

SZKOLENIE

Kurs eksploatacji urządzeń i instalacji elektroenergetycznych do 1kV

zebrał i opracował: mgr inż. Marcin Jabłoński



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

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 komisję kwalifikacyjną”

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 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 prądowórcze 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 prądowórcze
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

Podział urządzeń, instalacji i sieci przy których eksploatacji jest wymagane posiadanie kwalifikacji wg decyzji 22 Ministra Obrony Narodowej:

Grupa I pkt 11- urządzenia elektroenergetyczne:

1. Polowe sieci, urządzenia i instalacje elektroenergetyczne o napięciu do 1 kV,
2. Zespoły prądowców o mocy od 1kW,
3. Stacjonarne i polowe stacje akumulatorowe, urządzenia prostownicze i rozruchowe,
4. Urządzenia elektroenergetyczne warsztatów naprawczych sprzętu wojskowego,
5. Urządzenia radiolokacyjne,
6. Urządzenia łączności,
7. Urządzenia techniki raketowej,
8. Lotniskowe systemy elektroenergetyczne,
9. Lotniskowe systemy elektroświatlne,
10. Urządzenia elektrogazowe
11. Siłownie, urządzenia, systemy i instalacje ogólnokrętowe

Podział urządzeń, instalacji i sieci przy których eksploatacji jest wymagane posiadanie kwalifikacji wg decyzji 22 Ministra Obrony Narodowej:

2 Grupa II pkt 11- urządzenia zużywające ciepło, paliwa stałe i płynne oraz przetwarzające i przesyłające ciepło:

1. Okrętowe kotły parowe wraz z instalacjami;
2. Okrętowe instalacje energetyczne, w tym zbiorniki sprężonego powietrza wraz ze sprężarkami;
3. Urządzenia łaźni polowych i pralni polowych w tym wytwornice i urządzenia grzejne;
4. Polowe i okrętowe urządzenia wentylacyjne, klimatyzacyjne i chłodnicze;
5. Autoklawy, sterylizatory ciśnieniowe, stacje tlenowe i innych sprężonych gazów;
6. Urządzenia służby żywnościowej, w tym polowe i okrętowe kuchnie oraz piekarnie;
7. Sprężarki i instalacje sprężonego powietrza.

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

Jednocześnie ustalono przedrostki występujące dla każdej wielkości celem opisanja większej lub mniejszej wartości danej jednostki:

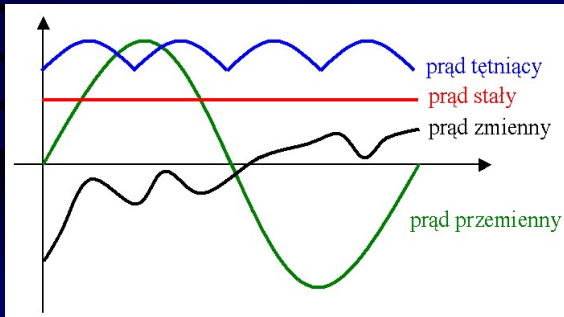
Wartość matematyczna	Wartość wykładnicza	Opis	Skrót
1 000	1×10^3	Jeden kilo	1k
1 000 000	1×10^6	Jeden mega	1M
1 000 000 000	1×10^9	Jeden giga	1G
0,001	1×10^{-3}	Jeden mili	1m
0,000 001	1×10^{-6}	Jeden mikro	1 μ

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 zeru 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

Ochrona przeciwporażeniowa



Nie dotykać!
Urządzenie pod napięciem

ZAGADNIENIA

- Działanie prądu na organizm człowieka
 - Impedancja ciała ludzkiego
 - Skutki przepływu prądu przemiennego i stałego
- Rozpływ prądu w ziemi, uziemienia
- Napięcie dotykowe
- Niebezpieczeństwo porażień w sieciach nn
- Zasady i rodzaje ochrony przeciwporażeniowej
- Środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim
- Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim
- Środki ochrony przed dotykiem pośrednim

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:

- skurcze mięśni, szczególnie mięśni zginających,
- oparzenia zewnętrzne i wewnętrzne,
- utrata świadomości,
- zatrzymanie oddychania,
- zakłócenia pracy serca, występujące najostrej przy prądach o częstotliwościach 40 ± 60 Hz, które powodują migotanie komór serca.

