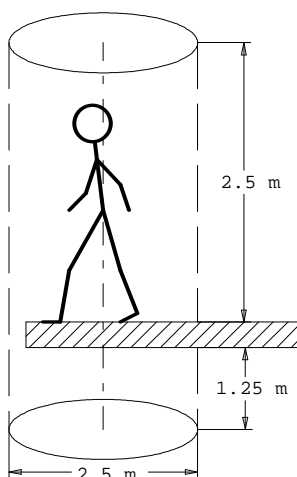


# Wiadomości wstępne

## Podstawowe określenia

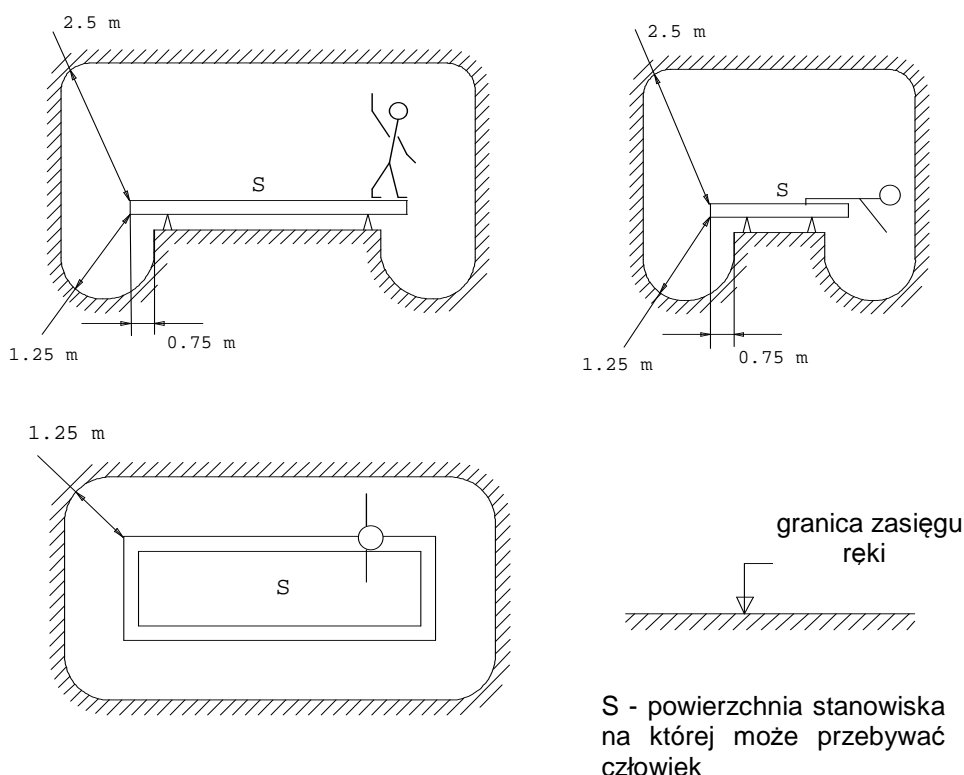
- a) **część czynna** - oznacza żyłę przewodu, szynę lub inną część wiodącą prąd elektryczny, znajdujące się pod napięciem w czasie normalnej pracy; przewód neutralny N jest także częścią czynną,
- b) **przewód neutralny N** - oznacza przewód roboczy wyprowadzony z punktu neutralnego sieci (dawne określenie: przewód zerowy),
- c) **przewody skrajne** - termin stosowany dla określenia:
  - przewodów fazowych przy prądzie przemiennym,
  - przewodu dodatniego i ujemnego przy prądzie stałym,
- d) **przewód ochronno-neutralny PEN** - oznacza przewód, który pełni jednocześnie funkcje przewodu neutralnego N i przewodu ochronnego PE,
- e) **przewód ochronny PE** - oznacza przewód, do którego przyłącza się części przewodzące dostępne i obce w celu objęcia ich ochroną przeciwporażeniową dodatkową,
- f) **przewód uziomowy** - oznacza przewód łączący uziom z przewodem ochronnym lub z zaciskiem probierczym uziomowym,
- g) **części przewodzące dostępne** - oznaczają elementy przewodzące urządzenia, znajdujące się w zasięgu ręki i oddzielone od części czynnych jedynie izolacją roboczą, które mogą znaleźć się pod napięciem w warunkach zakłóceń (np. w wyniku uszkodzenia izolacji),
- h) **części przewodzące obce** - oznaczają te elementy przewodzące, które nie są częściami urządzeń a mogące znaleźć się pod napięciem,
- i) **części jednocześnie dostępne** - oznaczają części czynne, przewodzące dostępne, przewodzące obce, przewody ochronne, wyrównawcze i uziomy, które znajdują się w zasięgu ręki,
- j) **zasięg ręki** - oznacza dostępny wokół człowieka obszar w kształcie walca (rys. nr 1.1.), o średnicy 2.5 m i wysokości :
  - 2.5 m ponad poziomem ustawienia stóp oraz,
  - 1.25 m poniżej poziomu ustawienia stóp.<sup>1</sup>



