



SZKOLENIE DLA OSÓB ZAJMUJĄCYCH SIĘ EKSPLOATACJĄ SIECI ORAZ URZĄDZEŃ ENERGETYCZNYCH



ZAGADNIENIA

- PODSTAWY PRAWNE
- PODSTAWOWE POJĘCIA
- DZIAŁANIE PRĄDU NA ORGANIZM LUDZKI
- OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA



PODSTAWY PRAWNE



Art. 54. 1. Prawa Energetycznego
„Osoby zajmujące się eksploatacją
sieci oraz urządzeń i instalacji określonych
w przepisach o których mowa w ust. 6,
obowiązane są posiadać kwalifikacje
potwierdzone świadectwem wydanym
przez komisje kwalifikacyjne”



Art. 54. 2. Prawa Energetycznego:
„Zabrania się zatrudniania przy
samodzielnej eksploatacji sieci oraz
urządzeń i instalacji określonych
w przepisach, o których
mowa w ust. 6, osób bez kwalifikacji,
o których mowa w ust. 1.”



Podział uprawnień ze względu na zakres odpowiedzialności.

- EKSPLOATACJA- stanowiska osób wykonujących prace w zakresie obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym
- DOZÓR- stanowiska osób kierujących czynnościami osób wykonujących prace w zakresie obsługi, konserwacji, remontów, montażu i kontrolno-pomiarowym



**Podział urządzeń, instalacji i sieci przy
których eksploatacji jest wymagane
posiadanie kwalifikacji wg rozporządzenia
Ministra Gospodarki:**

1. Grupa I - urządzenia elektroenergetyczne,
2. Grupa II urządzenia zużywające ciepło, paliwa stałe i płynne oraz przetwarzające i przesyłające ciepło,
3. Grupa III urządzenia i sieci gazowe.



Grupa I - urządzenia elektroenergetyczne:

1. Urządzenia prądotwórcze przyłączone do krajowej sieci elektroenergetycznej bez względu na wysokość napięcia
2. Urządzenia, instalacje i sieci o napięciu nie wyższym niż 1kV
3. Urządzenia, instalacje i sieci o napięciu znamionowym powyżej niż 1kV
4. Zespoły prądotwórcze
5. Urządzenia elektrotermiczne
6. Urządzenia do elektrolizy
7. Sieci elektrycznego oświetlenia ulicznego
8. Elektryczna sieć trakcyjna
9. Elektryczne urządzenia w wykonaniu przeciwwybuchowym
10. Aparatura kontrolno-pomiarowa oraz urządzenia, instalacje automatycznej regulacji; sterowania i zabezpieczeń urządzeń i instalacje
11. Urządzenia techniki wojskowej
12. Urządzenia ratowniczo-gaśnicze i ochrony granic

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH ODDZIAŁ PRZEMYSKI





PODSTAWOWE POJĘCIA



Podstawowe wielkości elektryczne

Lp.	Wartość elektryczna	Symbol	Jednostka miary	Skrót jednostki miary
Jednostka podstawowa				
1	Prąd elektryczny	I	Amper	A
Jednostki pochodne				
1	Napięcie elektryczne	U	Volt	V
2	Częstotliwość	f	Herc	Hz
3	Rezystancja	R	Ohm	Ω
4	Moc	P	Watt	W



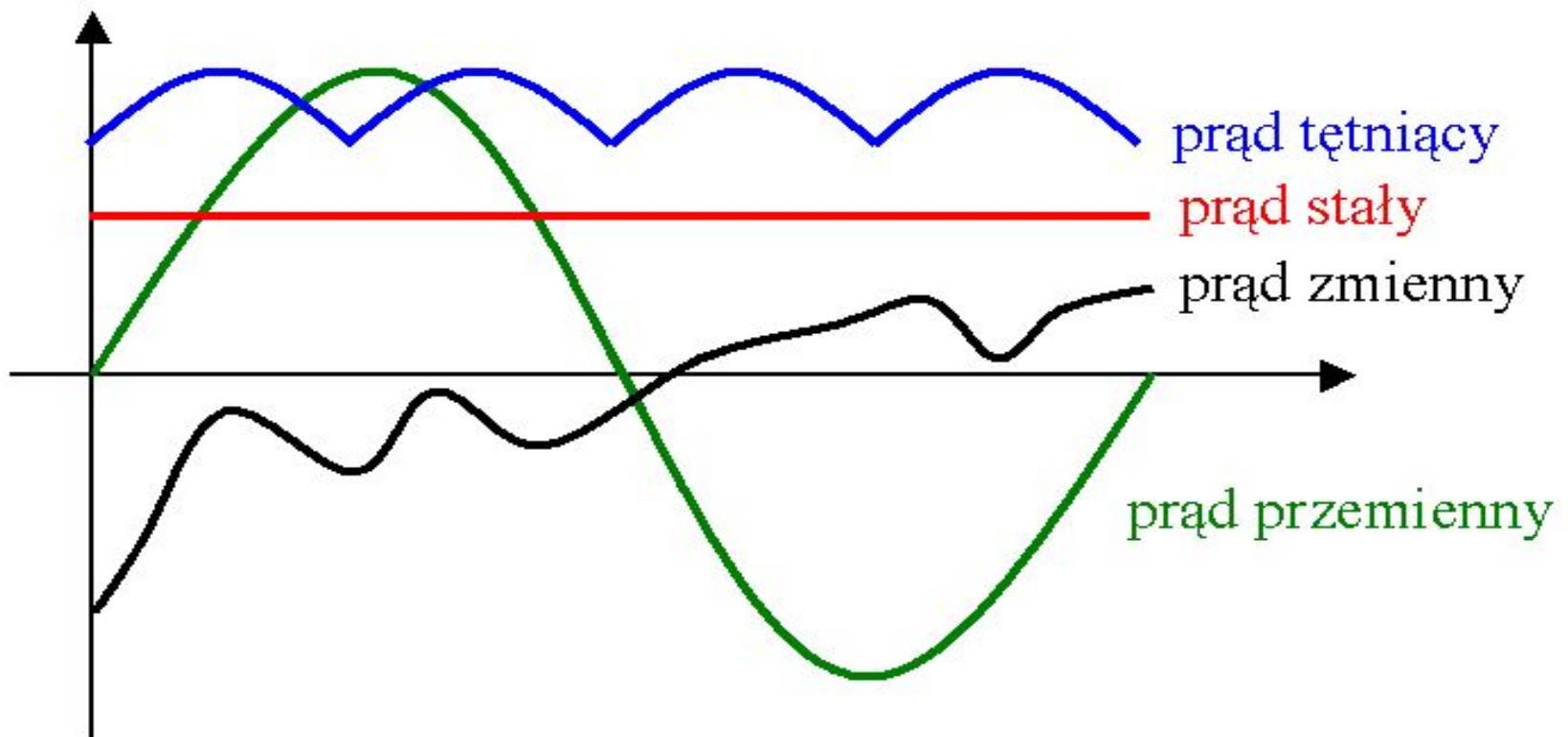
Pojęcia stosowane w zagadnieniach ochrony przeciwporażeniowej

- Prąd – jest to uporządkowany przepływ elektronów lub ładunków w czasie.
- Napięcie-jest to różnica potencjałów pomiędzy dwoma punktami.
- Rezystancja – jest to właściwość materiałowa (indywidualna dla danego materiału)- im większa tym przepływ prądu mniejszy.
- Impedancja zespolona - jest to właściwość materiałowa równa sumie zespolonej rezystancji i impedancji pojemnościowej i impedancji indukcyjnej.



- **Impedancja pojemnościowa** – jest to impedancja właściwa dla materiałów, elementów o charakterze pojemnościowym np. kondensatorów
- **Impedancja indukcyjna** – jest to impedancja właściwa dla materiałów, elementów o charakterze indukcyjnym np. cewek, silników
- **Dielektryk**- materiał o bardzo dużej rezystancji w przybliżeniu równej nieskończoności stosowany jako izolator, izolacja np.: ebonit, guma, niektóre tworzywa sztuczne
- **Przewodnik** –materiał o bardzo małej rezystancji w przybliżeniu równej zero stosowany do produkcji przewodów, kabli złączy np.: miedź, złoto, aluminium

- Prąd stały (napięcie stałe) – prąd o niezmiennym znaku (kierunku przepływu) w czasie
- Prąd zmienny zmienia się w sposób okresowy tak, że jego wartości chwilowe powtarzają się w równych odstępach czasu (okresach), w tej samej kolejności i w tym samym kierunku.





Dla układu trójfazowego rozróżniamy dwa napięcia:

- Fazowe 230V
- Międzyfazowe 400V

Napięcia te powiązane są zależnością:

$$U_{mf} = \sqrt{3} U_f$$



Prawo Ohma

$$I=U/R$$

Natężenie prądu jest wprost proporcjonalne do napięcia a odwrotnie proporcjonalne do rezystancji



DZIAŁANIE PRĄDU NA ORGANIZM LUDZKI





Działanie prądu na organizm ludzki

Prąd rażeniowy przepływający przez ciało człowieka powoduje zaburzenia w funkcjonowaniu wielu układów, szczególnie układów: nerwowego, oddechowego i krwionośnego. Każde takie zaburzenie stanowi zagrożenie dla zdrowia i życia człowieka. Należy przy tym pamiętać, że skutki wywołane prądem rażeniowym mogą ujawnić się nawet po wielu latach.



Skutki przepływu prądu przez ciało człowieka

Najpoważniejsze skutki przepływu prądu elektrycznego przez organizm ludzki to:

- a) skurcze mięśni, szczególnie mięśni zginających,
- b) oparzenia zewnętrzne i wewnętrzne,
- c) utrata świadomości,
- d) zatrzymanie oddychania,
- e) zakłócenia pracy serca, występujące najostrzej przy prądach o częstotliwościach 40÷60 Hz, które powodują migotanie komór serca.



Czynniki wpływające na stopień porażenia

Stopień porażenia jest wynikiem działania następujących czynników:

- a) natężenia prądu rażeniowego,
- b) czasu przepływu prądu rażeniowego,
- c) częstotliwości prądu rażeniowego,
- d) drogi przepływu prądu przez człowieka,
- e) rezystancji ciała człowieka oraz jego naskórka,
- f) warunków środowiskowych,
- g) indywidualnych cech człowieka.

Objawy – skutki przepływu prądu o częstotliwości 50-60 Hz

Natężenie prądu w mA	Objawy – skutki przepływu prądu o częst. 50÷60 Hz	
0,5	Brak widocznych reakcji	
1 ~ 1,5	Początek odczuwania	
1 ~ 3	Odczuwanie bezbolesne	
3 ~ 6	Początek skurczów mięśni i odczucie bólu	
10 ~ 15	Silne skurcze mięśni, trudności z oderwaniem rąk od przewodu, silne bóle w palcach, ramionach i plecach	
15 ~ 25	Bardzo silne skurcze i bóle, samodzielne oderwanie się jest niemożliwe, trudności z oddychaniem	
30	Początek paraliżu dróg oddechowych, możliwość utraty przytomności	
75	Początek migotania komór sercowych	
250	Migotanie komór sercowych w czasie pow. 0,4 s	
4000	Paraliż i zatrzymanie akcji serca	
> 5000	Zwęglenie się tkanek	

Objawy – skutki przepływu prądu stałego

Natężenie prądu w mA	Objawy - skutki przepływu prądu stałego
5 ~ 8	Początek odczuwania przepływu prądu
10 ~ 15	Uczucie ciepła
20 ~ 25	Powstawanie skurczów mięśni, znaczne odczuwanie ciepła
1200	Powoduje śmierć

Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT. Warszawa 2007.



Czas przepływu prądu rażeniowego

Czas przepływu prądu ma wpływ na oddziaływanie cieplne oraz na pojawienie się migotania komór sercowych. Badania dowiodły, że przy przepływie prądów rażeniowych w czasie poniżej 0,2 s wystąpienie migotania komór sercowych zdarza się bardzo rzadko, natomiast przy czasach powyżej 1 s bardzo często.

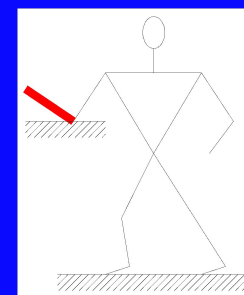
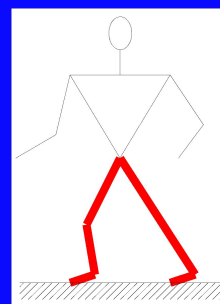
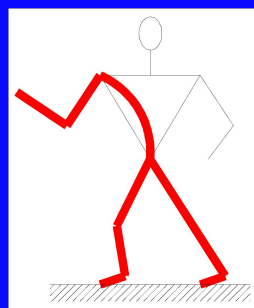
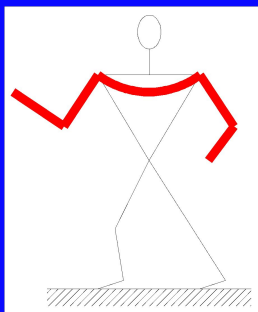


Częstotliwość prądu rażeniowego

Najgroźniejszymi z prądów rażeniowych są prądy o częstotliwościach 40÷60 Hz. Wywołują one migotanie komór sercowych. Prądy stałe i prądy o wysokich częstotliwościach stwarzają mniejsze niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia człowieka. Prądy stałe powodują rozkład krwi (zjawisko elektrolizy) i mogą spowodować zablokowanie krwioobiegu.

Prądy o wysokich częstotliwościach, powodują dotkliwe oparzenia naskórka i skóry (zjawisko naskórkowości).

Drogi przepływu prądu rażeniowego



Przepływ prądu rażeniowego

1) dłoń - dłoń

2) dłoń - stopy

3) stopa - stopa

4) dłoń - łokieć

Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2007.



Próg odczuwania (percepcji) I_p – minimalna odczuwana przez człowieka wartość prądu:

- prąd przemienny 50 Hz: $I_p = 0,5 \text{ mA}$,
- prąd stały: $I_p = 2 \text{ mA}$.

Próg samouwolnienia I_s - maksymalna wartość prądu, przy której osoba trzymająca elektrodę może samodzielnie uwolnić się spod napięcia:

- prąd przemienny 50 Hz: $I_s = 10 \text{ mA}$,
- prąd stały: $I_s = 30 \text{ mA}$ – tylko przy skokowych zmianach.