Czynniki pogłębiające stopień porażenia

Stopień porażenia jest wynikiem działania następujących czynników:

- natężenia prądu rażeniowego,
- czasu przepływu prądu rażeniowego,
- częstotliwości prądu rażeniowego,
- drogi przepływu prądu przez człowieka,
- rezystancji ciała człowieka oraz jego naskórka,
- warunków środowiskowych,
- indywidualnych cech człowieka.

Natężenie prądu rażeniowego

Natężenie prądu rażeniowego jest wprost proporcjonalne do napięcia rażeniowego i odwrotnie proporcjonalne do rezystancji ciała człowieka. Reakcje organizmów na przepływający prąd są różne i w dużej mierze zależne od indywidualnych cech osób porażonych. Skutki przepływu prądu potęgują się u dzieci, kobiet, osób starszych, osób otyłych i chorych (zwłaszcza na choroby serca).

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 odczucia 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 paralizu dróg oddechowych, możliwość utraty przytomności
75	Początek migotania komór sercowych
250	Migotanie komór sercowych w czasie pow. 0,4 s
4000	Paraliz i zatrzymanie akcji serca
> 5000	Zwęglenie się tkanek

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

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.

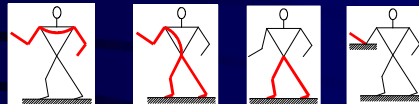
Czas przepływu prądu rażeniowego

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 komórek 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).

Droga 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.

Podstawowe definicje 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.

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

Pojęcie przewodu skrajnego

Przewody skrajne - termin stosowany dla określenia:
- przewodów fazowych przy prądzie przemiennym,
- przewodu dodatniego i ujemnego przy prądzie stałym.

Pojęcie przewodu ochronno-neutralnego

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

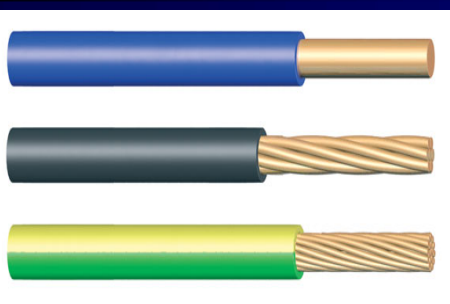
Pojęcie przewodu ochronnego

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

Pojęcie przewodu uziomowego

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)

Część przewodząca dostępna

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).

Część przewodząca obca

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

Części jednocześnie dostępne

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

Zasięg ręki

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.

Napięcie dotykowe

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

Napięcie rażeniowe dotykowe

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

Napięcie uziomowe

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).

Prąd rażeniowy

Prąd rażeniowy - oznacza prąd (albo jego wartość) przepływający przez ciało człowieka w wyniku oddziaływania napięcia rażeniowego,

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

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim

Ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa) - oznacza ochronę zapobiegającą niebezpiecznym skutkom dotknięcia części czynnych.

Ochrona przed dotykiem pośrednim

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.

Rezystancja ciała człowieka

Rezystancja ciała człowieka jest wypadkową rezystancji skóry wraz z naskórkiem oraz rezystancji wewnętrznej. Rezystancja wewnętrzna ciała zawiera się w granicach $500-1000 \Omega$ 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.

Warunki środowiskowe

Warunki zewnętrzne, takie jak: wilgotność i temperatura powietrza, pozycja pracy, intensywność wykonywanej pracy, przewodność podłoża i ubrania roboczego, mają decydujący wpływ na zmniejszanie się rezystancji skóry i zwiększanie natężenia prądów rażeniowych.

Wyróżniamy warunki środowiskowe:

- przy których wartość rezystancji ciała człowieka wynosi co najmniej 1000Ω ,
- przy których wartość rezystancji ciała człowieka wynosi mniej niż 1000Ω .

Najmniejsze niebezpieczne dla człowieka natężenia prądu

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

Napięcia dopuszczalne

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

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

- 50 V dla prądu przemiennego,
- 120 V dla prądu stałego.

Napięcie bezpieczne

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

- 25 V dla prądu przemiennego,
- 60 V dla prądu stałego.

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

Impedancja ciała człowieka

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.

Prądy graniczne

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 samowolnienia 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 - określenia

Część czynna – jest to przewód lub część przewodząca instalacji, znajdująca się pod napięciem w czasie normalnej pracy (również przewód N).

