowych mocy.</p> <p>U3-PB-1/0,5-4/1-16</p>
	<p>Uziemiacz do podstaw i rozłączników bezpiecznikowych z wkładkami bezpiecznikowymi wlk. 123. Uziemiacz posiada wkładkę izolacyjną do jednej ze szczęk podstawy. Zakładany przy użyciu uchwyty do wkładek bezpiecznikowych mocy.</p> <p>Zakres prądów 4kA/1s-9kA/1s Przykład :U3-PBRu-1/0,5-9/1-35</p>
	<p>Uziemiacz do podstaw i rozłączników bezpiecznikowych z wkładkami bezpiecznikowymi wlk. 00. Uziemiacz posiada wkładkę izolacyjną do jednej ze szczęk podstawy. Zakładany przy użyciu uchwyty do wkładek bezpiecznikowych mocy.</p> <p>U3-PBR0u-1/0,4-4/1-16</p>
	<p>Zwieracz szyn płaskich niskiego napięcia w stacjach transformatorowych. Zakładany w rękawicach dielektrycznych. Zakres prądów 13kA/1s-21kA/1s</p> <p>Przykład : Z4-ZU1-0,7-21/1-95</p>



5.7 W stacjach transformatorowych SN/nn, na wszystkich odejściach liniowych 0,4kV, zainstalowane są podstawy bezpiecznikowe lub rozłączniki z wkładkami topikowymi dużej mocy. W sieci wiejskiej i na obwodach oświetleniowych stosowano też gniazda bezpiecznikowe.

Zarówno szczęki podstaw jak i gniazda są odpowiednimi punktami stałymi do zakładania uziemiaczy przenośnych na początku obwodu, w miejscu wyłączenia.

Przewody zwierające uziemiaczy przenośnych, zakładanych w obwodach zabezpieczonych wkładkami topikowymi gG do 800A (wartość graniczna wyłączenia $I_r^2 \cdot t_{cw} = 10.000.000 A^2 s$; IEC 60269-2-1), mogą mieć przekrój 16 mm²Cu ($I_{r1}^2 \cdot t_{r1} = 16.000.000 A^2 s$).

Ponieważ w obwodach 0,4kV nie spotyka się zabezpieczeń większych niż 400A

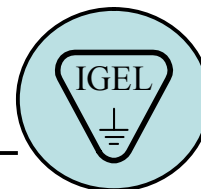
($I_r^2 \cdot t_w = 1.600.000 A^2 s$), tym bardziej dla zachowania lekkości sprzętu nie ma potrzeby stosowania przekrojów większych, szczególnie w uziemiaczach dla linii napowietrznych 0,4kV.

Gdyby jednak taka potrzeba zaistniała, to przewód łączący uziemiony już zacisk zerowy z „ziemią” (słup kratowy, zbrojenie słupa żelbetowego, sonda uziemiająca) może mieć przekrój 16 mm²Cu.

Uziemiacze stosowane na liniach niskiego napięcia zestawiono w tablicy poniżej.

Tablica 8. Uziemiacze do linii nn

	<p>Uziemiacz (zwieracz) z zaciskami zatrzaskowymi ZZ2 na uchwytach izolacyjnych, do linii napowietrznych nn z przewodami do 120mm², 5- lub 6-cio zaciskowy. Szczególnie przydatny na stanowisku pracy. Zakres prądów 4kA/1s – 9kA/1s.</p> <p>Przykład : U5-ZZ2-2/0,7-4/1-16</p>
	<p>Uziemiacz (zwieracz) z zaciskami śrubowymi ZO1 do linii napowietrznych nn, do przewodów okrągłych do 240mm², 5- lub 6-cio zaciskowy. Zakres prądów 4kA/1s – 9kA/1s</p> <p>Przykład : U5-ZO1-2/0,7-6,5/1-25</p>
	<p>Zwieracz kleszczowy uniwersalny żył kablowych. Stosowany podczas prac remontowo-eksploatacyjnych na wyłączonych liniach kablowych nn (KD, KM) oraz w obwodach oświetleniowych (KM). Zakładany w rękawicach dielektrycznych. Z4-KM-0,3-4/1-16 Z4-KD-0,4-4/1-16</p>



6. O zagrożeniach

6.1 Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna IEC opublikowała „Raport Techniczny IEC nr 479-1:1994”, którego celem jest dostarczanie podstawowych informacji – dotyczących działania prądów elektrycznych na ludzi i zwierzęta domowe – przeznaczonych do ustanawiania przepisów w zakresie bezpieczeństwa elektrycznego.