Rys. 1.1. Dostępny wokół człowieka obszar w kształcie walca

<sup>1</sup> PN-91/E-05009/02

Pełniejsze określenie zasięgu ręki pokazane jest na poniższym rysunku (wg PN - 92/E - 05009/41)



Rys. 1.2. Zasięg ręki

- k) **napięcie dotykowe** - oznacza napięcie, które występuje w warunkach normalnych lub może pojawić się w warunkach zakłóceń pomiędzy dwoma częściami jednocześnie dostępnymi, nie należącymi do obwodu elektrycznego,
- l) **napięcie rażeniowe dotykowe** - oznacza spadek napięcia na ciele człowieka podczas przepływu prądu spowodowanego napięciem dotykowym,
- m) **napięcie uziomowe** - oznacza napięcie na uziemiu, wywołane prądem uziomowym względem „ziemi odniesienia” (tj. dowolnego punktu na powierzchni ziemi, którego potencjał nie zależy od wartości prądu uziomowego),
- n) **prąd rażeniowy** - oznacza prąd (albo jego wartość) przepływający przez ciało człowieka w wyniku oddziaływania napięcia rażeniowego,
- o) **SELV** (Safety extra-low voltage) - bardzo niskie napięcie bezpieczne,
- p) **PELV** (Protection extra-low voltage) - bardzo niskie napięcie ochronne,
- r) **FELV** (Funcional extra-low voltage) - bardzo niskie napięcie funkcjonalne,
- s) **ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa)** - oznacza ochronę zapobiegającą niebezpiecznym skutkom dotknięcia części czynnych,
- t) **ochrona przed dotykiem pośrednim (ochrona dodatkowa)** - oznacza ochronę zapobiegającą niebezpiecznym skutkom dotknięcia części przewodzących dostępnych w wyniku pojawienia się na nich napięcia w warunkach zakłóceń,
- u) **zakresy napięcia** - napięcia o wartościach podanych w tabeli nr 1.1.

Tabela 1.1. Zakresy napięcia<sup>2</sup>

ZAKRES NAPIĘCIA	NAPIĘCIA PRĄDU PRZEMIENNEGO [ V ]		
	UKŁADY Z UZIEMIENIAMI		UKŁADY IZOLOWANE LUB Z UZIEMIENIAMI POŚREDNIMI
	FAZA – ZIEMIA	FAZA - FAZA	FAZA - FAZA
I	$U \leq 50$	$U \leq 50$	$U \leq 50$
	$U \leq 25$	$U \leq 25$	$U \leq 25$
	$U \leq 12$	$U \leq 12$	$U \leq 12$
II	$50 < U \leq 600$	$50 < U \leq 1000$	$50 < U \leq 1000$

ZAKRES NAPIĘCIA	NAPIĘCIA PRĄDU PRZEMIENNEGO [ V ]		
	UKŁADY Z UZIEMIENIAMI		UKŁADY IZOLOWANE LUB Z UZIEMIENIAMI POŚREDNIMI
	BIEGUN - ZIEMIA	BIEGUN - BIEGUN	BIEGUN - BIEGUN
I	$U \leq 120$	$U \leq 120$	$U \leq 120$
	$U \leq 60$	$U \leq 60$	$U \leq 60$
	$U \leq 30$	$U \leq 30$	$U \leq 30$
II	$120 < U \leq 900$	$120 < U \leq 1500$	$120 < U \leq 1500$

U - oznacza napięcie znamionowe instalacji w woltach

Napięcia zakresu I to:

- SELV
- PELV
- FELV

Napięcia zakresu II to:

- napięcie występujące w układzie sieciowym TN
- napięcie występujące w układzie sieciowym TT
- napięcie występujące w układzie sieciowym IT
- napięcie w układzie separowanym.

Wartości napięć I zakresu odpowiadają wartościom napięć uważanych za bezpieczne.