Część przewodząca dostępna – jest to dostępna dla dotyku przewodząca część instalacji, która nie jest pod napięciem w warunkach normalnej pracy, a na której napięcie może pojawić się w wyniku uszkodzenia.

Część przewodząca obca - jest to część przewodząca niebędąca częścią instalacji elektrycznej, która może znaleźć się pod określonym potencjałem.

Uziemienia

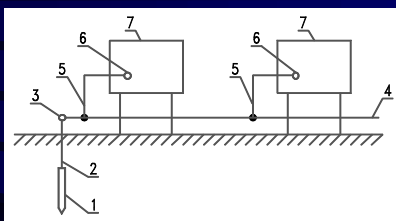
Uziomem nazywa się metalowy przedmiot umieszczony w wierzchniej warstwie gruntu, zapewniający połączenie elektryczne przedmiotów uziemianych z ziemią.

Uziomy:

- sztuczne
 - pionowe – rury, pręty,
 - poziome – taśma stalowa, płytowe – blacha;
- naturalne
 - zbrojenia, rury wodociągowe, ołowiane powłoki i metalowe płaszcze kabli.

Uziemienia

Uziemienie jest to połączenie urządzeń z uziomem.



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

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

Uziemienia

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 zakłóceń.

Uziemienia

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.

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 odbiorców połączone są z punktem neutralnym sieci poprzez uziemiony przewód ochronny PE lub przewód ochronno-neutralny PEN,

T - oznacza, że części przewodzące dostępne odbiorców 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,

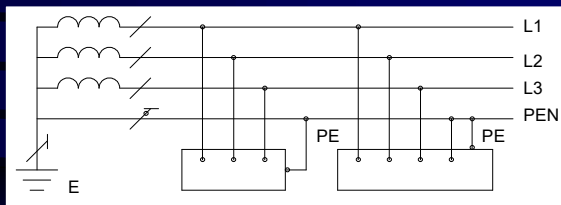
CS - oznacza, że w układzie sieciowym wyprowadzony został przewód ochronno-neutralny PEN, który rozdziela się na przewód ochronny PE i przewód neutralny N w pewnej odległości od początku układu sieciowego, np. w złączu kablowym budynku.

Kody literowe i barwne przewodów

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 największej średnicy Przewód o największej ujemnej Przewód droższy	L+ L- M	czerwona ciemnoniebieska jasnoniebieska (pasek)	RD BU BU
Układ zasilania prądu przemiennego (sterczykowy) 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 (jednocieła lub pasek)	YE GN VF BU
Przewód ochronny Przewód uziemiaczy (uziemiające) Przewód ochronny („uziemiające” ochronne) Przewód ochronno - neutralny (ochronno-zerowy)	E PE PEN	kombinacja paszków barwy zielonej i żółtej jw. jw. oraz na końcu pasek jasnoniebieski	GN-YE GN-YE GN-YE-BU
Przewód uziemiaczy bezzakłócony (uziemiające bezzakłócone) Przewód łączący z obwodowej (masa) Przewód wyrównawczy	TE MM CC	kombinacja paszków barwy zielonej i żółtej jw. jw.	GN-YE GN-YE GN-YE

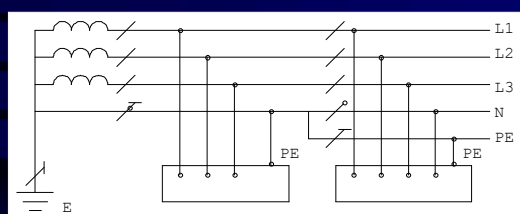
Źródło: W. Jabłoński: Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia. WNT, Warszawa 2006.

Układ sieciowy TN – C



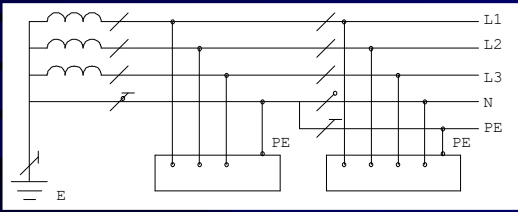
Źródło: H. Markiewicz: Instalacje elektryczne. WNT, Warszawa 2006.

Układ sieciowy TN – S



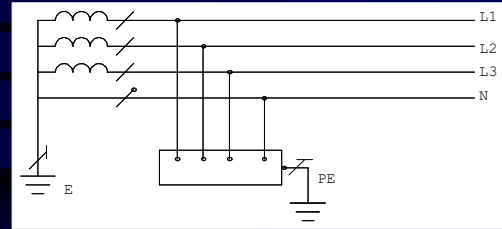
Źródło: H. Markiewicz: Instalacje elektryczne. WNT, Warszawa 2006.