Do bardzo istotnych należy informacja o tym, że już jednosekundowy prąd rażenia o wielkości 50mA może wywołać migotanie komór sercowych. Wiadomo, że wtedy przy opóźnionej pomocy przedlekarskiej, spowodowanej np. zdejmowaniem porażonego ze słupa, skutek jest tragiczny.

6.2 Okoliczności i przyczyn zetknięcia się człowieka z prądem jest wiele, np.:

- pomyłki w identyfikacji miejsca pracy i wejścia na urządzenia czynne (poła w rozdzielni, linie napowietrzne)
- praca bez użycia odpowiedniego sprzętu ochronnego,
- przypadkowy dotyk w czasie prac „w pobliżu”,
- pojawienie się napięcia w czasie robót na skutek :
 - załączeń linii napowietrznych przez osoby postronne
 - włączenie na sieć innych elektrycznych urządzeń generujących (np. agregat prądotwórczy, mała lokalna elektrownia wodna)
 - zwarcie na otwartych szczękach łączników, spowodowanych przez ptaki, gałęzie itp.
 - zaindukowania z sąsiednich torów linii napowietrznych i systemów szyn.

6.3 Jeżeli uziemniki stałe i uziemiacze przenośne nie są dla zabezpieczenia miejsca pracy rozmieszczone tak, że w sumie stanowią zespół „połączeń wyrównawczych” pomiędzy przewodzącym stanowiskiem pracy i częściami urządzeń, które mogą się znaleźć pod napięciem, to uziemianie takie nie jest w pełni skuteczne.

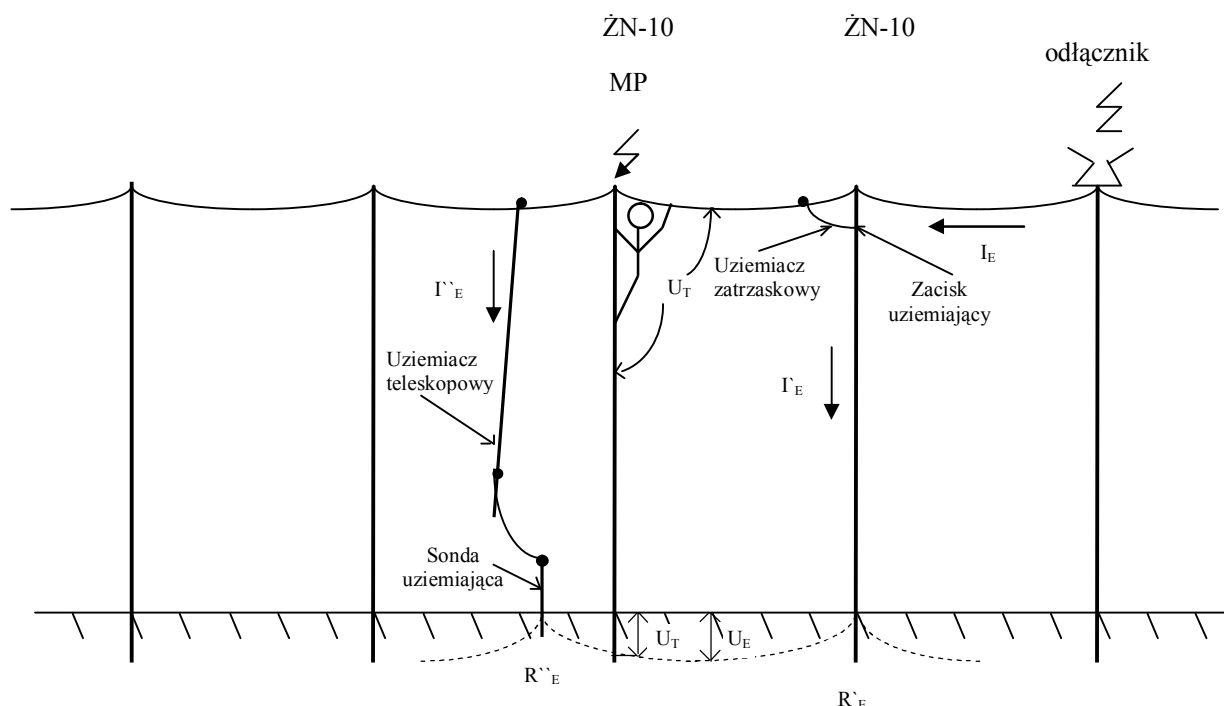
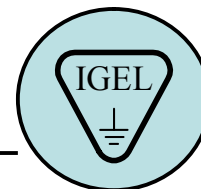
Nieskuteczność ta stanowi szczególne zagrożenie (były wypadki porażeń) na liniach napowietrznych SN, zbudowanych na słupach przewodzących (stal, żelbet), gdy uziemiacze są założone poza stanowiskiem, na którym pracują ludzie.