Próg fibrylacji I_f - max wartość prądu, przy której nie wystąpi fibrylacja komór serca:

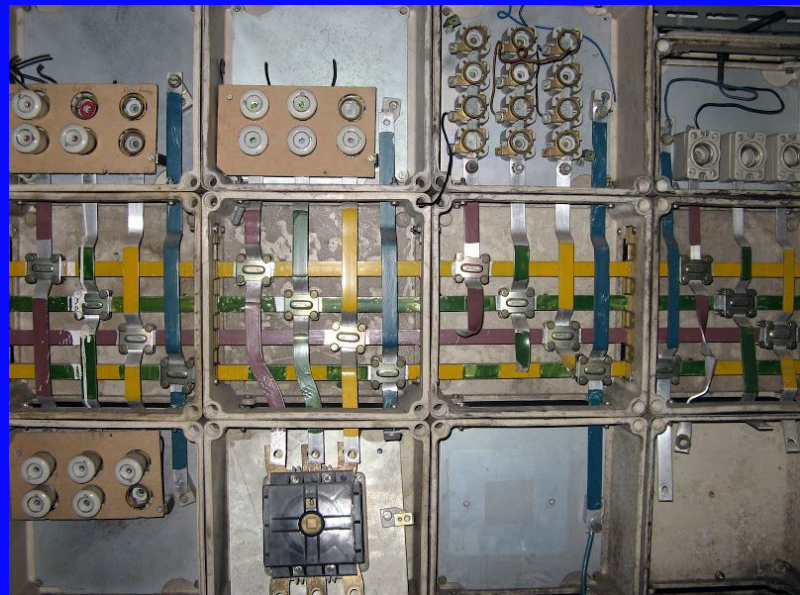
- prąd przemienny 50 Hz: dla $t < 0,1 \text{ s}$ $I_f = 500 \text{ mA}$
dla $t > 1 \text{ s}$ $I_f = 30 \text{ mA}$,
- prąd stały: dla $t < 0,1 \text{ s}$ $I_f = 500 \text{ mA}$
dla $t > 1 \text{ s}$ $I_f = 120 \text{ mA}$.



OCHRONA PRZECIWPORAŻENIOWA

Podstawowe definicje cz. I

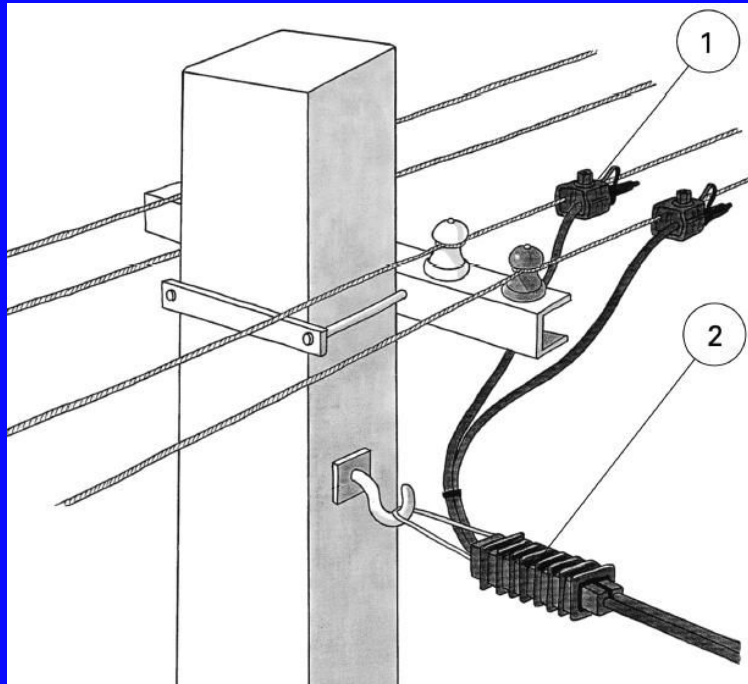
Część czynna - oznacza żyłę przewodu, szynę lub inną część wiodącą prąd elektryczny, znajdujące się pod napięciem w czasie normalnej pracy; przewód neutralny N jest także częścią czynną.



Podstawowe definicje cz. I

Przewody skrajne - termin stosowany dla określenia:

- przewodów fazowych przy prądzie przemiennym,
- przewodu dodatniego i ujemnego przy prądzie stałym.

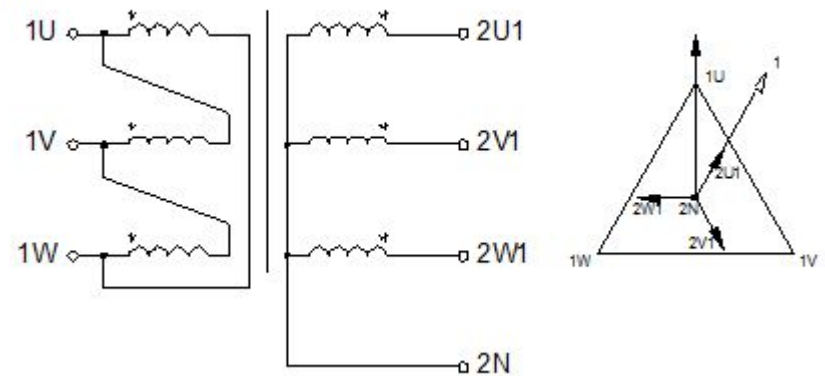


Podstawowe definicje cz. I

Przewód neutralny N - oznacza przewód roboczy wyprowadzony z punktu neutralnego sieci (dawne określenie: przewód zerowy).



Dyn1



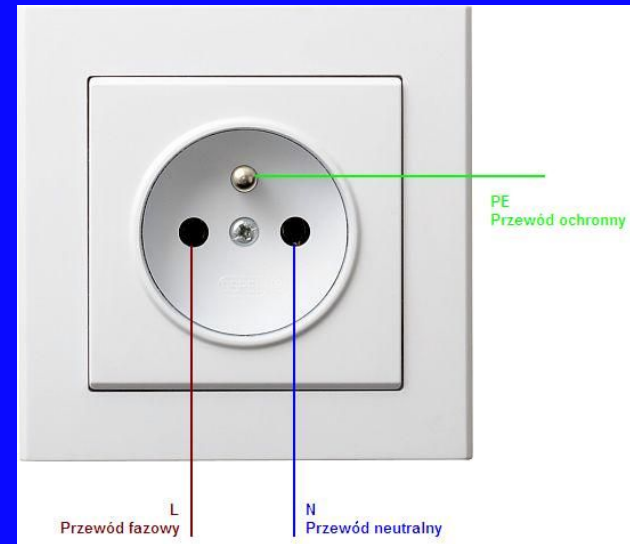


Podstawowe definicje cz. I

Przewód ochronno-neutralny PEN - oznacza przewód, który pełni jednocześnie funkcje przewodu neutralnego N i przewodu ochronnego PE.

Podstawowe definicje cz. I

Przewód ochronny PE - oznacza przewód, do którego przyłącza się części przewodzące dostępne i obce w celu objęcia ich ochroną przeciwporażeniową dodatkową.





Podstawowe definicje cz. I

Przewód uziomowy - oznacza przewód łączący uziom z przewodem ochronnym lub z zaciskiem probierczym uziomowym.

Kolorystyczne oznaczenie przewodów



Przewód
Neutralny
(N)



Przewód
Fazowy
(L)



Przewód
Ochronny
(PE)

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH ODDZIAŁ PRZEMYSKI

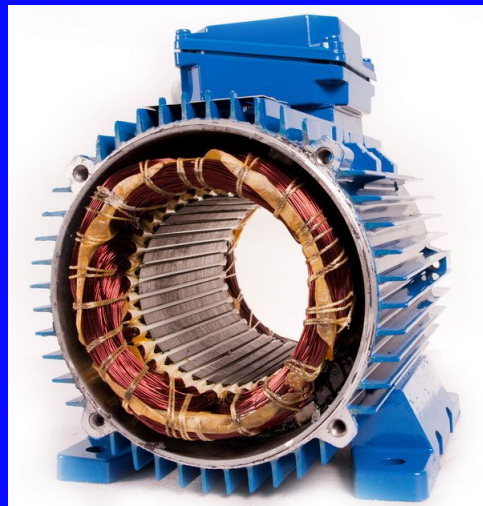


Rodzaje przewodów w układach zasilania	Literowe wg PN-90/E- 01242	Barwa kodowa	Kod literowy
		wg PN-90/E-05029	
Układ zasilania prądu stałego Przewód o biegunowości dodatniej Przewód o biegunowości ujemnej Przewód środkowy	L+ L - M	czerwona ciemnoniebieska jasnoniebieska (paski)	RD BU BU
Układ zasilania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

Źródło. W. Jabłoński *Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia*. WNT, Warszawa 2006.

Podstawowe definicje cz. I

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).



Podstawowe definicje cz. I

Części przewodzące obce - oznaczają te elementy przewodzące, które nie są częściami urządzeń, a które mogą znaleźć się pod napięciem.





Podstawowe definicje cz. I

Części jednocześnie dostępne - oznaczają części czynne, przewodzące dostępne, przewodzące obce, przewody ochronne, wyrównawcze i uziomy, które znajdują się w zasięgu ręki.



Podstawowe definicje cz. I

- Zasięg ręki** - oznacza dostępny wokół człowieka obszar w kształcie walca, o średnicy 2,5 m i wysokości:
- 2,5 m ponad poziomem ustawienia stóp oraz
 - 1,25 m poniżej poziomu ustawienia stóp.



Podstawowe definicje cz1

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).



Podstawowe definicje cz. I

Uziomem nazywa się metalowy przedmiot umieszczony w wierzchniej warstwie gruntu, zapewniający połączenie elektryczne przedmiotów uziemianych z ziemią.

Uziomy:

□ sztuczne

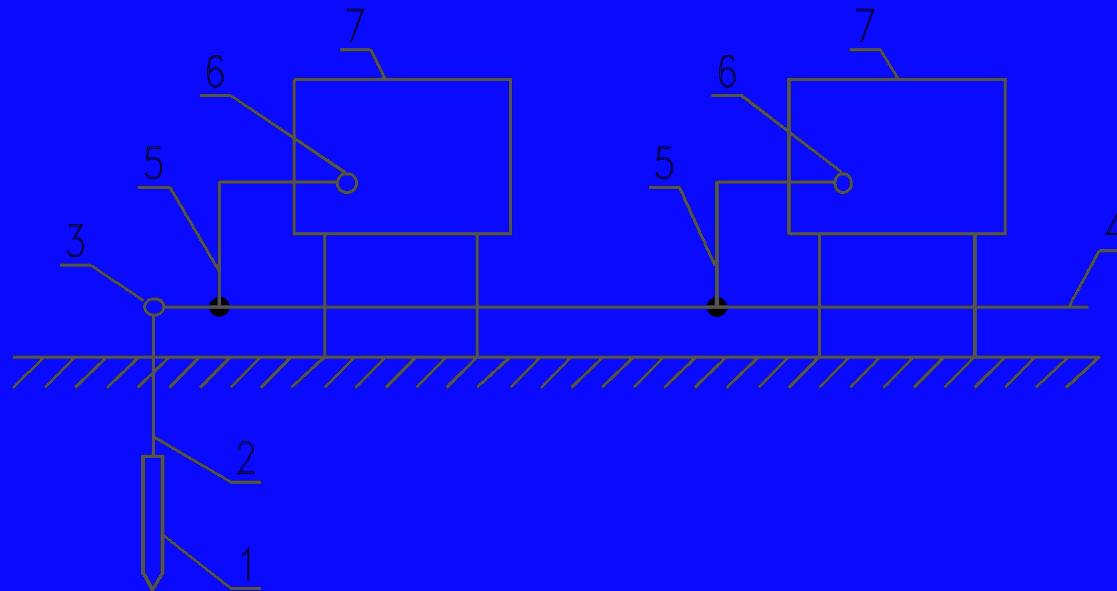
 pionowe – rury, pręty,
 poziome – taśma stalowa,
 płytowe – blacha;

□ naturalne

 zbrojenia, rury wodociągowe, ołowiane powłoki
 i metalowe płaszcze kabli.

Podstawowe definicje cz.I

Uziemienie jest to połączenie urządzeń z uziomem.



1 - uziom, 2 - przewód uziemiający, 3 - zacisk uziemiający,
4 - główna szyna uziemiająca, 5 - przewód ochronny, 6 - zacisk
ochronny, 7 - urządzenie uziemiane



Podstawowe definicje cz. I

W instalacjach elektroenergetycznych stosuje się różne rodzaje uziemień:

- robocze,
- ochronne,
- odgromowe,
- pomocnicze.

Uziemienie robocze lub inaczej **funkcjonalne** oznacza uziemienie określonego punktu obwodu elektrycznego, w celu zapewnienia prawidłowej pracy urządzeń elektrycznych w warunkach zwykłych i zakłóceńowych.



Podstawowe definicje cz. I

Uziemienie ochronne polega na połączeniu dostępnych dla dotyku metalowych części urządzeń z uziomem, w celu zapewnienia ochrony przeciwporażeniowej.

Uziemienie odgromowe służy do odprowadzenia do ziemi udarowych prądów wyładowań atmosferycznych.

Uziemienia pomocnicze wykorzystuje się dla celów ochrony przeciwporażeniowej oraz w układach pomiarowych i zabezpieczających.



Podstawowe definicje cz. I

- a) **SELV** (Safety extra-low voltage) - bardzo niskie napięcie bezpieczne,
- b) **PELV** (Protection extra-low voltage) - bardzo niskie napięcie ochronne,
- c) **FELV** (Funcional extra-low voltage) - bardzo niskie napięcie funkcjonalne.



Układy sieciowe

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

a) pierwsza litera:

T - oznacza, że układ sieciowy ma 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.



Układy sieciowe

trzecia litera (odnosi się do układów typu TN):

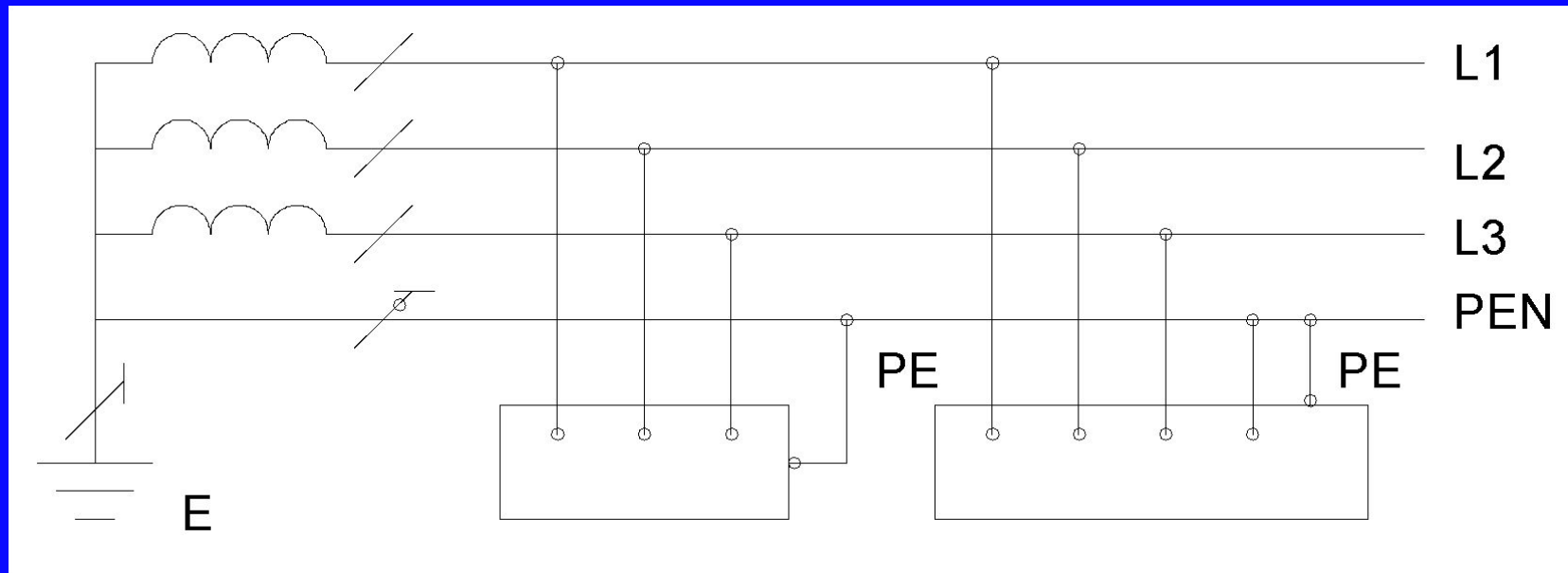
C - oznacza, że układ sieciowy ma przewód ochronno-neutralny PEN,

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.