Układ sieciowy TN - C – S



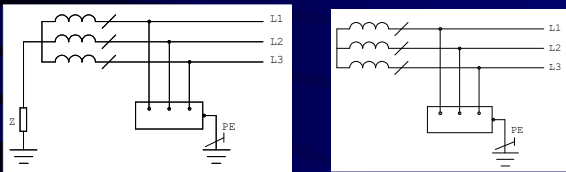
Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układ sieciowy TT



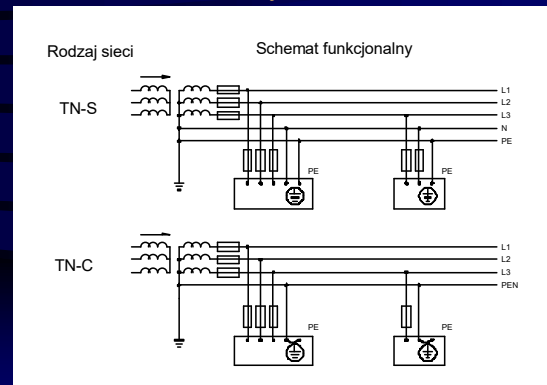
Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układy sieciowe IT



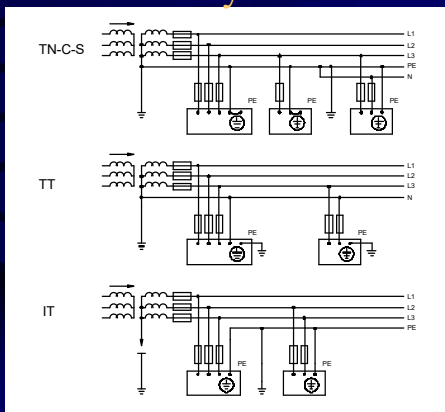
Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układy sieci



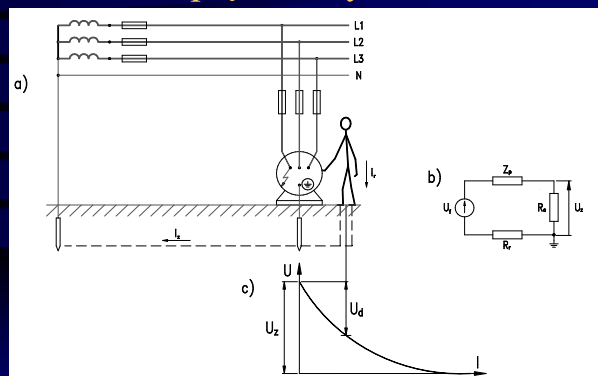
Źródło: H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.

Układy sieci



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

Napięcie dotykowe



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

Napięcie dotykowe

Napięcie dotykowe można zdefiniować jako napięcie między dwoma punktami nienależącymi do obwodu elektrycznego, których może dotknąć jednocześnie człowiek.

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

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

Napięcie dotykowe

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 - $R_{po} = 25 \Omega$

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

Napięcie dotykowe

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

- | | |
|----------------|--|
| - płytki PCV - | $\rho = 10^7 \div 10^9 \Omega \cdot m$, |
| - terakota - | $\rho = 10^5 \div 10^7 \Omega \cdot m$, |
| - linoleum - | $\rho = 10^6 \div 10^{10} \Omega \cdot m$, |
| - marmur - | $\rho = 10^4 \div 10^5 \Omega \cdot m$, |
| - guma - | $\rho = 10^2 \Omega \cdot m$, |
| - drewno - | $\rho = 10^8 \div 10^{14} \Omega \cdot m$ |
| - asfalt - | $\rho = 10^{10} \div 10^{12} \Omega \cdot m$ |

Stosunek napięcia dotykowego do uziomowego nazywa się współczynnikiem dotyku:

$$\alpha_d = \frac{U_d}{U_z}$$

W ogólnym przypadku $U_d \leq U_z$, więc $\alpha \leq 1$.