Każdemu pojawieniu się napięcia na linii towarzyszy płynący przez przewód uziemiający prąd doziemny I_E , który na rezystancji uziomu R_U wywołuje spadek napięcia $\Delta U = I_E \times R_U$ o znacznej wielkości.

Spadek ten na stanowisku pracy jest napięciem dotykowym, a przy braku rękawic – napięciem rażenia.

Zagrożenie jest największe, gdy uziomem jest wysokooporowa sonda uziemiająca (suchy żwir, zmarznięty grunt). Wtedy, przy jednofazowych zwarciach z ziemią, mogą nie zadziałać zabezpieczenia ziemnozwarciowe.

Na następnej stronie pokazano przykład nieskutecznego uziemiania stanowiska pracy
(na podst. referatu „**Jubileuszowe życzenia energetyków to „zero” porażień**”).



Rys. 4 Rozpływ prądu zwarcia i rozkład napięć uziomowych na linii napowietrznej SN, na słupach ŻN przy obustronnie uziemionym miejscu pracy, gdy ptak spowodował zwarcie na jednej z faz odłącznika.

I_E – prąd zwarcia nieskompensowany (20A)

Γ_E – prąd zwarcia płynący przez uziemiacz zatraskowy połączony ze zbrojeniem słupa ŻN w jego górnej części; rezystancja części podziemnej słupa $R'_E = 100\Omega$ (suchy piasek)

Γ''_E – prąd zwarcia płynący przez uziemiacz teleskopowy połączony z sondą uziemiającą o długości 1m; rezystancja sondy $R''_E = 700\Omega$ (suchy piasek)

U_E – napięcie uziomowe

U_T – napięcie dotykowe

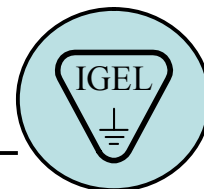
$$U_T \approx U_E = I_E \frac{R'_E * R''_E}{R'_E + R''_E} = 20 \frac{100 * 700}{100 + 700} = 1750V$$

UWAGI:

1. Gdyby uziemiacz zatraskowy połączono z sondą uziemiającą, a nie ze słupem ŻN, napięcie dotykowe osiągnęłoby wartość około 7000V.
2. Rezystancja słupów przewodzących (stalowych, żelbetonowych), z małymi wyjątkami, wynosi 40 ÷ 120Ω. Rezystancja sondy uziemiającej o długości 1m w tych samych warunkach jest 3 ÷ 10 razy większa; przy gruncie skalistym lub zamrażniętym, zabezpieczenia ziemnozwarciowe mogą w ogóle nie zadziałać.

Korzystanie z sond uziemiających podczas pracy na liniach SN z wielokrotnia zagrożenie porażenia prądem elektrycznym.

Sondy uziemiające należy stosować tylko na liniach na podbudowie drewnianej.



6.4 Wykorzystanie uziomów naturalnych, oprócz korzyści ekonomicznych, ma wpływ na zmniejszenie zagrożeń. Uziomy naturalne są trwalsze i mniej podatne na uszkodzenia.

W sieciach elektroenergetycznych uziomami naturalnymi są żelbetowe fundamenty i części podziemne słupów ŻN, BSW i in. z dostępem do zbrojenia.

W słupach wirowanych typu E dostępu do zbrojenia brak, co uniemożliwia wykonanie połączeń z uziomami sztucznymi oraz konstrukcjami stalowymi pod izolatory.

Brak tych ostatnich – w razie opadnięcia przewodu na konstrukcję – grozi niezadziałaniem zabezpieczeń ziemnozwarciowych ($R_p \approx 1000\Omega$) w liniach SN i uszkodzeniem słupów przez małe, ale długotrwałe prądy doziemne I_E . Znane są wypadki złamań słupów z bardzo ciężkimi skutkami dla ludzi.

6.5 Analizy przyczyn i okoliczności wypadków elektrycznych wskazują, jak ważna jest znajomość czynników wypadkogennych dla prawidłowej oceny ryzyka. Do zagrożeń należy m.in. zaliczyć też : pośpiech, dekoncentrację uwagi, uciążliwe metody pracy, nieodpowiedni i ciężki sprzęt oraz zwykłą ludzką omyłność.