## Układy sieciowe

W celu jednoznacznego rysowania, oznaczania i rozróżniania układów sieciowych wprowadzone zostały następujące oznaczenia:

a) pierwsza litera:

**T** - oznacza, że układ sieciowy posiada bezpośrednio uziemiony punkt neutralny,

**I** - oznacza, że punkt neutralny układu sieciowego jest izolowany od ziemi, albo uziemiony poprzez bardzo dużą impedancję,

b) druga litera:

**N** - oznacza, że części przewodzące dostępne odbiorników połączone są z punktem neutralnym sieci poprzez uziemiony przewód ochronny PE lub przewód ochronno-neutralny PEN,

**T** - oznacza, że części przewodzące dostępne odbiorników połączone są z uziemieniami,

<sup>2</sup> Baczkowski A., Lenartowicz R.: *Instalacje elektryczne w budynkach w świetle aktualnych przepisów i norm.* COBR „Elektromontaż” Warszawa 1995

c) trzecia litera (odnosi się do układów typu TN):

- C** - oznacza, że układ sieciowy posiada przewód ochronno - neutralny PEN,
- S** - oznacza, że w układzie sieciowym zostały rozdzielone funkcje przewodu PEN i od początku układu wyprowadzone zostały: przewód ochrony PE oraz izolowany przewód neutralny N,
- CS** - oznacza, że w układzie sieciowym wyprowadzony został przewód ochronno - neutralny PEN, który rozdziela się na przewód ochronny PE i przewód neutralny N w pewnej odległości od początku układu sieciowego np. w złączu kablowym budynku.<sup>3</sup>

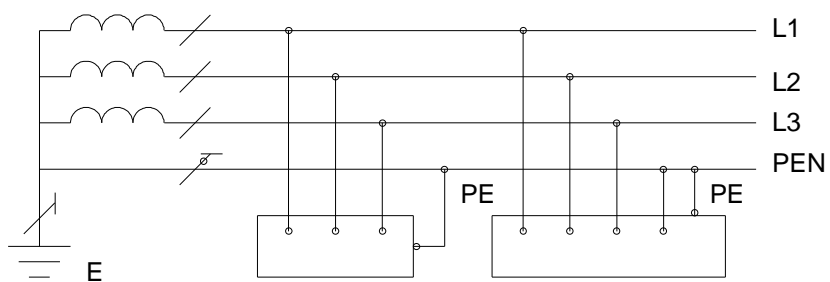
Tabela 1.2.1. Kody literowe i barwne przewodów.<sup>4</sup>

Rodzaje przewodów w układach zasilania	Literowe wg PN-90/E-01242	Barwa kodowa	Kod literowy
	wg PN-90/E-05029		
<b>Układ zasilania prądu stałego</b>			
Przewód o biegunowości dodatniej	L+	czerwona	RD
Przewód o biegunowości ujemnej	L -	ciemnoniebieska	BU
Przewód środkowy	M	jasnoniebieska (paski)	BU
<b>Układ zasilania prądu przemiennego</b> (czterozłoty izolowany z przewodem ochronnym PE )			
Przewód fazy 1	L1	żółta	YE
Przewód fazy 2	L2	zielona	GN
Przewód fazy 3	L3	fioletowa	VT
Przewód neutralny (zerowy)	N	jasnoniebieska (jednolita lub paski)	BU
<b>Przewody ochronne</b>			
Przewód uziemiający (uziemienie)	E	kombinacja pasków barwy zielonej i żółtej	GN-YE
Przewód ochronny („uziemienie” ochronne)	PE	jw.	GN-YE
Przewód ochronno - neutralny (ochronno-zerowy)	PEN	jw. oraz na końcu pasek jasnoniebieski	GN-YE+BU
Przewód uziemiający bezzakłóceńowy (uziemienie bezszumowe)	TE	kombinacja pasków barwy zielonej i żółtej	GN-YE GN-YE
Przewód łączący z obudową (masa)	MM	jw.	GN-YE
Przewód wyrównawczy	CC	Jw.	