Układy sieciowe

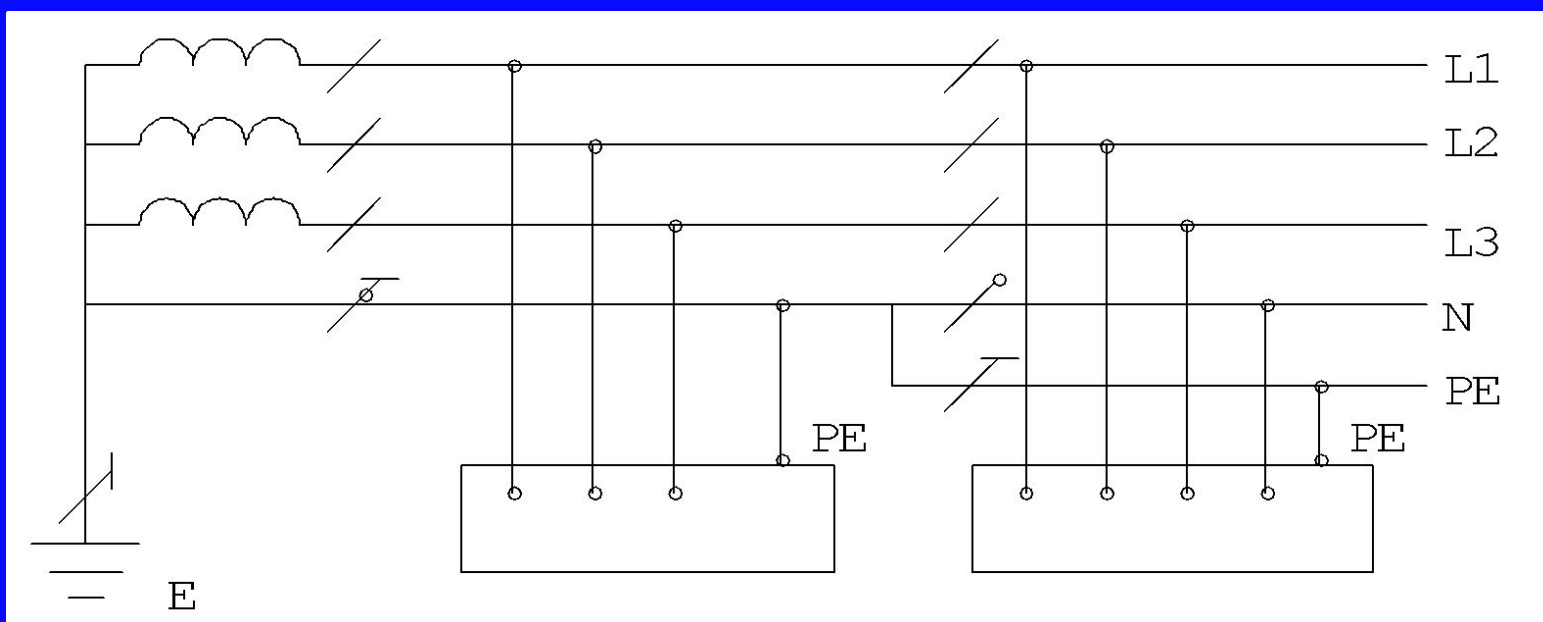
Układ sieciowy TN – C



Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układy sieciowe

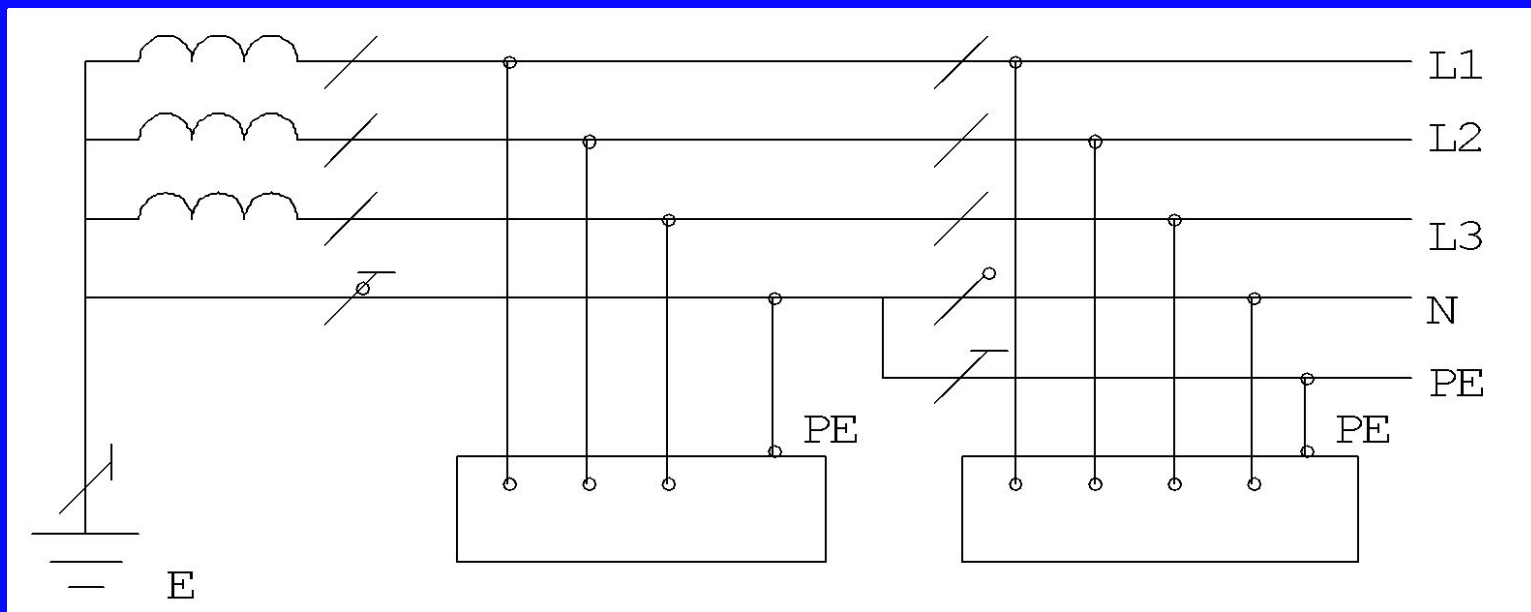
Układ sieciowy TN – S



Źródło. H. Markiewicz: *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układy sieciowe

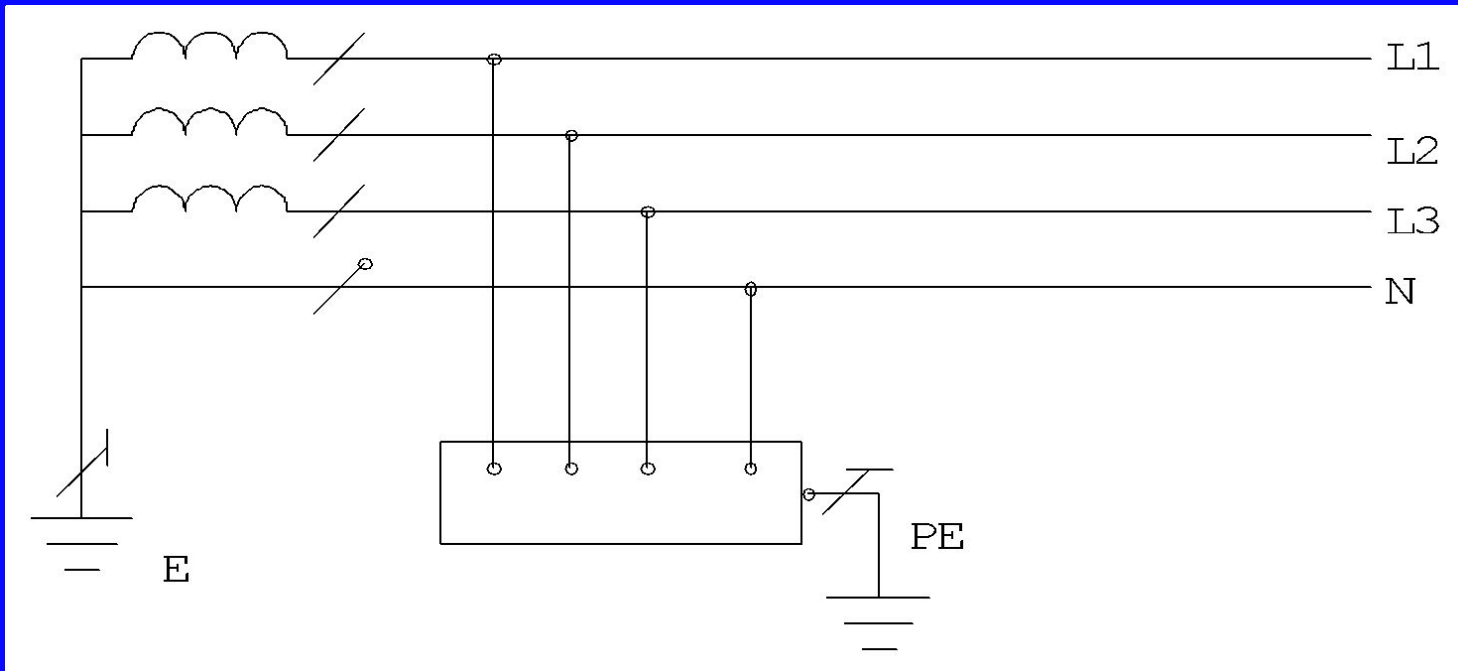
Układ sieciowy TN - C – S



Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układy sieciowe

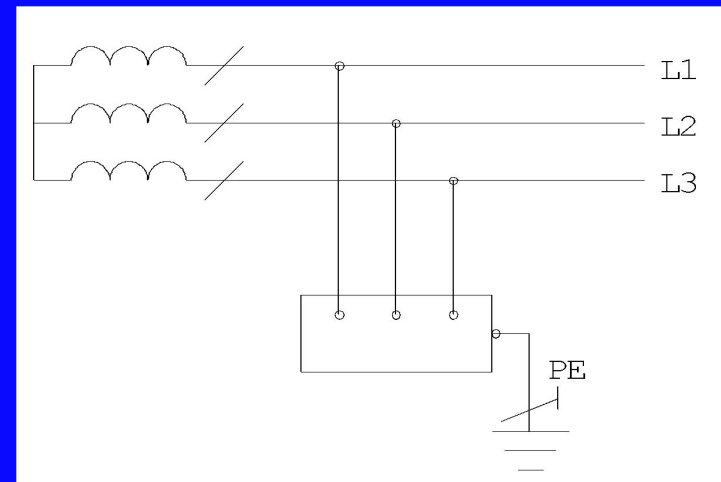
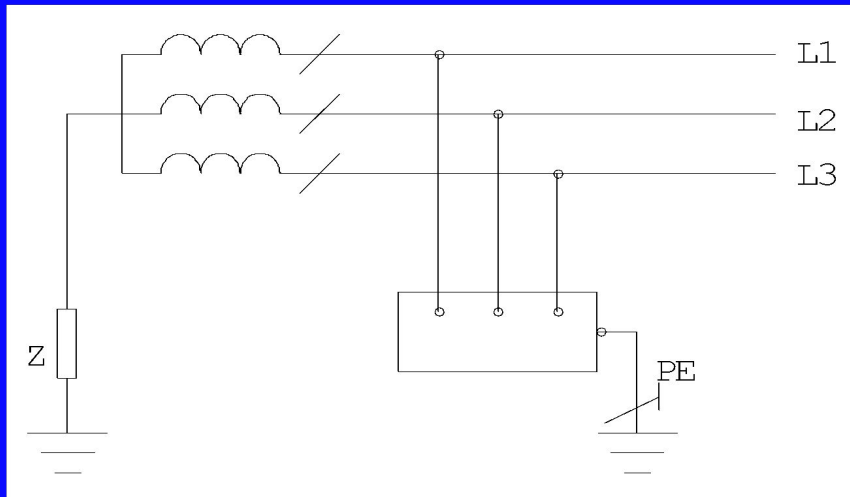
Układ sieciowy TT



Źródło: H. Markiewicz: *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układy sieciowe