Ważnym wskazaniem dla zmniejszenia ryzyka w czasie prac na urządzeniach wyłączonych spod napięcia – może być bezwypadkowość w czasie prac technologią pod napięciem (ppn). Zasadnicze znaczenie mają tu :

- nieustanna świadomość u wykonawców robót obecności napięcia na urządzeniu,
- jednoosobowa odpowiedzialność kierującego zespołem (brygadzysty) za jakość i bezpieczeństwo pracy.

Wynika stąd, że zagrożeniem jest nieuzasadnione rozproszenie obowiązków i odpowiedzialności na kilka osób, co zwiększa prawdopodobieństwo niedoinformowania, przekłamań i dekoncentracji uwagi u wykonawców.

7. Wymagania przepisów oraz skuteczne uziemianie urządzeń elektroenergetycznych

7.1 Obowiązujące przepisy (2.4) określają ogólne wymagania w zakresie zabezpieczania miejsc pracy.

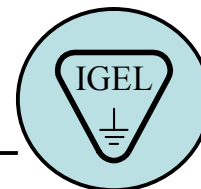
Przed przystąpieniem do wykonywania prac przy urządzeniach i instalacjach elektrycznych wyłączonych spod napięcia należy :

- 1) zastosować odpowiednie zabezpieczenia przed przypadkowym załączeniem napięcia,
- 2) wywiesić tabliczkę ostrzegawczą w miejscu wyłączenia obwodu o treści : „Nie załączać”,
- 3) sprawdzić brak napięcia w wyłączonym obwodzie,
- 4) uziemić wyłączone urządzenia,
- 5) zabezpieczyć i oznaczyć miejsce pracy odpowiednimi znakami i tablicami ostrzegawczymi.

Uziemienia należy wykonać tak, aby miejsce pracy znajdowało się w strefie ograniczonej uziemieniami; co najmniej jedno uziemienie powinno być widoczne z miejsca pracy.

W razie zasilania wielostronnego, uziemienia winny być wykonane od każdej strony zasilania.

Norma (2.3) ściślej określa, że wszystkie części, na których będzie wykonywana praca, powinny być uziemione i zwarte tak, aby nie wystąpiły niebezpieczne różnice potencjałów. W praktyce oznacza to połączenie z uziemionym stanowiskiem (konstrukcje stalowe, żelbetowe) swartych faz w miejscu pracy. Uziemiacze powinny spełniać rolę połączeń wyrównawczych, jako skutecznego środka ochrony przeciwporażeniowej.



7.2 Uziemianie oraz towarzyszące mu czynności, należy wykonywać przy użyciu sprzętu ochrony osobistej, w zakresie przewidzianym w szczegółowych instrukcjach stanowiskowych i fabrycznych.

7.3 Uziemianie urządzeń elektroenergetycznych

7.3.1 Rozdzielnie napowietrzne WN : 110, 220 i 400kV budowane są na ekwipotencjalnej siatce uziemiającej, z którą połączone są wszystkie stalowe konstrukcje wsporcze i obudowy urządzeń. Zainstalowane na szynach rozdzielni i odejściach uziemniki stałe oraz dodatkowe uziemiace przenośne na stanowiskach roboczych zapewniają skuteczne zabezpieczenie miejsc pracy w sposób widoczny. Uziemianie na stanowisku pracy chroni też przed napięciami indukowanymi.

7.3.2 Linie napowietrzne WN 110, 220 i 400kV budowane są na stalowych masztach, ustawionych na żelbetowych fundamentach. Uziomy sztuczne i naturalne poszczególnych stanowisk, połączone poprzez konstrukcje słupów przewodami odgromowymi, wraz z uziomami stacji krańcowych tworzą jednolity system uziemiający. Dla prac elektrycznych blokowana jest automatyka SPZ i zamykane są uziemniki stałe na końcach linii. W tych warunkach skuteczną ochronę w miejscu pracy zapewnia :

- przy zachowaniu ciągłości wszystkich przewodów – jeden widoczny, łączący przewody robocze z konstrukcją słupa uziemiacz przenośny;
- przy braku ciągłości przewodów, np. rozłączone mostki, każda odłączona część winna być w skuteczny sposób uziemiona, najkorzystniej na stanowisku roboczym. Najłatwiejsze w użyciu są uziemiace pojedyncze U1.

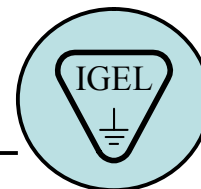
Uwaga : Zakładanie uziemiaczy przenośnych poza stanowiskami pracy, np. w środku przesła (najniżej), jest dopuszczalne pod warunkiem połączenia sondy uziemiającej ze słupem, na którym pracują ludzie.