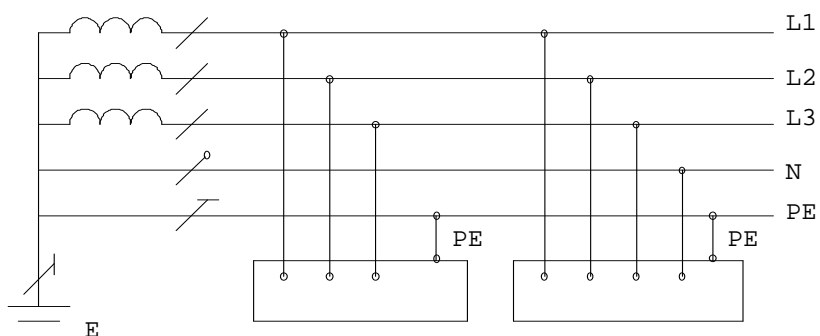
<sup>3</sup> Kotlarski w., Grad J.: *Aparaty i urządzenia elektryczne*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995

<sup>4</sup> PN-90/E-05029

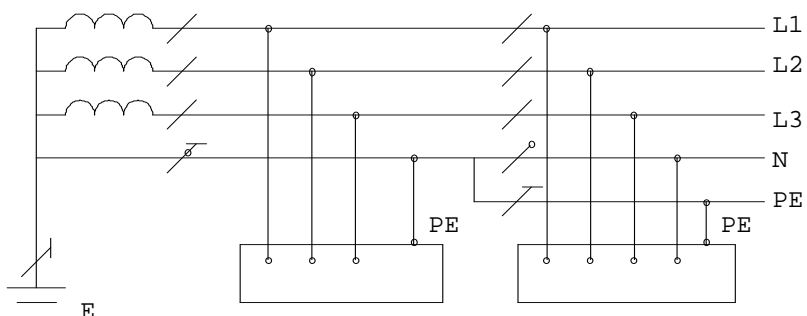
## Schematy układów sieciowych<sup>5</sup>



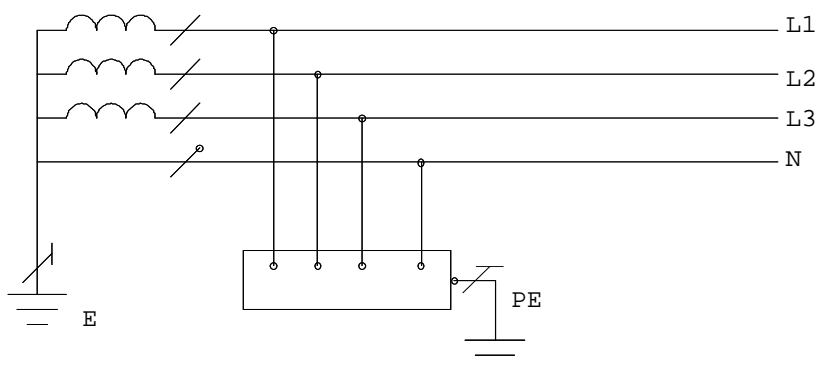
Rys.1.3. Układ sieciowy TN – C



Rys. 1.4. Układ sieciowy TN – S

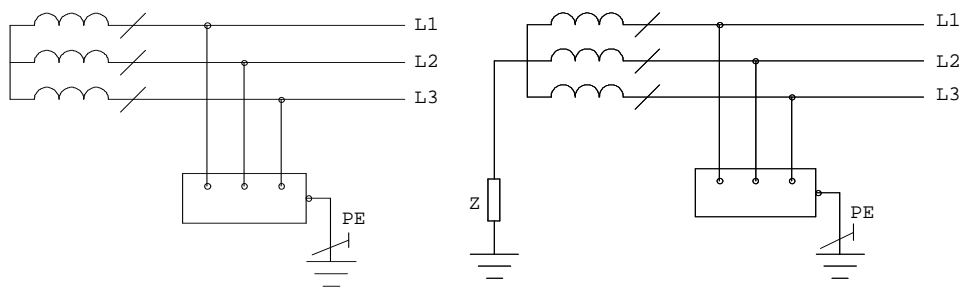


Rys. 1.5. Układ sieciowy TN - C – S



Rys. 1.6. Układ sieciowy TT

<sup>5</sup> PN-91/E-05009/03



Rys. 1.7. Układy sieciowe IT

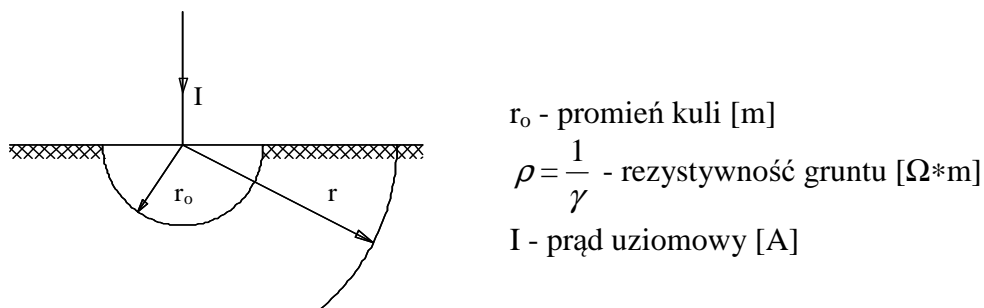
## Uziemienia

Uziemieniem jest celowo wykonane połączenie punktu sieci, konstrukcji urządzeń bądź części aparatów i urządzeń elektrycznych z metalowym przedmiotem (uziomem) umieszczonym w gruncie.