Układy sieciowe IT

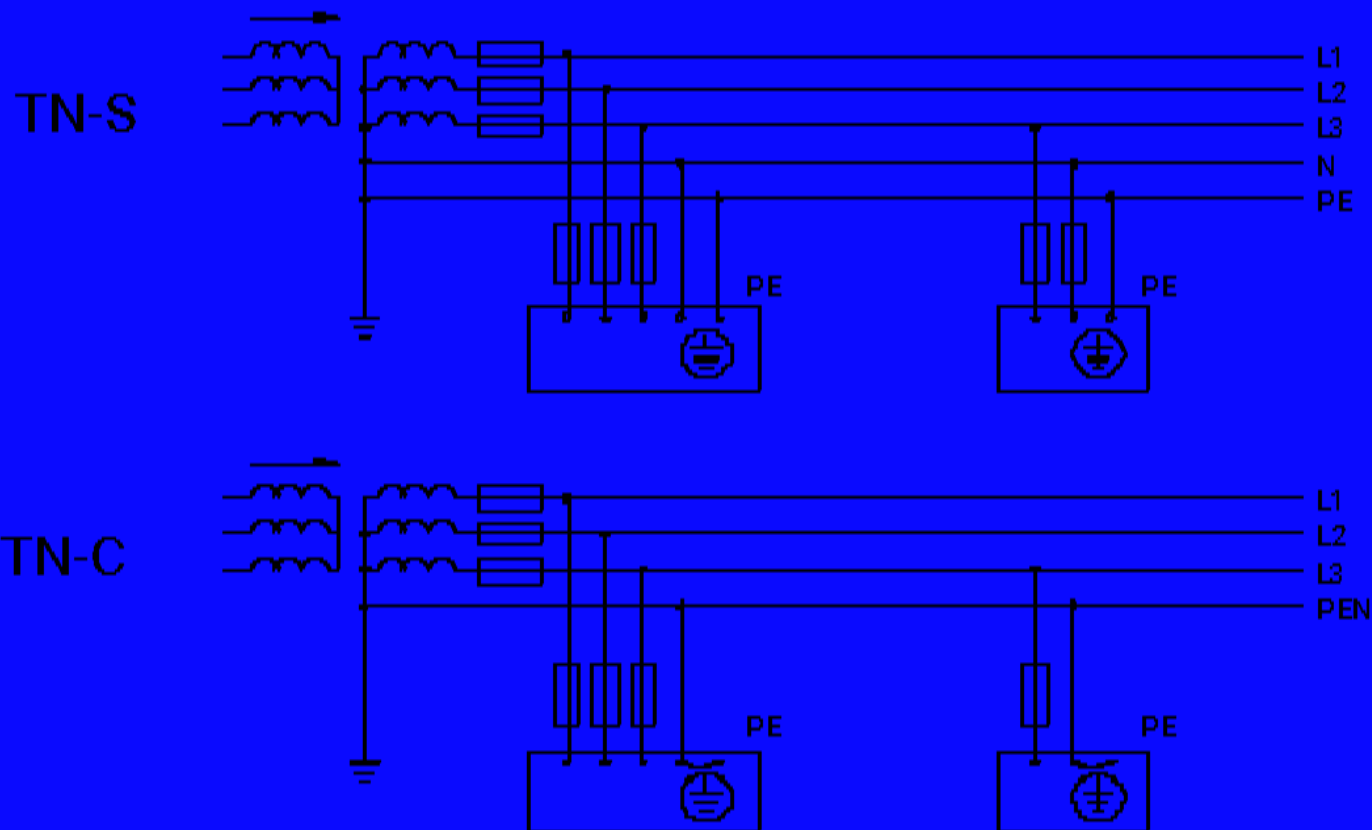


Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

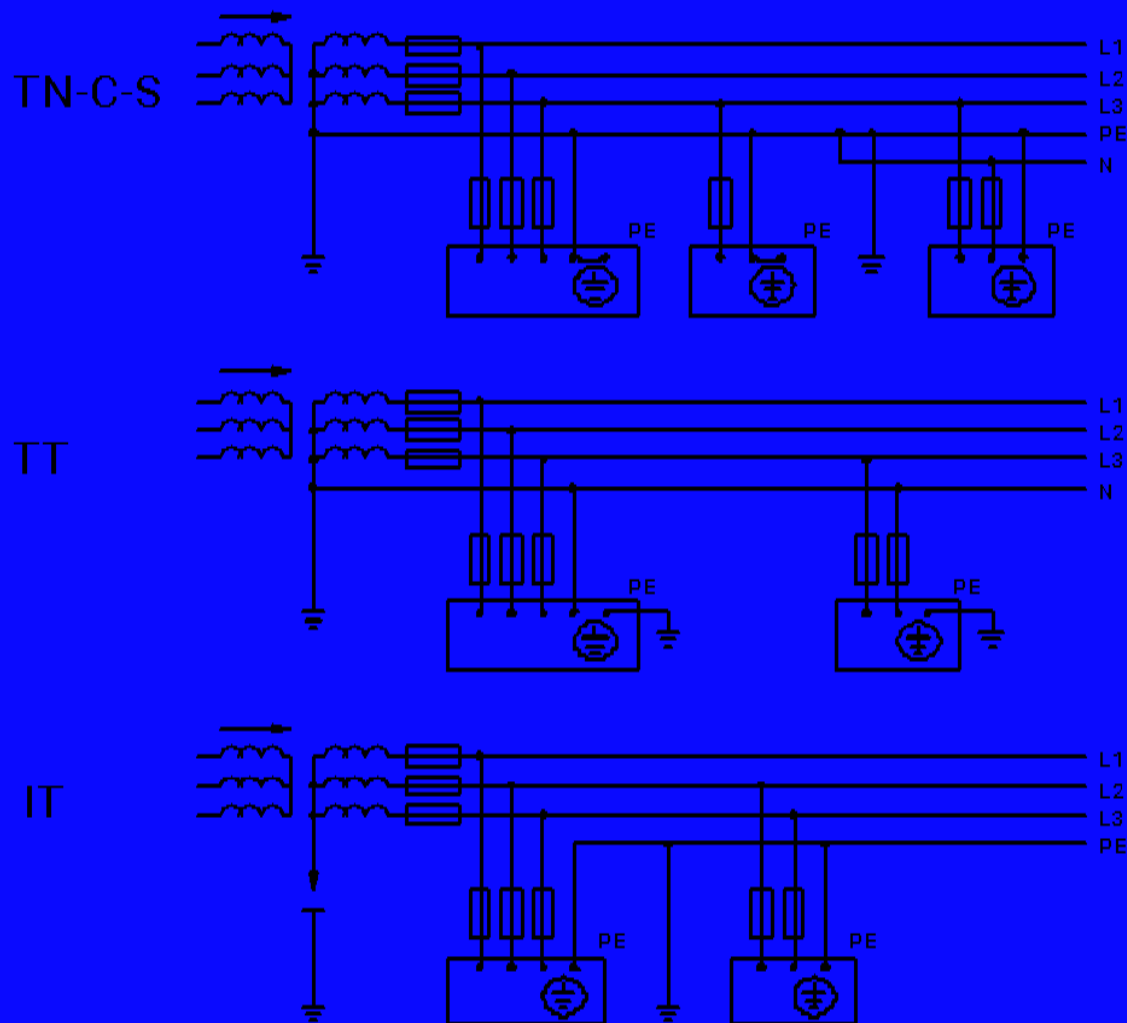
Układy sieciowe

Rodzaj sieci

Schemat funkcjonalny

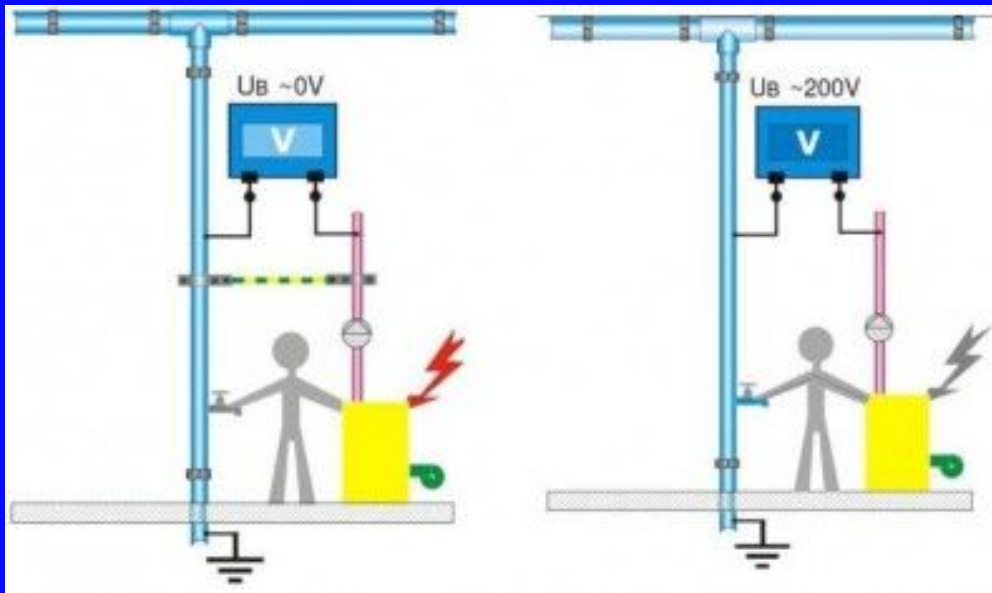


Układy sieciowe

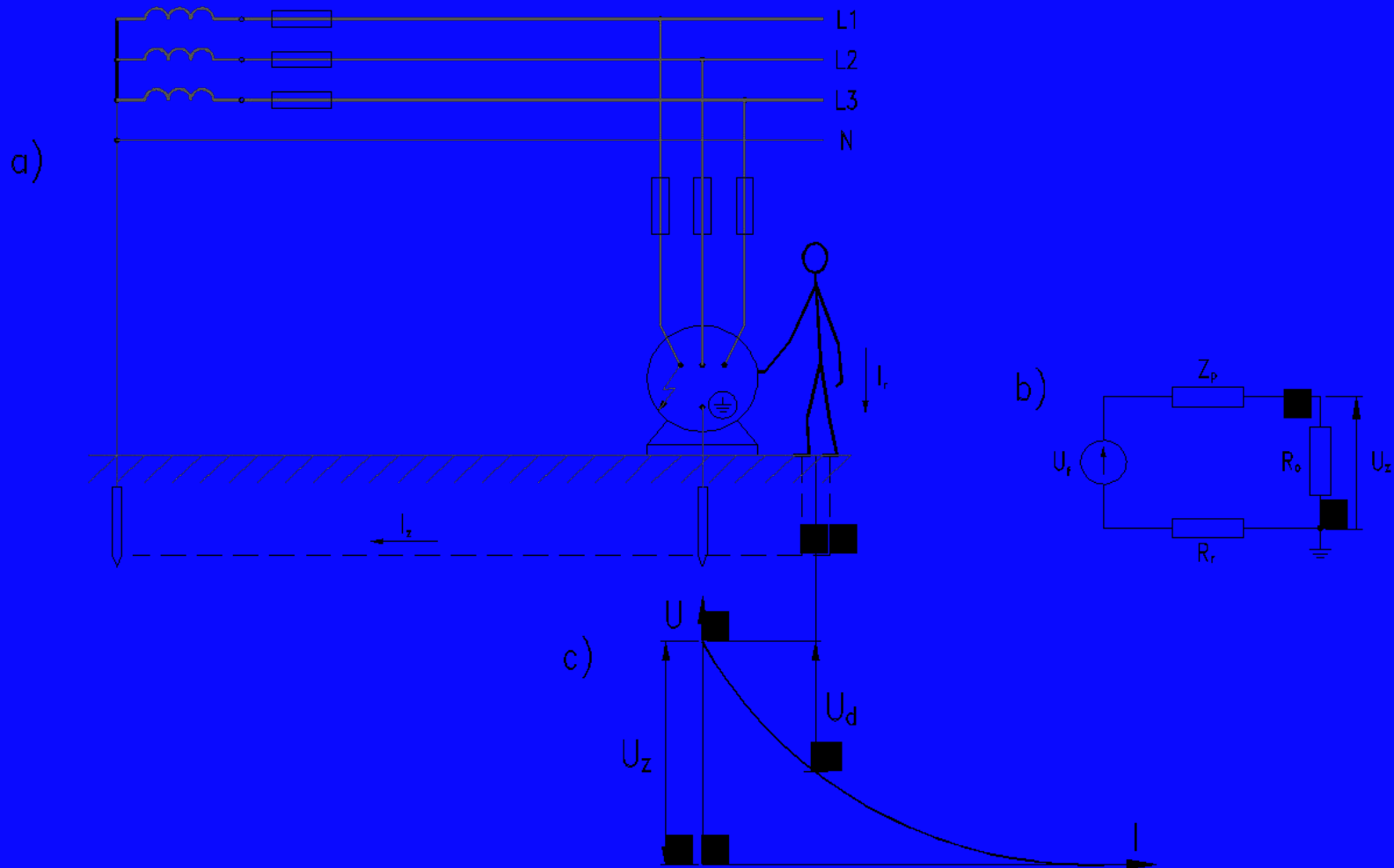


Podstawowe definicje cz.II

Napięcie dotykowe - oznacza napięcie, które występuje w warunkach normalnych lub może pojawić się w warunkach zakłóceńowych pomiędzy dwoma częściami jednocześnie dostępnymi, nienależącymi do obwodu elektrycznego.



Podstawowe definicje cz.II





Podstawowe definicje cz.II

Pod wpływem napięcia dotykowego popłynie przez człowieka prąd rażeniowy I_{rd} na drodze ręka - stopy, równy:

$$I_{rd} = \frac{U_d}{R_c + 0.5 R_p}$$



Podstawowe definicje cz.II

Rezystancja przejścia składa się z rezystancji obuwia człowieka R_{po} , oraz rezystancji podłoża R_{pp} , na którym człowiek ten stoi.

$$R_p = R_{po} + R_{pp}$$

- obuwie na spodach gumowych - $R_{po} = 200 \times 10^6 \Omega$,
- obuwie na spodach skórzanych - $R_{po} = 0.8 \times 10^6 \Omega$,
- obuwie tekstylne - $R_{po} = 0.1 \times 10^6 \Omega$,
- obuwie tekstylne wilgotne - $R_{po} = 25 \Omega$

$$R_{pp} \approx 3\rho$$

Podstawowe definicje cz. II

Napięcie rażeniowe dotykowe - oznacza spadek napięcia na ciele człowieka podczas przepływu prądu spowodowanego napięciem dotykowym.

$$U_r = I_r R_c$$

$$U_r = U_d - 0.5 I_r R_p$$

W ogólnym przypadku zachodzi

$$U_r \leq U_d \leq U_z$$



Podstawowe definicje cz.II

Rezystancja ciała człowieka jest wypadkową rezystancji skóry wraz z naskórkiem oraz rezystancji wewnętrznej. Rezystancja wewnętrzna ciała zawiera się w granicach $500 \div 1000 \Omega$ i tylko w niewielkim stopniu zależy od drogi przepływu prądu. W przeciętnych warunkach przyjmujemy, że rezystancja wewnętrzna wynosi 1000Ω . Rezystancja skóry nie ma stałej wartości. Przy suchym i nieuszkodzonym naskórku przy napięciu kilku woltów rezystancja skóry wynosi od $10 \text{ k}\Omega$ do $1 \text{ M}\Omega$. Wyraźne zmniejszenie się wartości rezystancji skóry obserwujemy przy zwiększaniu się powierzchni elektrod, wilgotności, upływie czasu rażenia i wzroście napięcia rażeniowego. Napięcia rażeniowe powyżej 250 V powodują częściowe lub całkowite przebicie skóry.



Podstawowe definicje cz.II

Impedancja skóry zależy od:

- stanu naskórka i stopnia jego zawilgocenia,
- napięcia rażeniowego,
- czasu trwania rażenia,
- powierzchni dotyku i nacisku elektrod.

Impedancja wewnętrzna zależy od:

- drogi przepływu prądu,
- powierzchni styczności z elektrodami.

Zmienność impedancji wypadkowej jest wynikiem zmienności jej części składowych. W zakresie napięć do ok. 500 V decydujące znaczenie ma impedancja skóry. Przy napięciach wyższych jej wpływ staje się pomijalny (zjawisko przebicia), a impedancja wypadkowa przyjmuje wartości impedancji wewnętrznej.