7.3.3 Przy pracach wykonywanych przy wyłączonym jednym torze dwutorowej elektroenergetycznej linii napowietrznej 110, 220 i 400kV należy :

- 1) tor linii, na którym będą wykonywane prace, wyłączyć spod napięcia i uziemić we wszystkich punktach zasilania oraz założyć uziemiace na przewody robocze na najbliższych słupach ograniczających miejsce pracy,
- 2) zablokować automatykę SPZ na torze pozostającym pod napięciem, a w miejscu pracy oznaczyć tor pozostający pod napięciem,
- 3) założyć dodatkowe uziemiace :
 - a) na przewody robocze na każdym słupie, na którym wykonywane są prace wymagające dotykania przewodów roboczych,
 - b) po obu stronach mostka przewodu roboczego przy jego rozłączaniu lub łączeniu,
 - c) na przewód odgromowy w miejscu wykonywania na nim prac w warunkach przerwania metalicznego połączenia przewodu odgromowego z konstrukcją słupa.

7.3.4 Przy pracach wykonywanych przy wyłączonej jednotorowej elektroenergetycznej linii napowietrznej należy założyć dodatkowe uziemiace, o których mowa w p.7.3.3.3, jeżeli przebiega ona równolegle na odcinkach o łącznej długości większej niż 2 km od elektroenergetycznej linii napowietrznej o napięciu znamionowym :

- 1) 110kV – w odległości mniejszej niż 100m,
- 2) 220kV – w odległości mniejszej niż 150m,
- 3) 400kV – w odległości mniejszej niż 200m,
- 4) 750kV – w odległości mniejszej niż 250m.



7.3.5 Uziomy węzłowych rozdzielni SN w GPZ i PZ oraz zasilanych z nich kablami stacji transformatorowych SN/nn – wraz z siecią nn pracującą w układzie TN – tworzą wspólny system uziemiający o małej rezystancji.

W polach odciesciowych rozdzielni węzłowych SN, przy głowicach kablowych instalowane są uziemniki stałe.

Na szynach zbiorczych i odgałęźnych rozdzielni węzłowych SN i wewnętrznych stacji transformatorowych, niezbędne jest przygotowanie stałych punktów przyłączenia (3.4) dla zacisków fazowych uziemiaczy, aby umożliwić poprawne ich zakładanie przy obustronnym uziemianiu miejsca pracy.

7.3.6 Linie kablowe SN i nn do prac uziemiane są na końcach : w stacjach transformatorowych SN/nn, w szafkach rozdzielczych i złączach kablowych, gdzie zawsze jest dostęp do wspólnego systemu uziemiającego. Przy głowicach kabli SN, jeżeli nie ma uziemników stałych, powinny być przygotowane stałe punkty przyłączenia (3.4).

Końcówki kabli nn podłączone są do podstaw bezpiecznikowych, których szczęki, lub gniazda są stałymi punktami przyłączenia dla uziemiaczy przenośnych dobranej typu.

Wszystkie odłączone od szyn i urządzeń żyły kabli SN i nn powinny być zwarte i uziemione przy pomocy np. zwieraczy z zaciskami kleszczowymi. Zwieracze takie przydatne są również dla czasowego uziemiania wolnych żył przy montażu muf i głowic kablowych.

Przy naprawach na trasie, sprzęt służący do przecinania powinien być połączony z uziomem naturalnym, a w razie jego braku – z sondą uziemiającą, wbitą tuż przy przecinanym kablu.

7.3.7 W liniach napowietrznych SN, słupy kratowe i ze zbrojonego betonu są w naturalny sposób uziemione. Rezystancja przejścia do gruntu części podziemnych na ogół nie przekracza 120Ω . Z opisanych w p. 6.3 zagrożeń wynika, że najskuteczniejszą i przy użyciu lekkiego sprzętu – najłatwiejszą metodą zabezpieczenia przed porażeniami jest połączenie zwartych przewodów roboczych ze słupem, na którym odbywa się praca. Uziemiacze spełniają wtedy rolę połączeń wyrównawczych wszystkich odłączonych części z przewodzącym słupem i są zarazem wskaźnikiem braku napięcia.

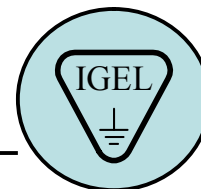
Na suchych słupach drewnianych zagrożenie jest mniejsze i wystarczy przestrzeżenie przepisu, żeby miejsce pracy znajdowało się w strefie ograniczonej uziemieniami i co najmniej jedno uziemienie na każdym odłączonym odcinku linii było widoczne. Jako uziomy służą wbite w grunt sondy uziemiające.