Uziemienie pełni dwie podstawowe funkcje:

1. uziemionej części urządzenia bądź konstrukcji nadaje potencjał ziemi przyjmowany jako 0 [V],
2. stanowi punkt spływu prądu zwanego prądem uziomowym gwarantując, że na uziemionej części urządzenia bądź konstrukcji nie pojawi się napięcie o zbyt dużej wartości, a rozkład potencjału wokół uziomu na powierzchni gruntu nie będzie powodował zbyt dużych napięć dotykowych.<sup>6</sup>

## Rozkład potencjału wokół uziomu półkulistego



Rys. 1.8. Rozkład potencjału wokół uziomu półkulistego

- gęstość prądu:

$$J_0 = \frac{I}{S} \left[ \frac{A}{m^2} \right]$$

ponieważ:

$$S = 2\pi r_0^2 [m^2]$$

<sup>6</sup> Wołkowiński K.: *Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972

wówczas:

$$J_0 = \frac{I}{2\pi r_0^2} \left[ \frac{A}{m^2} \right]$$

- natężenie pola elektrycznego:

$$E_0 = \frac{J_0}{\gamma} = \frac{I}{2\pi r_0^2 \gamma} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

ponieważ:

$$\frac{I}{\gamma} = \rho$$

więc:

$$E_0 = \frac{\rho}{2\pi r_0^2} \left[ \frac{V}{m} \right]$$

- potencjał:

$$V_0 = E_0 \cdot r_0 = \frac{I}{2\pi r_0 \gamma} = \frac{\rho}{2\pi r_0} [V]$$

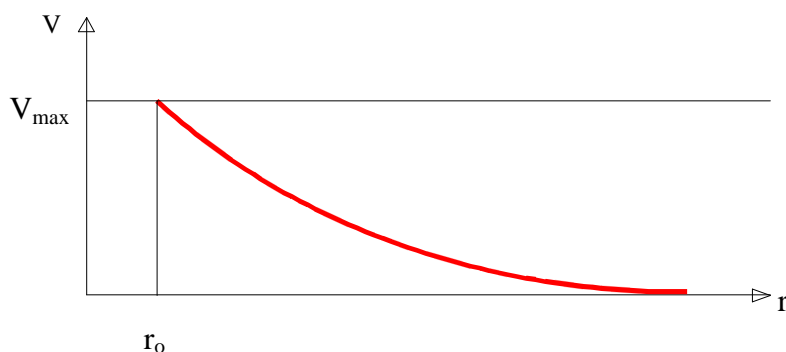
- potencjał w odległości r od środka półkuli:

$$V_r = E_p \cdot r = \frac{I}{2\pi r \gamma} [V]$$

- napięcie między powierzchnią uziomu a punktem na powierzchni gruntu w r odległości od środka półkuli:

$$U = V_0 - V_r = \frac{I}{2\pi \gamma} \left( \frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) = \frac{I}{2\pi r_0 \gamma} \left( 1 - \frac{r_0}{r} \right) = V_0 \left( 1 - \frac{r_0}{r} \right) [V]^7$$

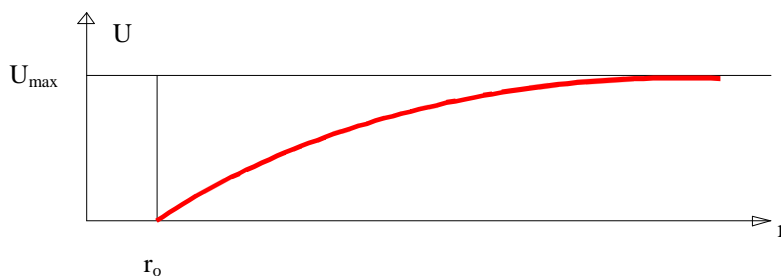
Rozkład potencjału wokół uziomu półkulistego przedstawia rys. 1.9.



Rys. 1.9

<sup>7</sup> Wołkowiński K.: *Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972

Natomiast przebieg napięcia w zależności od odległości  $r$  rys. 1.10.