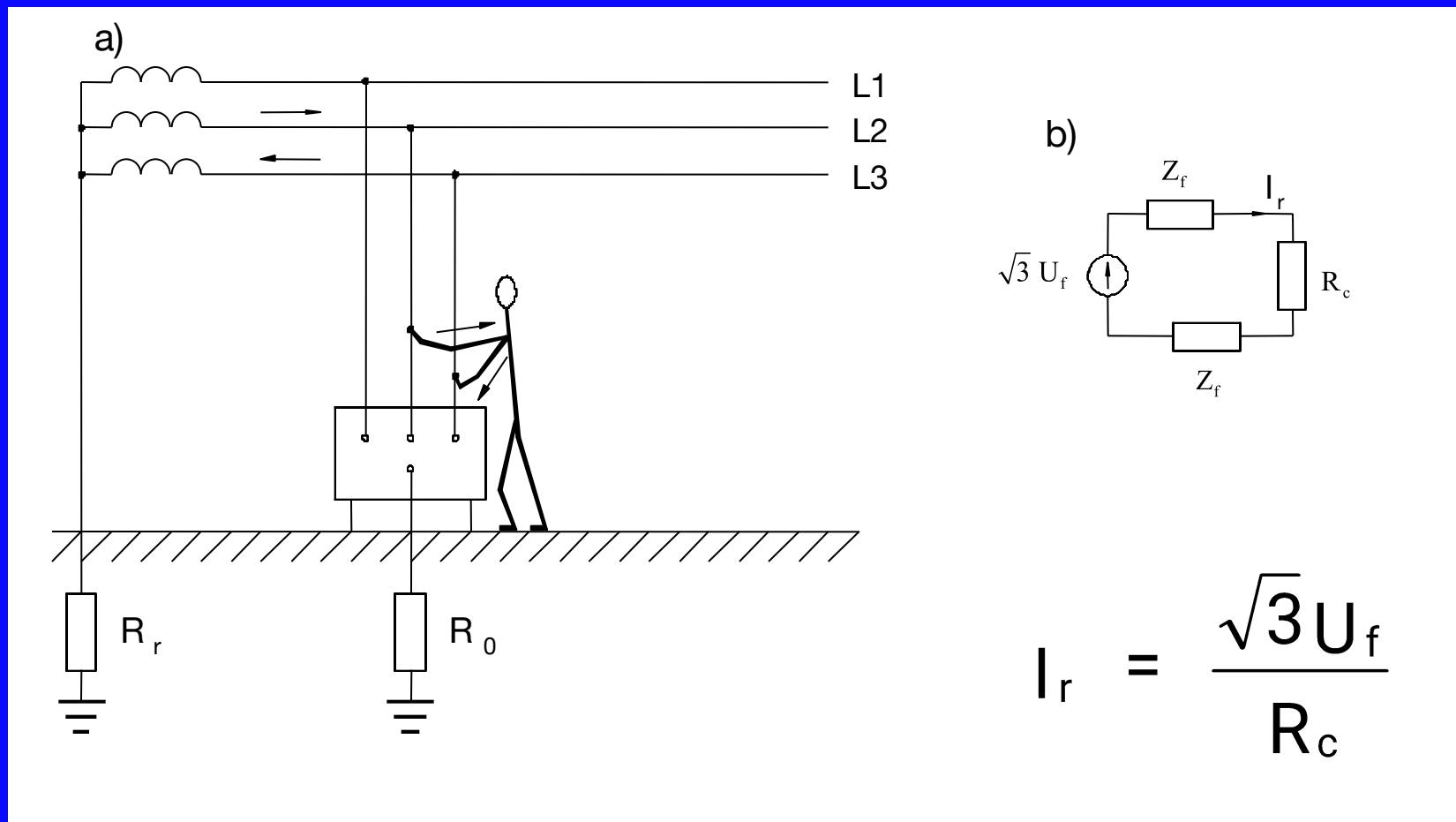


Rodzaje rażeń.

Rozróżnia się dwa rodzaje rażeń:

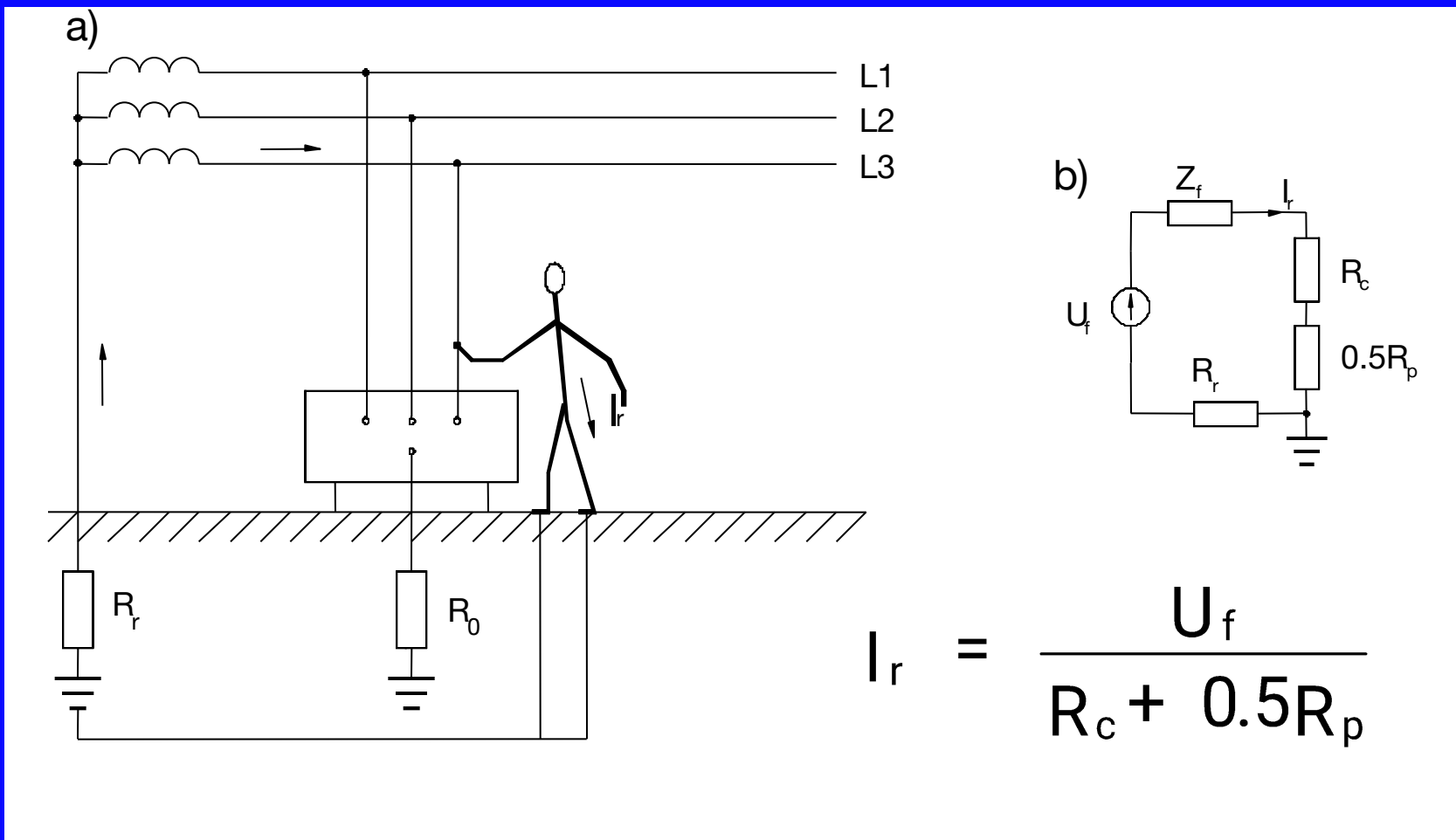
1. Spowodowane napięciem roboczym w wyniku bezpośredniego dotknięcia przez człowieka części urządzeń znajdujących się normalnie pod napięciem. Dotyk tego typu określa się mianem **dotyku bezpośredniego**.
2. Spowodowane napięciem dotykowym w następstwie zetknięcia się człowieka z częściami urządzeń, które normalnie nie są pod napięciem, a na których napięcie pojawiło się na skutek uszkodzenia izolacji roboczej. Ten rodzaj dotyku nazywany jest **dotykiem pośrednim**.

Dotyk bezpośredni



Rażenie napięciem międzyprzewodowym

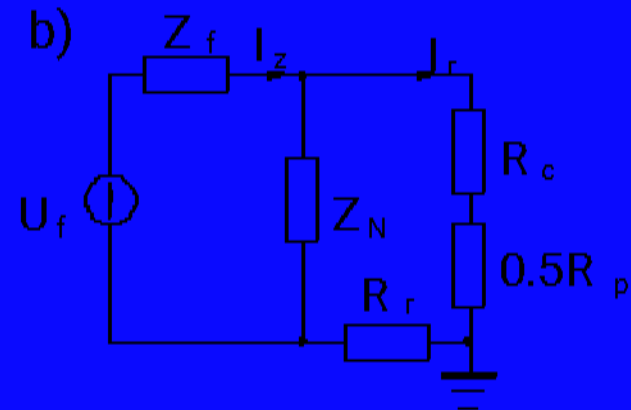
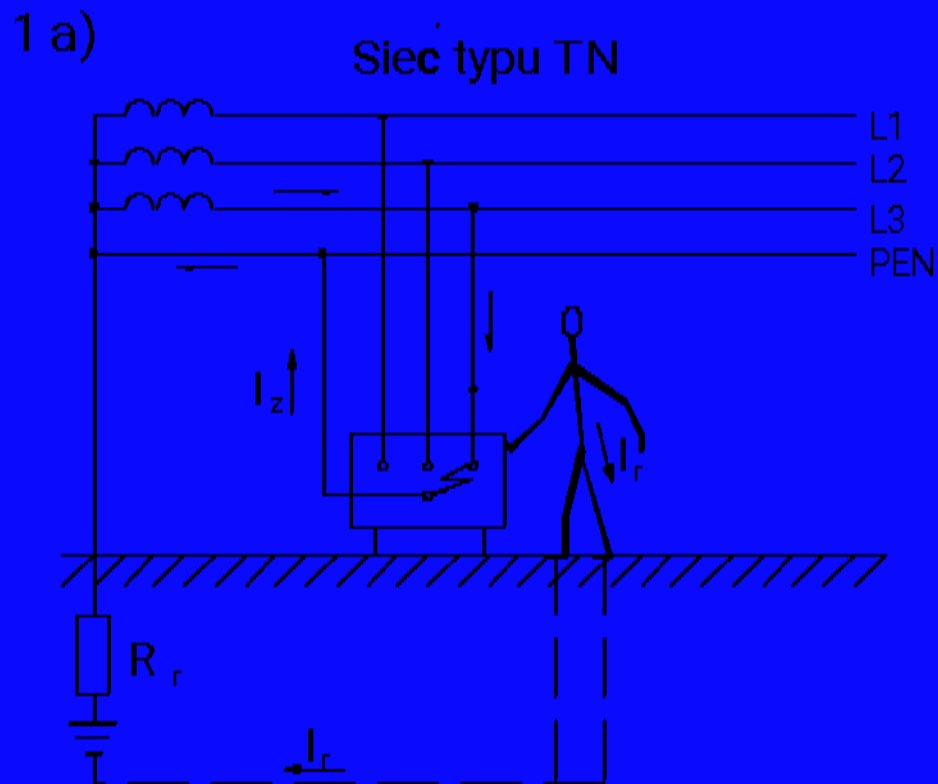
Dotyk bezpośredni



Rażenie napięciem fazowym w sieci typu T

Źródło: W. Orlik *Egzamin kwalifikacyjny elektryka w pytaniach i odpowiedziach*. Wydawnictwo KABE, Krosno 2006.

Dotyk pośredni

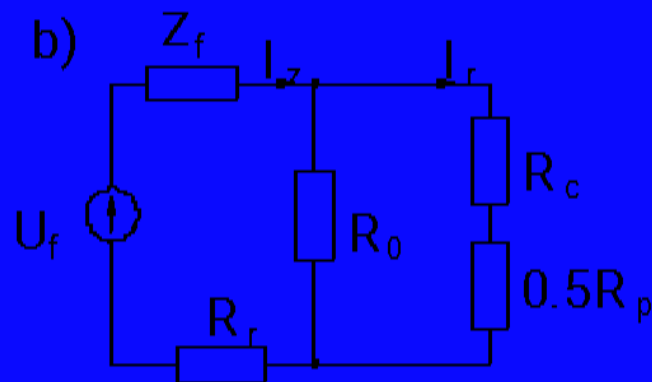
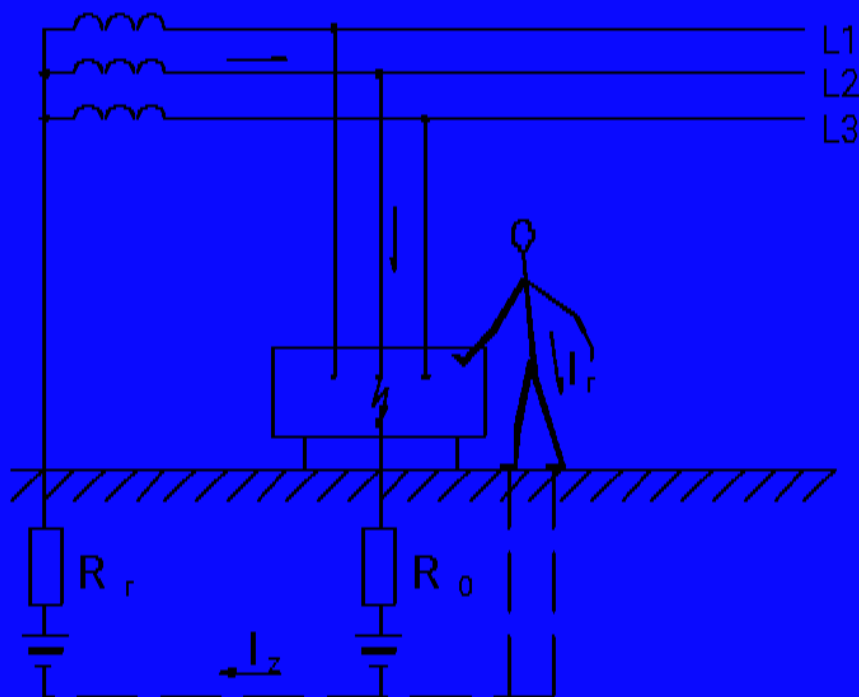


Rażenia napięciem dotykowym

Dotyk pośredni

2 a)

Sieć typu TT



Rażenia napięciem dotykowym



Rodzaje ochrony przeciwporażeniowej.

Kryteriami oceny bezpieczeństwa porażeniowego są wartości bezpieczne napięć roboczych i dotykowych. Podstawą do ich ustalenia były graniczne prądy rażeniowe i modelowe wartości impedancji ciała człowieka.

Napięcie uważa się za bezpieczne, jeśli nie przekracza ono 50 V prądu przemiennego lub 120 V prądu stałego. Napięcie to może być ograniczone do wartości odpowiednio 25 V i 60 V w instalacjach w obiektach specjalnych.



Rodzaje ochrony przeciwporażeniowej.

Zgodnie z EN 61140, podstawowa zasada ochrony przed porażeniem elektrycznym polega na tym ,

by części niebezpieczne nie były dostępne,
a dostępne części przewodzące nie były
niebezpieczne ani w warunkach normalnych,
ani w warunkach pojedynczych uszkodzeń



Rodzaje ochrony przeciwporażeniowej.

Rodzaje rażeń determinują rodzaje zastosowanej ochrony.