Podczas przeglądów linii na słupach przewodzących, wykonywanych przez kilka brygad, kiedy wyłączony odcinek lub odgałęzienie są na krańcach i w miejscach pracy uziemione tak, że wypadkowa rezystancja uziomów (R_w) nie przekracza kilku omów i napięcie dotykowe ($U_T = I_R \times R_w$) kilkudziesięciu woltów – nie ma konieczności zakładania uziemiaczy na każdym słupie, na którym pracuje człowiek. Wystarczy zachowanie przepisowych zasad, jak dla suchych słupów drewnianych.

7.3.8 Słupy żelbetowe linii napowietrznych nn są w naturalny sposób uziemione. Wypusty pospawanej ze zbrojeniem bednarki stanowią stałe punkty przyłączenia zacisków uziemiających.

W sieci nn pracującej w układzie TN, rolę systemu uziemiającego pełni wielokrotnie uziemiony przewód zerowy PEN. Przy zachowaniu ciągłości przewodu zerowego, połączenie z nim zwartych przewodów fazowych przy pomocy zwieracza (Z) zapewnia już bezpieczną pracę.

Uziemiacze (U) są niezbędne, jeżeli linia nn, na której odbywa się praca – krzyżuje się z inną czynną linią elektroenergetyczną czy trakcyjną, lub jest do nich niebezpiecznie zbliżona. Wtedy też, miejsca dodatkowo zakładanych uziemiaczy przenośnych, należy opisać w poleceniu na pracę.



8. Optymalizacja w gospodarce uziemiaczami

8.1 W uziemiacze przenośne wyposażone są :

- rozdzielnie WN 110,220 i 400 kV oraz stacje WN/SN
- brygady pogotowia w rejonach energetycznych
- brygady wykonawstwa w rejonach sieciowych.

Optymalizacja polega na doborze w miarę ujednoliconego, lekkiego i łatwego w obsłudze sprzętu uziemiającego, który jednocześnie umożliwi uziemianie w sposób skuteczny.

O lekkości uziemiaczy decyduje głównie długość i przekrój przewodów zwierających i uziemiających.

Na łatwość obsługi ma wpływ przede wszystkim konstrukcja zacisków fazowych, a korzystna jest również ograniczona do rzeczywistych potrzeb długość przewodów.

W rozdzielniach WN i SN niezbędne jest zainstalowanie na szynach stałych punktów przyłączenia (p.3.3).

W uziemiaczach wielofazowych, więcej zalet ma szeregowe łączenie zacisków.

Dane wyjściowe do obliczeń wartości znamionowych uziemiaczy dla urządzeń elektroenergetycznych WN i SN, znajdują się w tabelarycznych zestawieniach stacji WN, opracowywanych przez Oddziały PSE SA na potrzeby każdego Zakładu Energetycznego.

Pracę ułatwia nowe zestawienie tabelaryczne z pogrupowanymi wg Rejonów Energetycznych stacjami WN i dodatkowymi kolumnami dla obliczonych reaktancji systemu zasilającego WN i transformatorów WN/SN oraz prądów zwarciovych i całek Joule'a na wszystkich poziomach napięć i urządzeń jak :

- szyny zbiorcze i pola odejściowe WN
- szyny zbiorcze i pola odejściowe SN.

Przy obliczeniach, analizie wyników i wyborze optymalnych przekrojów przewodów uziemiaczy, pomocne będą charakterystyki z rysunków 1,2 i 3.

8.2 Wartości znamionowe uziemiaczy, przeznaczonych na wyposażenie rozdzielni WN 110, 220 i 400 kV, ustalane są indywidualnie, stosownie do występujących na szynach wielkości prądów zwarcia I_r i całek Joule'a $I_r^2 \cdot t_r$.

Najłatwiejsze w obsłudze są uziemiacze jednofazowe (U1) o długościach przewodów :

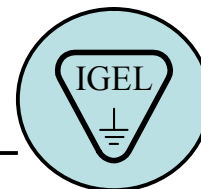
- dla rozdzielni 400kV – 8m
- dla rozdzielni 110 i 220 kV – 6m.

Również indywidualnie ustala się wartości znamionowe uziemiaczy dla rozdzielni SN w stacjach WN/SN. Powszechnie przyjęły się uziemiacze trójfazowe lekkie (U3L) szeregowe, z przewodami o długościach : uziemiające $L_1=3m$, zwierające $L_2=1m$.