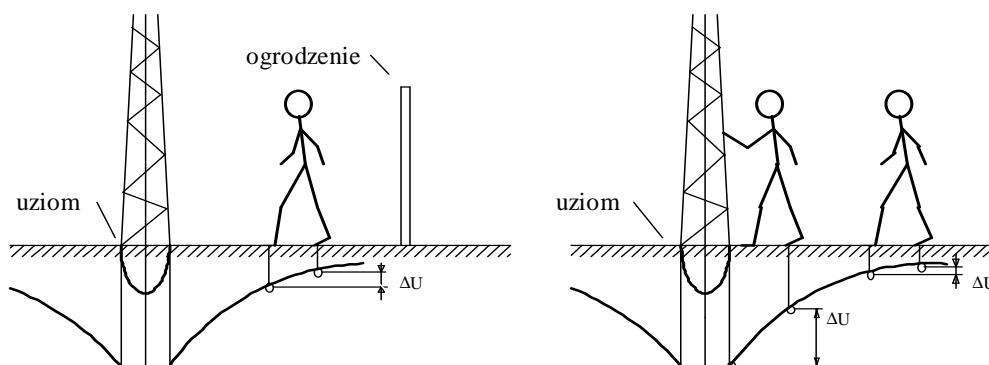


Rys. 1.10.

Zbyt duża stromość narastania napięcia powoduje powstanie dużych napięć dotykowych i krokowych w obrębie uziomu.

Natomiast zbyt powolne narastanie napięcia grozi przeniesieniem się potencjału na duży obszar np. poza obręb ogrodzenia stacji elektroenergetycznej.

Te niekorzystne zjawiska obrazuje rysunek 1.11.



Rys. 1.11. Rozkład potencjału w obrębie uziomu

## Rodzaje uziemień

Ze względu na pełnione funkcje wyróżniamy następujące rodzaje uziemień:

- 1) **uziemienia robocze**, których zadaniem jest ochrona sieci przed skutkami asymetrii napięciowej sieci oraz przed skutkami „przerzucania się” napięcia z sieci wyższego napięcia w wyniku uszkodzenia izolacji,
- 2) **uziemienia ochronne**, których zadaniem jest zapobieganie pojawieniu się lub długotrwałemu utrzymywaniu się zbyt wysokiego napięcia na częściach przewodzących dostępnych,
- 3) **uziemienia odgromowe**, które odprowadzają do ziemi prądy wyładowań atmosferycznych,
- 4) **uziemienia pomocnicze** przyrządów zabezpieczających i pomiarowych, dla których istotne jest samo uziemienie a mniej ważna rezystancja uziemienia.<sup>8</sup>

<sup>8</sup> Wołkowiński K.: *Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972



## Uziemienia robocze

Uziemienia robocze pełnią w sieci funkcje: roboczą i ochronną, przez co zapewniają jej prawidłową pracę w warunkach normalnych i zakłóceńowych.

Uziemienia robocze należy wykonywać w sieci lub urządzeniu jeżeli są one:

- zasilane z sieci o napięciu wyższym niż 1 kV,
- połączone są z liniami napowietrznymi bezpośrednio, przez transformator lub przetwornicę.

Uziemienie robocze należy wykonać w każdej stacji zasilającej. Rezystancja tego uziemienia powinna wynosić:

$$R_E \leq 5 \Omega \quad \text{i} \quad R_E \leq \frac{50}{I_z} \Omega$$

gdzie:  $I_z$  - wartość prądu zwarcia doziemnego w amperach, w sieci wyższego napięcia.

Niezależnie od uziemienia roboczego głównego, w sieci TN należy wykonać uziemienia robocze dodatkowe:

1) w sieciach napowietrznych :

- na końcu każdej linii i na końcu każdego odgałęzienia o długości większej niż 200 m,
- na końcu każdego przyłącza o długości większej niż 100 m,
- wzdłuż trasy linii w odległościach nie przekraczających 500 m,

2) w sieciach kablowych:

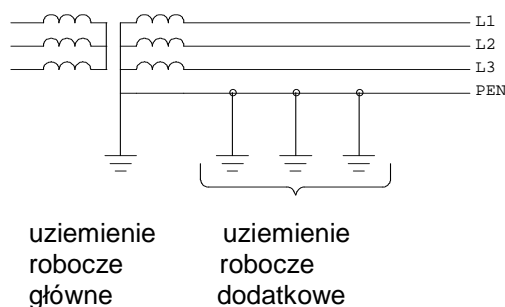
- w przyłączy każdego budynku.