Wyróżnia się:

- ochronę przed dotykiem bezpośrednim,
zwaną **podstawową**,
- ochronę przed dotykiem pośrednim,
zwaną **dodatkową**.

Zasilanie napięciem bezpiecznym stanowi równoczesny środek ochrony przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim.



Klasy ochronności odbiorników

Klasa 0 obejmuje urządzenia, w których ochrona przeciwporażeniowa jest zapewniona jedynie przez zastosowanie izolacji roboczej.

Klasa I obejmuje urządzenia, w których zastosowano ochronę podstawową i dodatkową, a obudowy tych urządzeń przeznaczone są do połączenia z przewodem ochronnym. Urządzenia te są wyposażone w zacisk ochronny lub w przewód ruchomy z żyłą ochronną, zakończony wtyczką ze stykiem ochronnym.

Klasa II obejmuje urządzenia wykonane z zastosowaniem izolacji ochronnej jako środka ochrony dodatkowej. Nie są one wyposażone w zaciski ani styki ochronne. Urządzenia tej klasy oznaczone są symbolem:



Klasa III obejmuje odbiorniki przeznaczone do zasilania napięciem bezpiecznym.





OCHRONA PODSTAWOWA

Jest to zespół środków chroniących przed zetknięciem się człowieka z częściami urządzeń lub instalacji elektroenergetycznych będących normalnie pod napięciem; jest to również ochrona przed przeniesieniem się napięcia na przedmioty nienależące do obwodu elektrycznego i ochrona przed łukiem elektrycznym.

Środkami ochrony podstawowej są:

- izolacja robocza,
- ogrodzenia lub obudowy,
- bariery ochronne,
- umieszczenie elementów pod napięciem poza zasięgiem ręki człowieka.



OCHRONA PODSTAWOWA

Najszerze zastosowanie znalazła **izolacja robocza**, którą pokrywa się całkowicie i trwale części czynne urządzenia. Izolację tę wykonuje się w taki sposób, aby jej usunięcie było możliwe tylko przez zniszczenie oraz aby była ona odporna na narażenia: mechaniczne, chemiczne, elektryczne i cieplne, występujące w czasie eksploatacji urządzenia.

Izolacja urządzeń produkowanych fabrycznie powinna spełniać wymagania odpowiednich norm dotyczących tych urządzeń.



OCHRONA PODSTAWOWA

Ogrodzenia i obudowy powinny zapewniać trwałe i dostateczne oddzielenie części czynnych w określonych warunkach środowiskowych. Usunięcie ogrodzeń lub obudów powinno być możliwe tylko przy użyciu narzędzi lub po wyłączeniu zasilania osłanianych części czynnych. Załączenia napięcia można dokonać po ponownym założeniu ogrodzeń lub zamknięciu obudów.

Ochronę poprzez izolowanie części czynnych oraz przy użyciu ogrodzenia lub obudowy stosuje się we wszystkich warunkach eksploatacyjnych.

Pozostałe rodzaje ochrony są dopuszczone jedynie w miejscach dostępnych dla osób poinstruowanych lub osób z kwalifikacjami, np. w pomieszczeniach rozdzielnic elektrycznych.



OCHRONA PODSTAWOWA

Podział obudów urządzeń ze względu na stworzone przez nie stopnie ochrony:

IPXX

Ochrona przed dotknięciem
części czynnych i części
będących w ruchu:

7 typów osłon

Ochrona przed
przedostawaniem się wody:

9 typów osłon

Właściwa ochrona przeciwporażeniowa – stopień ochrony
IP2X oraz IP4X w przypadku łatwo dostępnych powierzchni
poziomych

Pierwsza cyfra	OCHRONA URZĄDZENIA przed dostaniem się obcych ciał stałych	OCHRONA OSÓB przed dostępem do części niebezpiecznych
0	bez ochrony	bez ochrony
1	o średnicy > 50 mm	wierzchem dłoni
2	o średnicy > 12,5 mm	palcem
3	o średnicy > 2,5 mm	narzędziem
4	o średnicy > 1,0 mm	drutem
5	ograniczona ochrona przed pyłem	drutem
6	ochrona pyłoszczelna	drutem

Druga cyfra	OCHRONA URZĄDZENIA przed wnikaniem wody
0	bez ochrony
1	kapiącej pionowo
2	kapiącej (odchylenie obudowy do 15° w każdą stronę)
3	natryskiwanej
4	rozbryzgiwanej
5	lanej strugą
6	lanej silną strugą
7	przy zanurzeniu krótkotrwałym
8	przy zanurzeniu ciągłym
9K	lanej strugą pod ciśnieniem (80 - 100 [bar], do +80 [°C] zgodnie z normą DIN 40050



OCHRONA DODATKOWA

Ochroną dodatkową nazywa się zespół środków chroniących przed skutkami niebezpiecznego napięcia dotykowego, jakie może się pojawić w wyniku awarii na częściach urządzeń niebędących normalnie pod napięciem.

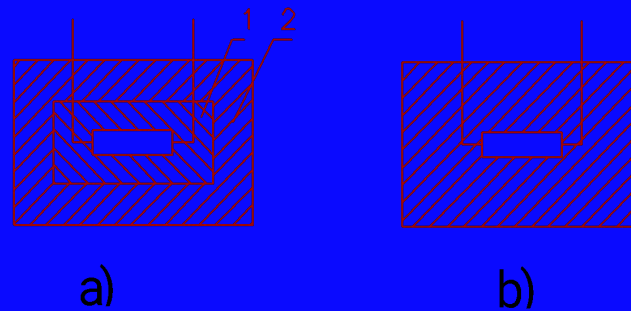
Zadanie tej ochrony polega więc na **zapewnieniu bezpiecznych wartości napięcia dotykowego** lub też
- jeśli nie jest to możliwe - na **dostatecznie szybkim wyłączeniu uszkodzonego obwodu**.

Środki:

- ☐ izolacja ochronna,
- ☐ samoczynne wyłączenie zasilania,
- ☐ separacja odbiornika,
- ☐ izolowanie stanowiska,
- ☐ połączenia wyrównawcze.

OCHRONA DODATKOWA – Izolacja ochronna

W urządzeniach II klasy ochronności jako środek ochrony dodatkowej stosuje się dodatkową warstwę izolacyjną między częściami czynnymi a częściami dostępnymi dla dotyku.



Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Rodzaje izolacji ochronnej: a) izolacja podwójna, b) izolacja wzmocniona.

1 - izolacja robocza 2 - izolacja dodatkowa

Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.



OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie

Ochrona przez samoczynne wyłączanie zasilania wymagana jest wówczas, gdy napięcie dotykowe przekracza długotrwale wartości uznane za bezpieczne.

Czas wyłączenia musi być na tyle krótki, aby przy ewentualnym dotyku części pozostających pod napięciem prąd rażeniowy płynący przez człowieka nie spowodował niebezpiecznych skutków patofizjologicznych

Wyłączenie zasilania jest efektem zadziałania **zabezpieczeń przetężeniowych** lub **wyłączników ochronnych różnicowo-prądowych**. Jako zabezpieczenie przetężeniowe można wykorzystać:

- bezpieczniki,
- wyłączniki instalacyjne z wyzwalaczami lub przekaźnikami nadprądowymi.

OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie

Maksymalny czas wyłączenia zależny jest od napięcia znamionowego sieci względem ziemi oraz od rodzaju obwodu.

Dla obwodów odbiorczych zasilających urządzenia I klasy ochronności ręczne lub przenośne (sieć TN):

Napięcie znamionowe względem ziemi U_{nf} [V]	Czas wyłączenia [s]
do 120	0,8
do 230	0,4
do 400	0,2
>400	0,1

W obwodach odbiorczych zasilających urządzenia stacjonarne lub/i stałe oraz w obwodach rozdzielczych zasilających rozdzielnice oddziałowe tzw. wewnętrznych liniach zasilających dopuszcza się czas wyłączenia dłuższy niż podany w tabeli, lecz nie przekraczający
(sieć TN) **5 s.** (sieć TT) **2 s.**



OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie

Samoczynne wyłączenie zasilania może być stosowane we wszystkich układach sieciowych, wymaga jednak koordynacji układu, parametrów przewodów ochronnych i zastosowanych zabezpieczeń.

Dostępne części przewodzące urządzeń powinny być połączone z przewodem ochronnym PE lub neutralno-ochronnym PEN i uziemione indywidualnie lub zbiorowo, w sposób zgodny z wymaganiami określonymi dla każdego układu sieciowego.



OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie

W każdym budynku powinno być wykonane **połączenie wyrównawcze główne**, obejmujące następujące elementy:

- przewód ochronny instalacji,
- główny zacisk uziemiający, do którego przyłączony jest przewód uziemiający,
- metalowe instalacje wewnętrzne budynku np. gazu, wody, itp.,
- metalowe elementy konstrukcyjne urządzeń c.o. i klimatyzacji.



OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie

Jeżeli warunki skutecznej ochrony przez samoczynne wyłączenie zasilania nie mogą być spełnione, należy ponadto wykonać **połączenia wyrównawcze dodatkowe (miejscowe)**. Mogą one obejmować określone miejsce, część instalacji lub całą instalację budynku. Przewodami tych połączeń łączy się ze sobą części przewodzące urządzeń (części przewodzące dostępne) oraz inne metalowe elementy dostępne jednocześnie dla dotyku (części przewodzące obce).

System połączeń wyrównawczych powinien, jeśli to możliwe, obejmować także główne metalowe zbrojenia konstrukcji żelbetowej budynku i powinien być połączony z przewodami ochronnymi wszystkich urządzeń, w tym również gniazd wtyczkowych.

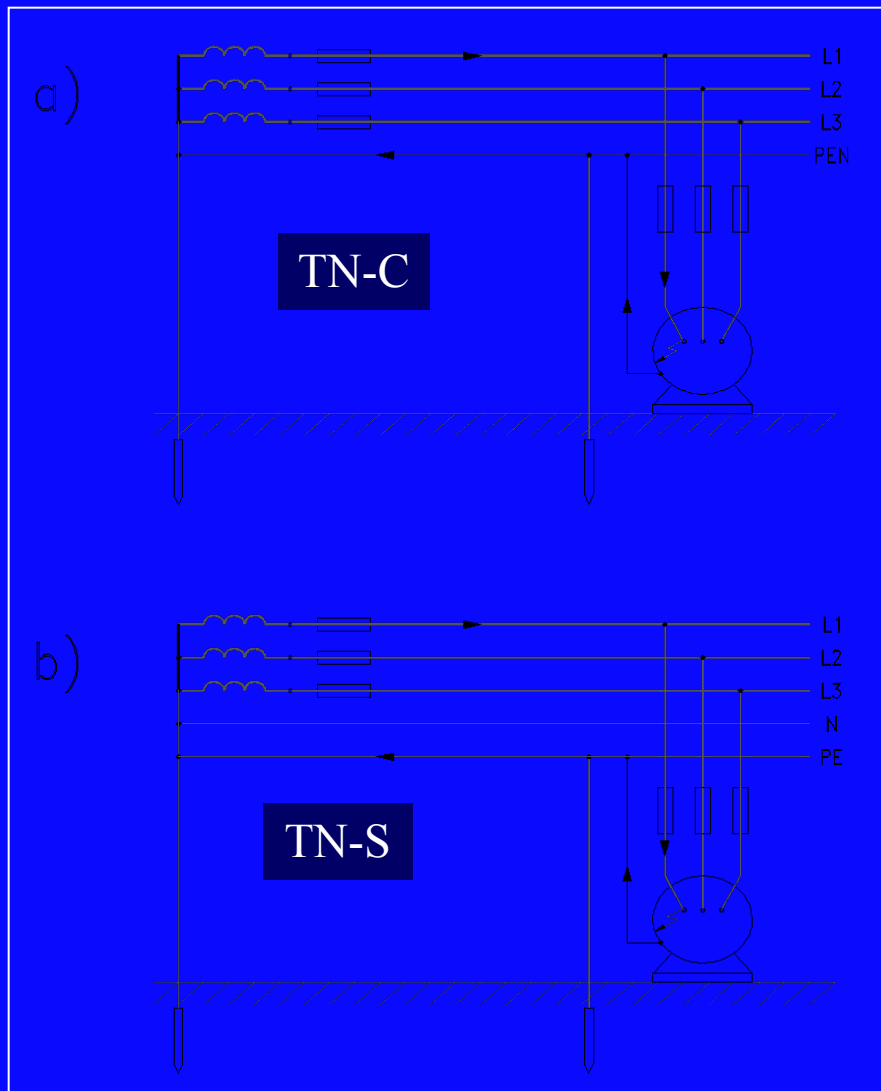
OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TN

W systemie tym wszystkie dostępne części przewodzące urządzeń łączy się za pośrednictwem przewodów ochronnych z **uziemionym punktem neutralnym układu zasilania**.

Elementami systemu „zerowania” są:

- przewód neutralno-ochronny PEN (w sieci TN-C) lub przewody ochronne PE (w sieci TN-S), łączące obudowy urządzeń chronionych z punktem neutralnym sieci zasilającej;
- uziemienie robocze punktu neutralnego oraz dodatkowe uziemienia przewodu PEN lub przewodu PE;
- zabezpieczenia zwarciorowe (bezpieczniki lub wyłączniki).

OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TN



System ochrony zapewni samoczynne wyłączenie zasilania, jeżeli prąd zwarciaowy I_z przekroczy wartość prądu wyłączającego zabezpieczenia I_a tj.:

$$I_z \geq I_a$$

uwzględniając, że

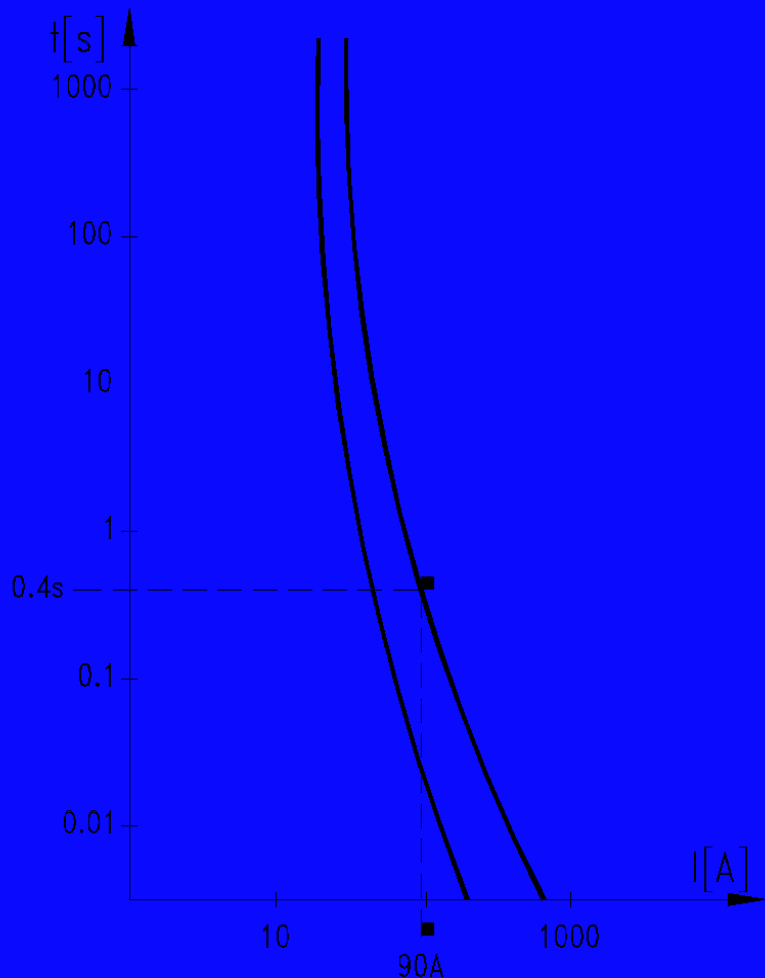
$$I_z = \frac{U_{nf}}{Z_s}$$

otrzymuje się **warunek skuteczności ochrony**:

$$Z_s I_a \leq U_{nf}$$

Z_s - impedancja pętli zwarciaowej

OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TN



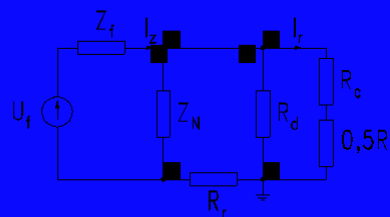
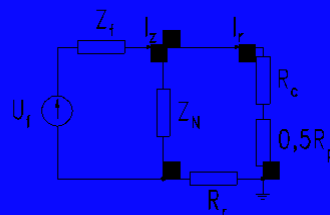
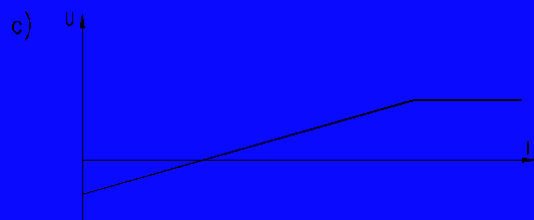
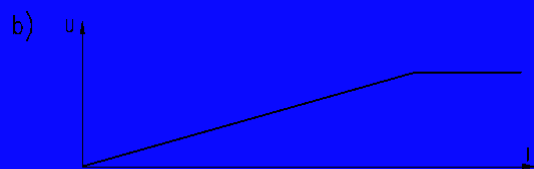
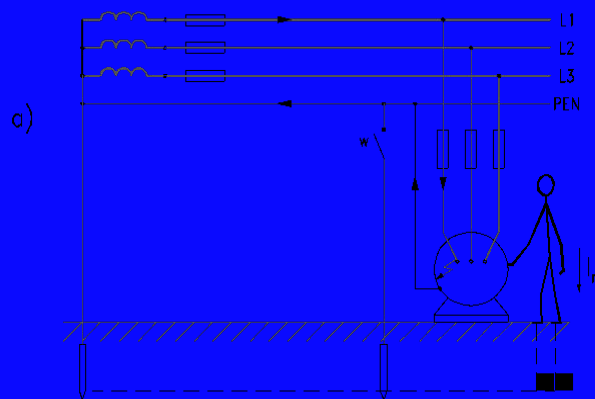
Prąd wyłączający
zabezpieczenia odczytuje
się z charakterystyki
czasowo-prądowej, dla
wymaganego czasu
wyłączania.

Przykład charakterystyki czasowo-
-prądowej dla bezpiecznika

OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TN

W systemie *zerowania* istotną rolę odgrywają **dodatkowe uziemienia przewodów ochronnych**.

Chronią one przed przenoszeniem się napięć dotykowych i zmniejszają wartości tych napięć.



Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Napięcia dotykowe w sieci TN-C:

a) szkic sytuacyjny; b) rozkład napięcia na przewodzie PEN oraz schemat zastępczy obwodu zwarciovego, gdy $R_d = \infty$; c) jak wyżej, przy R_d porównywalnym z R_r

Z_f - impedancja przewodu fazowego; Z_N - impedancja przewodu neutralno-ochronnego

OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TN

Podobną funkcję jak dodatkowe uziemienia przewodów ochronnych spełniają także połączenia wyrównawcze. Jest to szczególnie ważne w przypadku dużych obiektów, tam gdzie wykonanie dodatkowych uziemień może być trudne lub nawet niemożliwe.

Dla zapewnienia skutecznej ochrony przekroje przewodów ochronnych w układzie TN powinny być dobrane zgodnie z zasadami podanymi w tabeli:

Przekroje przewodów fazowych [mm ²]	Najmniejszy dopuszczalny przekrój przewodów ochronnych [mm ²]
$S \leq 16$ $16 < S \leq 35$ $S > 35$	S 16 S/2

OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TN

Przekrój oddzielnych przewodów PE (tzn. niebędących żyłą przewodu lub kabla) nie może być mniejszy niż:

- 2,5 mm² - przy zastosowaniu ochrony przewodu przed uszkodzeniami mechanicznymi,
- 4,0 mm² w przypadku niestosowania zabezpieczeń przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Przekrój oddzielnych przewodów PEN nie może być mniejszy niż:

- 10 mm² Cu
- lub 16 mm² Al.



OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TN

Przewody ochronne oznacza się barwą zielono-żółtą na całej długości, przy czym końce przewodu neutralno-ochronnego oznacza się kolorem jasnoniebieskim.

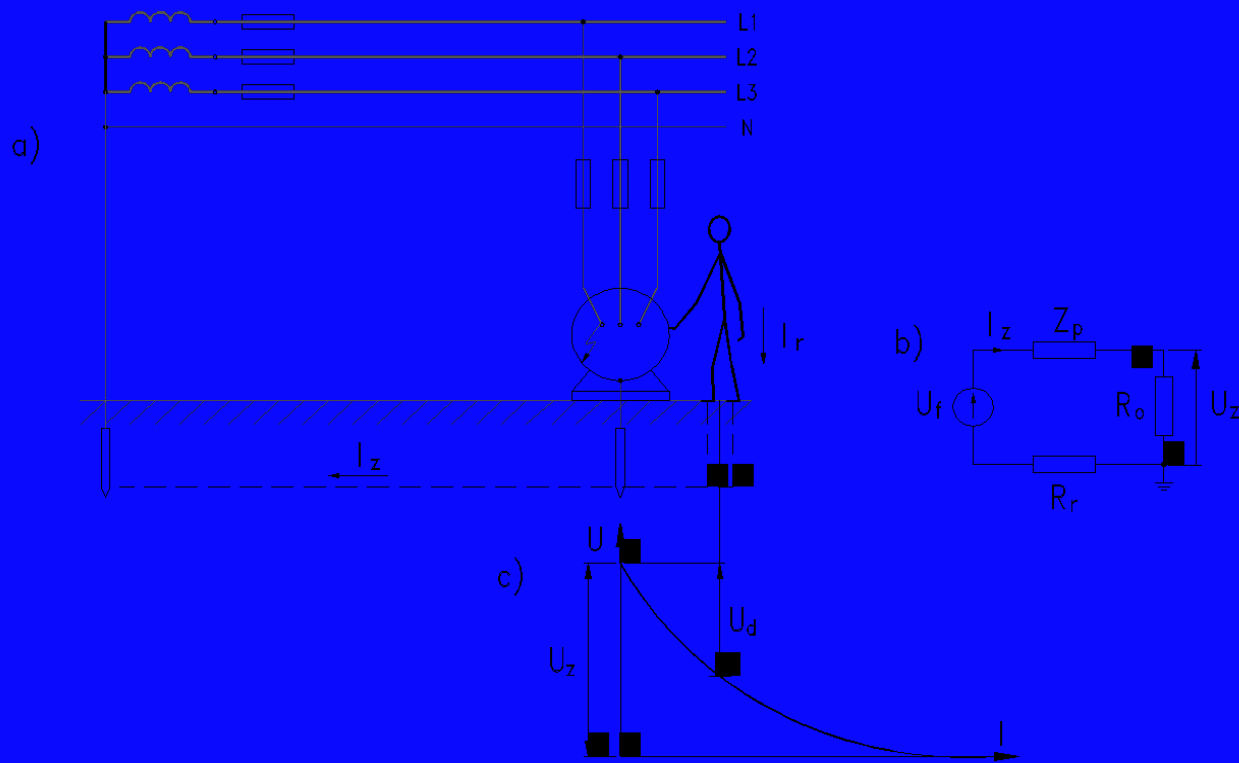
Dla właściwego działania zerowania w układzie TN-C wskazane jest, aby w stanie pracy normalnej sieci przez przewód PEN nie płynął żaden prąd.

Przepływ prądu przez ten przewód powoduje powstawanie na nim spadku napięcia, które jest przenoszone na wszystkie obiekty zerowane.

Należy więc dążyć do uzyskania symetrii obciążenia w poszczególnych fazach, poprzez przyłączanie odbiorników jednofazowych do różnych faz linii 3-fazowej.

Asymetria obciążenia nie wpływa na skuteczność ochrony w sieci TN-S, gdzie przewody neutralny i ochronny prowadzone są oddzielnie.

OCHRONA DODATKOWA – Samoczynne wyłączenie TT



Maksymalne napięcie dotykowe, pod wpływem którego znajdzie się człowiek dotykający obudowy uszkodzonego urządzenia jest równe napięciu uziomowemu:

$$U_d = I_z R_A$$

R_A - suma rezystancji uziemienia i przewodu ochronnego

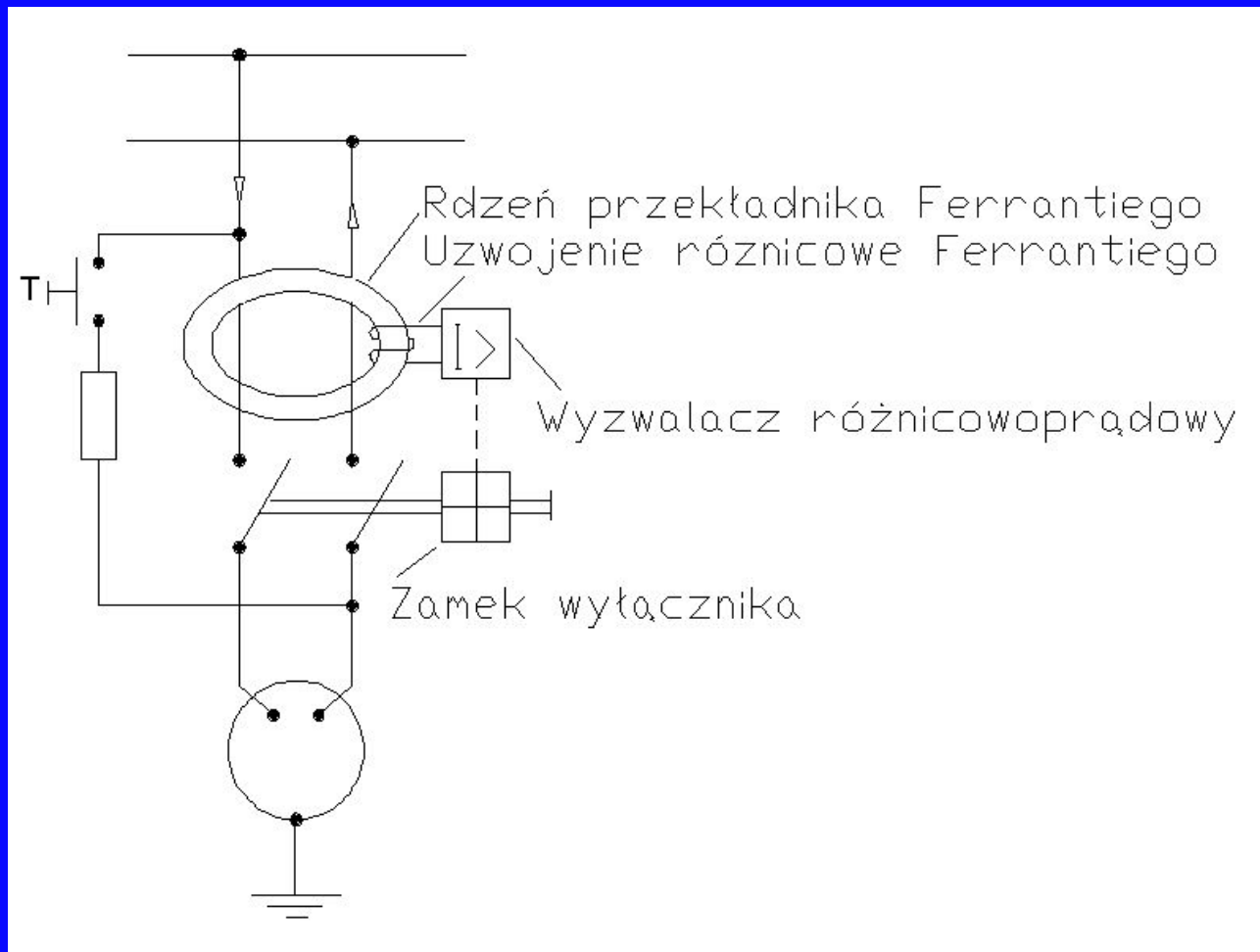
Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Warunek skuteczności uziemienia ochronnego:

$$R_A I_a \leq 50 \text{ [V]}$$

I_a - prąd zapewniający samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego

Wyłącznik różnicowo-prądowy



Schemat wyłącznika różnicowo-prądowego

Wyłącznik różnicowo-prądowy



Widok wyłącznika różnicowo-prądowego

Wyłącznik różnicowo-prądowy

Warunek skutecznej ochrony przy dotyku bezpośrednim

$$R_{cz} \cdot I_{\Delta n} \leq 50 \text{ [V]}$$

przy dotyku pośrednim

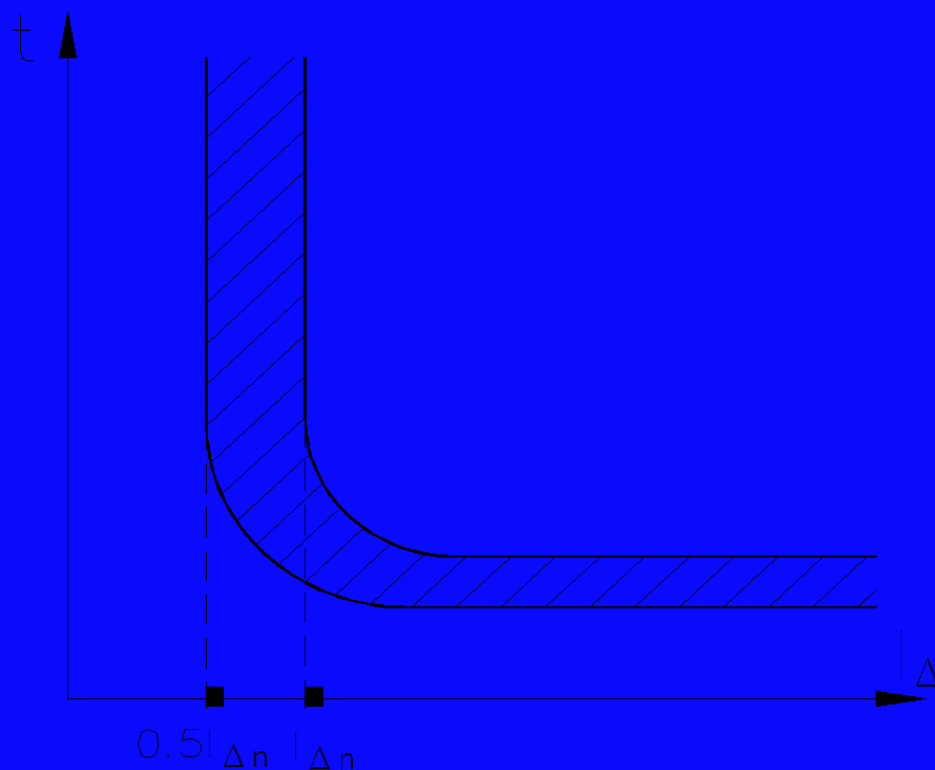
$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq 50 \text{ [V]}$$

R_{cz} - rezystancja człowieka,

R_A - rezystancja uziemienia,

$I_{\Delta n}$ - różnicowy prąd wyzwalający wyłącznika.