8.3 Uziemiacze przenośne dla linii WN 110, 220 i 400 kV stanowią wyposażenie brygad specjalistycznych. Do zakładania na słupach kratowych najwygodniejsze są uziemiacze jednofazowe (U1) o długościach :

- dla linii napowietrznych 400kV – 8m
- dla linii napowietrznych 110 i 220 kV – 6m.

Jednakowe długości przewodów dla sieci i stacji umożliwiają w szczególnych przypadkach wspólne wykorzystywanie.



W zależności od wartości prądów zwarciovych I_r i całek Joule'a $I_r^2 \cdot x_r$ w poszczególnych liniach, obsługiwanych przez daną jednostkę organizacyjną, wybiera się jeden lub dwa przekroje przewodów, korzystając z informacji podanych w p.5.3.

8.4 Najbardziej uzasadnione jest ujednoczenie przekroju przewodów zwierających uziemiaczy dla sieci SN, przeznaczonych na wyposażenie brygad pogotowia i wykonawstwa w Rejonie Energetycznym.

W praktyce widoczny jest podział na :

- Rejony Energetyczne wielkomiejskie, obsługujące sieć kablową z wewnętrznymi stacjami transformatorowymi SN/nn, zasilaną często transformatorami 25 MVA o niższym (dawne jednostki) napięciu zwarcia.
- Rejony Energetyczne w mniejszych miastach, obsługujące niewielką sieć kablową z wewnętrznymi stacjami transformatorowymi SN/nn oraz rozległą terenowo sieć napowietrzną, zbudowaną prawie wyłącznie na słupach żelbetowych; moce transformatorów WN/SN, z niewielkimi wyjątkami, nie przekraczają 16 MVA.

Przy obecnym stanie zabezpieczeń liniowych w GPZ, dla sieci kablowych o napięciu 15 i 20 kV, odpowiednie będą uziemiacze trójfazowe lekkie (U3L), szeregowo, z przewodami uziemiającymi o długości $L_1=3m$ i przekroju $16 \text{ mm}^2\text{Cu}$ oraz przewodami zwierającymi o długości $L_2=1m$ i przekroju 25 mm^2 lub $35 \text{ mm}^2\text{Cu}$.

Dla linii napowietrznych 15 i 20 kV na słupach żelbetowych najbardziej przydatne są uziemiacze trójfazowe lekkie (U3L), szeregowo, z przewodami uziemiającymi o długości $L_1=3-3,5m$ i przekroju $16 \text{ mm}^2\text{Cu}$ oraz przewodami zwierającymi o długości $L_2=3m$ i przekroju $25 \text{ mm}^2\text{Cu}$ (p.5.5). Przy bardzo nielicznych (ok. 1%) słupach drewnianych potrzebny jest wtedy dodatkowy przewód (przedłużacz) z sondą uziemiającą. Długość sondy uziemiającej 1m, długość przewodu uziemiającego 8m, a przekrój jak w uziemiaczach - $16 \text{ mm}^2\text{Cu}$. Rozwiązanie takie ze względów ergonomicznych jest korzystniejsze niż uziemiacze ze zbyt długim (dla 99% przypadków), bo 10m przewodem uziemiającym.

8.5 Dla uziemiania sieci kablowych nn odpowiednie są uziemiacze trójfazowe, z przewodami uziemiającymi o długości $L_1=1m$ oraz przewodami zwierającymi o długości $L_2=0,3m$ do potrójnych podstaw bezpiecznikowych dużej mocy oraz $L_2=0,5m$ – do podstaw pojedynczych w układzie pionowym. Przewody o przekroju jak w p.5.6.

Ze względu na to, że w listwowych rozłącznikach bezpiecznikowych szczęki do wkładek topikowych są ulokowane głębiej, konieczna jest odpowiednia konstrukcja zacisków fazowych.

Uziemiacze zakładane w gniazdach bezpiecznikowych wykonywane są w dwóch odmianach - do uziemiania od strony zasilania (śruba stykowa) i odejścia (gwint) oraz do uziemiania tylko na odejściu (gwint) linii nn, najczęściej oświetleniowej.

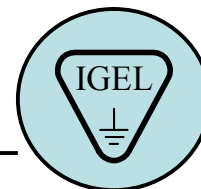
Jednolity przekrój przewodów uziemiaczy - $16 \text{ mm}^2\text{Cu}$.

Długość przewodów : uziemiający - $L_1=1m$, zwierające - $L_2=0,3m$.

Jednofazowe obwody oświetleniowe na terenach wiejskich uziemiane są uziemiaczami pojedynczymi (U1) o długości $L_1=1m$.