Rezystancja uziemień robocznych dodatkowych nie powinna przekraczać 30  $\Omega$ , a przy wykonywaniu ich w gruncie o rezystywności większej niż 500  $\Omega \cdot \text{m}$ , rezystancja nie powinna przekraczać wartości:

$$R \leq \frac{\rho}{16}$$

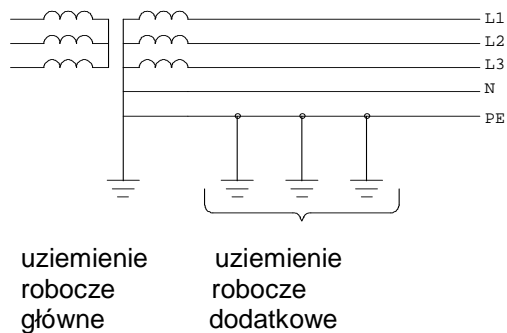
gdzie:

$\rho$  - rezystywność gruntu w [ $\Omega \text{m}$ ]<sup>9</sup>

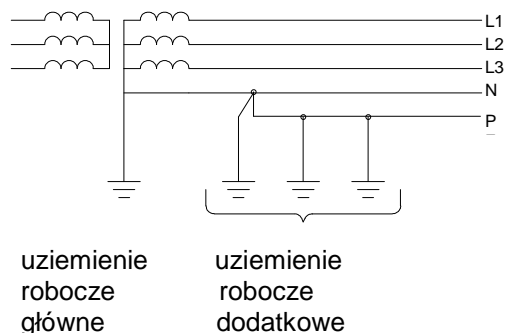


Rys. 1.12. Uziemienie robocze w sieci TN-C

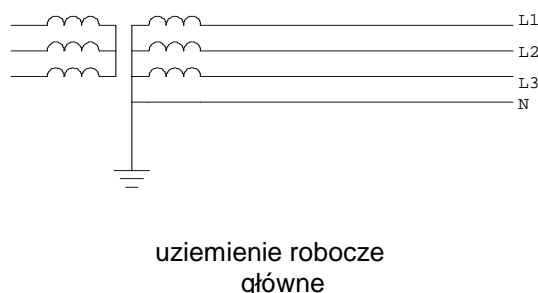
<sup>9</sup> Wołkowiński K.: *Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972



Rys. 1.13. Uziemienie robocze w sieci TN-S



Rys. 1.14. Uziemienie robocze w sieci TN-C-S



Rys. 1.15. Uziemienie robocze w sieci TT

## Uziemienia ochronne.

Uziemienia ochronne wykonuje się za pomocą uziomów i przewodów uziemiających. W urządzeniach elektroenergetycznych wykorzystuje się przede wszystkim uziomy naturalne oraz uziomy sztuczne innych obiektów, w tym uziomy słupów linii napowietrznych połączonych przewodem odgromowym, w tym uziomy słupów linii napowietrznych połączonych przewodem odgromowym. Nowe uziomy należy stosować wówczas gdy istniejące uziomy nie zapewniają wymaganego stopnia ochrony albo gdy ich wykorzystanie jest niemożliwe.

Jako uziomy naturalne wykorzystuje się ułożone w ziemi metalowe konstrukcje i elementy urządzeń oraz przewodzące fundamenty i ustoje tych urządzeń i budowli, dodatkowo wzmocnione przewodami mostkującymi.

Do wykonania uziomów sztucznych wykorzystuje się stal zwykłą, nieocynkowaną lub ocynkowaną. Uziomy te dzielą się na : pionowe i poziome.

Uziomy pionowe powinny być zagłębione w gruncie w taki sposób, aby ich dolna krawędź znajdowała się na głębokości większej niż 2.5 m. Natomiast uziomy poziome powinny być ułożone na głębokości nie mniejszej niż 0.6 m.

Elementy uziomów sztucznych powinny być połączone z naturalnymi przy pomocy spawania, zgrzewania lub zacisków śrubowych.