Wyłącznik różnicowo-prądowy



Wyłączniki PI należy dobierać po uprzednim ustaleniu prądów upływowych, jakie występują normalnie w danej instalacji i przyjmować prąd wyzwalający wyłącznika dwukrotnie większy.

Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Charakterystyka czasowo-prądowa wyłącznika różnicowoprądowego.

Wyłącznik różnicowo-prądowy

Zakres stosowania wyłączników o różnej czułości jest następujący:

- **6 i 10 mA** - ochrona dodatkowa lub uzupełniająca przy zasilaniu przyrządów ręcznych w przestrzeniach ograniczonych,
- **30 mA** - ochrona dodatkowa lub uzupełniająca w instalacjach przemysłowych, mieszkaniach, placach budów i innych pomieszczeniach,
- **100 mA** - ochrona dodatkowa w obwodach odbiorników o dużym prądzie upływowym np. szafy chłodnicze, kuchnie, piece.
- **300 mA i 500 mA** - jako główny wyłącznik w instalacji odbiorczej.

Wyłącznik różnicowo-prądowy

Cechy urządzeń różnicowo-prądowych:

- uniwersalność, tj. możliwość stosowania w różnych układach sieciowych,
- działanie w przypadku przerwy w przewodzie PE (dotyczy wyłączników o działaniu bezpośrednim),
- ciągła kontrola stanu izolacji,
- ograniczenie pożarów, powodowanych uszkodzeniem izolacji sieci,
- możliwość zainstalowania we wspólnej obudowie z wyłącznikami instalacyjnymi,
- modułowość, estetyka.



OCHRONA DODATKOWA – Separacja elektryczna

Separacja polega na niezawodnym elektrycznym oddzieleniu obwodu odbiornika od sieci zasilającej za pomocą transformatora lub przetwornicy separacyjnej, a także na utrzymaniu dobrego stanu izolacji odseparowanego obwodu.

Transformator lub przetwornica separacyjna, spełniające wymagania odpowiednich norm, powinny zasilać możliwie krótkim obwodem **tylko jeden odbiornik**.

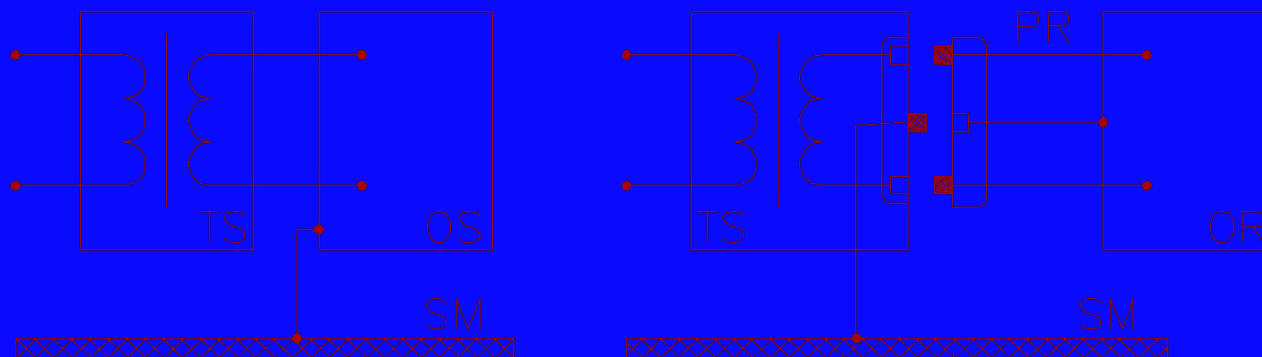
Dopuszcza się zasilanie kilku odbiorników, pod warunkiem zastosowania izolowanych połączeń wyrównawczych.

Długość przewodów w obwodzie separacyjnym nie powinna przekraczać 500 m, a iloczyn napięcia znamionowego obwodu (w woltach) oraz długości przewodów (w metrach) nie powinien przekraczać 100 000.

OCHRONA DODATKOWA – Separacja elektryczna

Obwodu separowanego nie wolno łączyć z ziemią lub łączyć z jakimkolwiek innym obwodem, ze względu na możliwość przeniesienia niebezpiecznego napięcia dotykowego przewodami ochronnymi lub przewodami innego obwodu.

Jeżeli separowany odbiornik jest urządzeniem I klasy ochronności i jest użytkowany przy pracach na stanowisku metalowym, wówczas należy wykonać połączenie wyrównawcze łącząc jego zacisk ochronny z tą konstrukcją.



Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

OS - odbiornik stały, OR - odbiornik ruchomy, TS - transformator separacyjny, SM - stanowisko metalowe, PR - przewód ruchomy

OCHRONA DODATKOWA – Izolowanie stanowiska

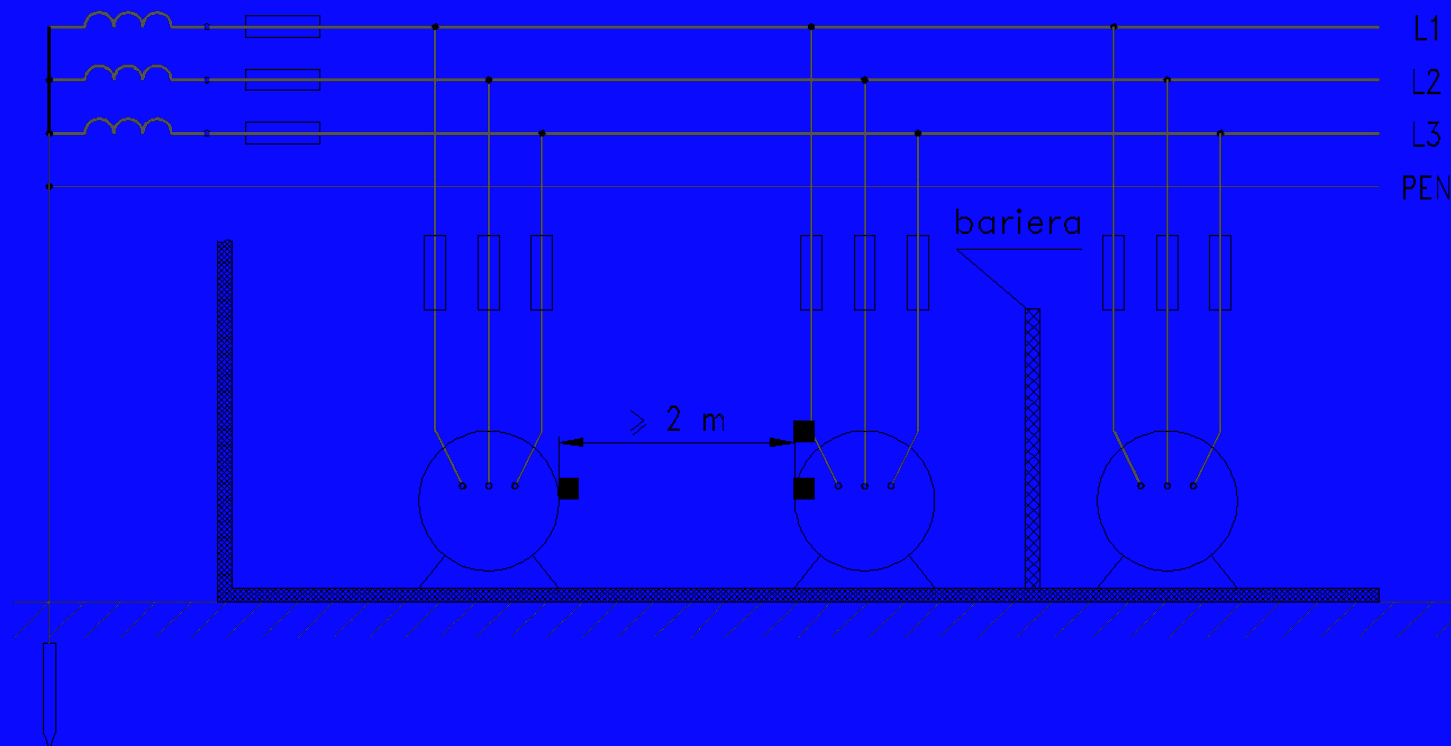
Izolowanie stanowiska jest środkiem dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej uniemożliwiającym równoczesny dotyk części przewodzących dostępnych.

Skuteczność ochrony zapewnia izolowanie podłóg i ścian oraz zastosowanie przynajmniej jednego z następujących środków:

- Umieszczenie urządzeń w taki sposób, aby ich obudowy były od siebie oddalone na odległość nie mniejszą niż 2 m¹. Wymagana odległość może zmniejszyć się do 1,5 m, gdy części te znajdują się poza zasięgiem ręki.
- Zastosowanie barier pomiędzy częściami przewodzącymi, zwiększających odległość dla jednoczesnego dotyku tych części do wartości jak wyżej.
- Izolowanie części przewodzących obcych.

OCHRONA DODATKOWA – Izolowanie stanowiska

Izolowanie stanowiska stosuje się najczęściej
w odniesieniu do odbiorników stałych.



OCHRONA DODATKOWA – Izolowanie stanowiska

Rezystancja stanowiska izolowanego powinna spełniać warunek:

$$R_S \geq 50\text{k}\Omega \quad \text{gdy } U_N \leq 500\text{ V}$$

$$R_S \geq 100\text{k}\Omega \quad \text{gdy } U_N > 500\text{ V}$$

Zapewnia to ograniczenie prądów rażeniowych do 10 mA, a więc do wartości prądu samouwolnienia.

Materiał, którym jest wyłożone stanowisko, powinien być trwale przymocowany do podłoża i powinien mieć trwałe właściwości mechaniczne i elektryczne.



OCHRONA DODATKOWA – Połączenia wyrównawcze

Celem ochrony zrealizowanej za pomocą połączeń wyrównawczych jest wyrównanie potencjałów, a tym samym uniemożliwienie pojawiania się niebezpiecznych napięć dotykowych pomiędzy częściami przewodzącymi dostępnymi lub obcymi.

Wszystkie jednocześnie dostępne dla dotyku części przewodzące należy ze sobą połączyć przewodami wyrównawczymi. System tych przewodów nie powinien mieć połączenia elektrycznego z ziemią ani bezpośrednio, ani przez jakiegokolwiek inne części przewodzące.

Przekroje przewodów

Połączenia główne:

Przekrój nie mniejszy niż połowa największego przekroju przewodu ochronnego zastosowanego w danej instalacji i nie mniejszym niż 6 mm^2 .

Połączenia miejscowe:

Przekrój nie mniejszy od przekroju najmniejszego przewodu ochronnego, przyłączonego do części objętych połączeniami wyrównawczymi.

Najmniejsze niebezpieczne dla człowieka natężenia prądu

Na podstawie znajomości najmniejszych niebezpiecznych dla człowieka natężeń prądu wynoszących: 30 mA dla prądu o częstotliwości 40-60 Hz oraz 70 mA dla prądu stałego wyznaczono poziomy napięcie bezpiecznych.

Napięcia dopuszczalne

Dla rezystancji ciała człowieka wynoszącej średnio $1000\ \Omega$ określone zostały wartości maksymalne napięć dopuszczalnych dla człowieka - wartości napięć dotykowych bezpiecznych.

W warunkach środowiskowych, w których rezystancja ciała człowieka wynosi co najmniej $1000\ \Omega$ za napięcie bezpieczne uznaje się napięcia o wartościach:

- a) $50\ V$ dla prądu przemiennego,
- b) $120\ V$ dla prądu stałego.

Napięcie bezpieczne

W warunkach środowiskowych, w których rezystancja ciała człowieka nie przekracza $1000\ \Omega$, za napięcie bezpieczne uznaje się napięcia o wartościach:

- a) 25 V dla prądu przemiennego,
- b) 60 V dla prądu stałego.

Napięcia o wartościach nieprzekraczających wartości wyżej podanych oznacza się – UL.

Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim

Działanie ochrony polega na **ograniczeniu prądu rażeniowego**.

Obwody napięcia bezpiecznego dzieli się na:

- obwody bez uziemień - typu **SELV** (Safety Extra Low Voltage),
- obwody z uziemieniami - typu **PELV** (Protective Extra Low Voltage).

1. Poziom napięcia - napięcie bezpieczne

2. Źródło zasilania:

- transformator lub przetwornice bezpieczeństwa, baterie akumulatorów, urządzenia elektroniczne

3. Wtyczki i gniazda unikatowe, bez styków ochronnych

4. Części czynne oddzielone od obwodów wyższego napięcia w sposób nie gorszy niż w transformatorze bezpieczeństwa

5. Przewody prowadzone oddzielnie, w osłonie izolacyjnej, oddzielone uziemionymi osłonami lub mające izolację na najwyższe występujące w sąsiednich przewodach lub żyłach napięcie

Obwody SELV

1. Części czynne oraz części przewodzące dostępne obwodów SELV nie powinny być połączone z uziomem ani z elementami czynnymi i dostępnymi innych obwodów elektrycznych.
2. W obwodach tego typu można nie stosować żadnej ochrony części czynnych, jeżeli napięcie obwodu nie przekracza 25 V prądu przemiennego i 60 V prądu stałego i o ile nie występują szczególnie niekorzystne warunki środowiskowe. Dla napięć przekraczających te wartości, a więc praktycznie do 50 V prądu przemiennego i 120 V prądu stałego, powinno stosować się osłony izolacyjne lub izolację roboczą elementów wiodących prąd.

Obwody PELV

1. W obwodach typu PELV określone części czynne mogą być uziemione.
2. Jeżeli napięcie znamionowe obwodu nie przekracza 25 V prądu przemiennego i 60 V prądu stałego oraz urządzenie jest użytkowane w miejscu suchym, objętym dodatkowo połączeniami wyrównawczymi, wówczas ochrona przed dotykiem bezpośrednim nie jest konieczna.
3. Zastosowanie napięć do 6 V prądu przemiennego i 15 V prądu stałego pozwala na niestosowanie ochrony podstawowej bez żadnych dodatkowych warunków. We wszystkich innych przypadkach obowiązują zasady jak dla obwodów typu SELV.