8.6 Uziemiacze dla linii napowietrznych nn, w zdecydowanej większości wiejskich, z dodatkowym przewodem zasilającym oświetlenie uliczne, wykonywane są w układzie pięcio- (U5), a nawet sześci zaciskowym (U6).

Dodatkowe zaciski mogą też być wykorzystywane do uziemiania odgałęzień, czy przyłączy.



Optymalne długości przewodów : uziemiających $L_1=2\text{m}$, zwierających $L_2=0,7\text{m}$.

Przy płaskim układzie 4 przewodów linii głównej, jeden z przewodów zwierających zaciski fazowe powinien mieć długość $L_2=1\text{m}$ (pomiędzy „0” i przewodem oświetleniowym).

Przekroje wszystkich przewodów uziemiaczy nie powinny przekraczać $16\text{mm}^2\text{Cu}$ (p.5.7).

9. Użytkowanie, konserwacja , naprawy i wycofanie z eksploatacji

9.1 Ze względu na bezpieczeństwo, ze sprzętem uziemiającym i zwierającym należy się obchodzić z wielką pieczołowitością. Uziemiacze, w stanie czystym, powinny być przechowywane i przewożone w pokrowcach. Przy temperaturach poniżej -15°C korzystne jest ich zabieranie na roboty z cieplejszych pomieszczeń.

W czasie robót na liniach napowietrznych, uziemiacze powinny być wciągane i opuszczane przy pomocy linki. Uziemiacze z kilkoma zaciskami śrubowymi, zaopatrzone w pomocniczy wieszak, umożliwiają łatwiejsze i bezpieczniejsze manipulacje przy pomocy izolacyjnego drążka uziemiającego.

Przed każdorazowym użyciem uziemiacz powinien być dokładnie kontrolowany. Uszkodzenie izolacji przewodu, lub pokazanie się gołego przewodu, powinno być uważane za uszkodzenie poważne i w tym przypadku należy rozważyć wycofanie uziemiacza z eksploatacji. Poważną usterką jest też niesprawny zacisk fazowy lub uziemiający.

9.2 Stosownie do potrzeb, bieżąca konserwacja, w praktyce ogranicza się do utrzymywania uziemiaczy w czystości, za pomocą ogólnie stosowanych środków. Do zmywania tłuszczu, osadów i zabrudzeń można zastosować np. benzynę ekstrakcyjną. Nie wolno natomiast używać rozpuszczalników nitro, poliuretanowych, czy poliwinylowych, do czyszczenia przewodów oraz uchwytów izolacyjnych.

Zabrudzoną powierzchnię uchwytów izolacyjnych z włókna poliestrowo-szklanego można przetrzeć drobnym płótnem ściernym, a następnie pomalować lakierem poliuretanowym.

9.3 Uchwyty izolacyjne zacisków fazowych, wykonane z pełnych prętów z włókna poliestrowo-szklanego, nie wymagają okresowych prób napięciowych.

9.4 Uziemiacze na wyposażeniu brygad pogotowia i wykonawstwa są często intensywnie użytkowane w trudnych warunkach terenowych, stąd szybszy jest proces ich zużycia. Nawet drobne uszkodzenia zacisków lub izolacji przewodów powinny być naprawiane w wyspecjalizowanym warsztacie, aby sprzęt zawsze, jakościowo spełniał wymagania normy (2.1).

W razie trudności w usunięciu usterki we własnym zakresie, należy zasięgnąć porady i pomocy u producenta.

Najbardziej narażonymi na uszkodzenia mechaniczne są przewody uziemiacza, zarówno izolacja jak i linka Cu. Drobne uszkodzenia izolacji można zabezpieczyć rurą termokurczliwą z klejem.

W razie uszkodzenia izolacji i linki przy zacisku fazowym, czy uziemiającym, przewód należy przeciąć, usunąć uszkodzony fragment i zaprasować przepisowo nową końcówkę kablową i zabezpieczyć ponownie rurą termokurczliwą z klejem.

Zgodnie z normą (2.1), urządzenie, które zostało poddane działaniu prądu zwarciovego powinno zostać wycofane z eksploatacji, chyba że zostanie stwierdzone drogą dokładnych badań, obliczeń i kontroli, że oddziaływanie prądu było na tyle umiarkowane, że nie spowodowało negatywnych skutków mechanicznych lub cieplnych.

Jeżeli istnieje jakakolwiek wątpliwość co do dobrego stanu urządzenia, to powinno być wycofane z eksploatacji.