Każda część podlegająca ochronie powinna być połączona bezpośrednio z uziomem lub przewodem uziemiającym głównym za pomocą osobnego przewodu uziemiającego z możliwością wykorzystania konstrukcji stalowych, rurociągów i zbrojeń, o ile są połączone w sposób nierozłączny i nie znajdują się w środowisku zagrożonym wybuchem.<sup>10</sup>

## Uziemienia odgromowe.

Uziemienia odgromowe służą do odprowadzenia do ziemi udarowych prądów wyładowań atmosferycznych. Rezystancja uziemienia ma duży wpływ na skuteczność piorunochronów i powinna wynosić ~10 – 20 Ω. W przypadku gdy w budynku lub na nim znajdują się rozległe przedmioty metalowe nie połączone z przewodami piorunochronu, wartości te są celowo pomniejszane. W przypadku takim rezystancja uziemienia powinna spełniać warunek:

$$R_z \leq 5D$$

gdzie:

D oznacza najmniejszą odległość (w metrach) między rozległymi metalowymi przedmiotami, a przewodami piorunochronu.

Jednocześnie powinien być spełniony warunek:

$$D \geq 0.1L$$

gdzie:

L oznacza najmniejszą długość przewodu urządzenia piorunochronnego od miejsca zbliżenia do wejścia do ziemi.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Wołkowiński K.: *Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972

<sup>11</sup> Wołkowiński K.: *Uziemienia urządzeń elektroenergetycznych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972

## Obudowy urządzeń

Obudowa urządzenia i aparatu elektrycznego chroni ich użytkowników przed dotknięciem części czynnych, elementów ruchomych znajdujących się w ich wnętrzu oraz zapobiega przedostawaniu się do ich wnętrza wody oraz ciał stałych.








Obudowa jest również wykorzystywana jako część konstrukcyjna, służąca do montażu poszczególnych elementów składowych i nadaje urządzeniu odpowiednią wytrzymałość mechaniczną.

Stopień ochrony urządzenia zapewnionej przez obudowę oznacza się symbolem IP (International Protection) oraz kolejno cyframi odpowiadającymi stopniom ochrony:


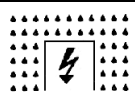
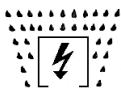
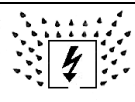

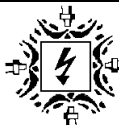

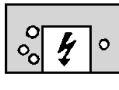
- przed dotknięciem części pod napięciem lub przed przedostaniem się ciał stałych do wnętrza urządzenia,
- przed przedostaniem się wody do wnętrza urządzenia,
- przed oddziaływaniem mechanicznym.

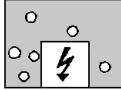
### Oznakowania obudów w zależności od stopnia ochrony

#### IP - PIERWSZA CYFRA


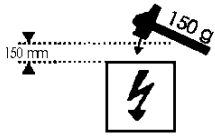
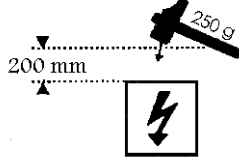
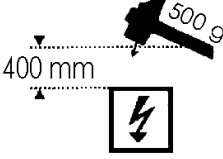
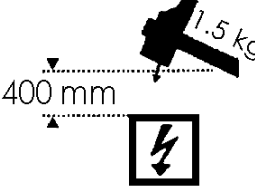
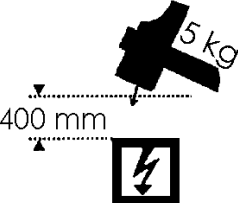
0.		żadnej ochrony	1.		ochrona przed przedostaniem się do wnętrza przedmiotów o średnicy > niż 50 mm
2.		ochrona przed przedostaniem się do wnętrza przedmiotów o średnicy > niż 12 mm	3.		ochrona przed przedostaniem się do wnętrza przedmiotów o średnicy > 2.5 mm
4.		ochrona przed przedostaniem się do wnętrza przedmiotów o średnicy > 1 mm	5.		ochrona przed pyłem, kurzem z zewnątrz
6.		całkowita pyłoszczelność			

#### IP - DRUGA CYFRA

0.		żadnej ochrony	1.		ochrona przed kroplami wody padającymi pionowo
2.		ochrona przed kroplami wody padającymi pod kątem do 15° od pionu	3.		Ochrona przed deszczem padającym pod kątem do 60° od pionu
4.		ochrona przed bryzgami wody z dowolnego kierunku	5.		Ochrona przed strugami wody z dowolnego kierunku
6.		Ochrona przed falami wody	7.		Ochrona przed zalaniem wodą

8.		ochrona przed długotrwałym zanurzeniem w wodzie
----	---	---

IP - TRZECIA CYFRA

0.		Żadnej ochrony	1.		energia uderzenia 0,225 J
2.		Energia Uderzenia 0,5 J	3.		energia uderzenia 2 J
4.		energia uderzenia 6 J	5.		energia Uderzenia 20 J