Napięcie rażeniowe

Napięciem rażeniowym U_r nazywa się spadek napięcia na rezystancji ciała człowieka przy przepływie przez niego prądu rażeniowego

$$U_r = I_r R_c$$

$$U_r = U_d - 0.5 I_r R_p$$

W ogólnym przypadku zachodzi

$$U_r \leq U_d \leq U_z$$

Niebezpieczeństwo porażen

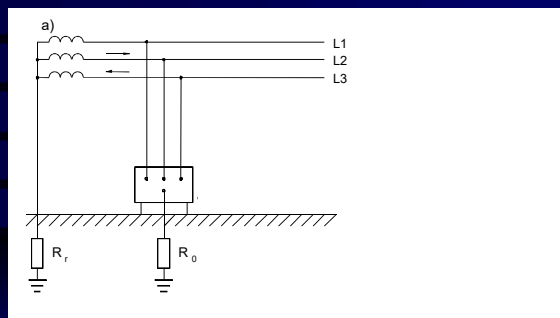
Rozróżnia się dwa rodzaje rażeń:

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**.

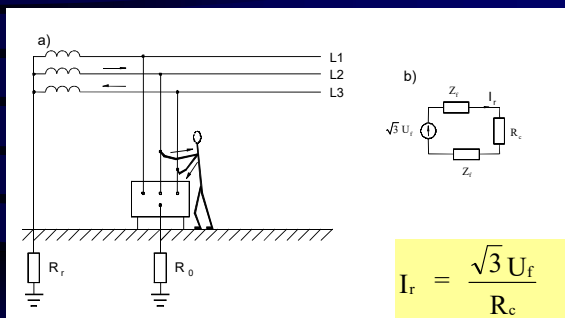
Dotyk bezpośredni



Rażenie napięciem międzyprzewodowym

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

Dotyk bezpośredni

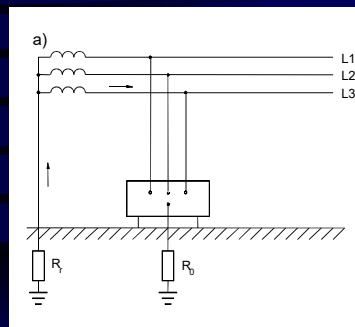


$$I_r = \frac{\sqrt{3} U_f}{R_c}$$

Rażenie napięciem międzyprzewodowym

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

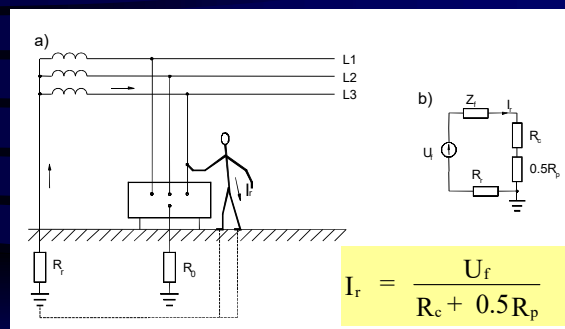
Dotyk bezpośredni



Rażenie napięciem fazowym w sieci typu T

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

Dotyk bezpośredni

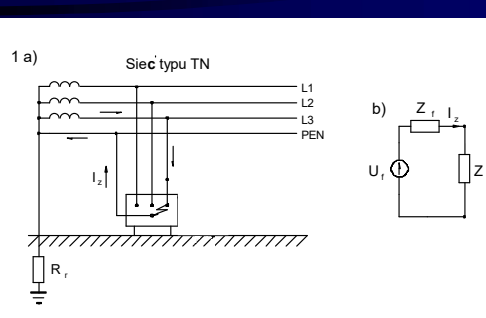


$$I_r = \frac{U_f}{R_c + 0.5 R_p}$$

Rażenie napięciem fazowym w sieci typu T

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

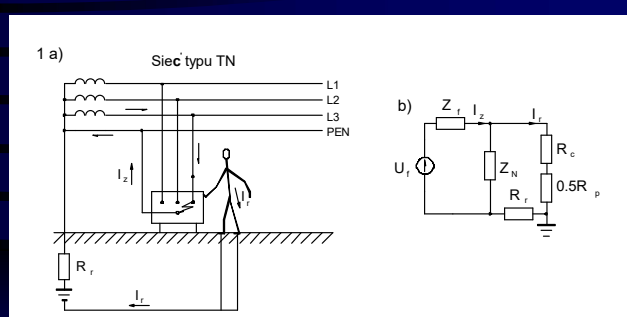
Dotyk pośredni



Rażenia napięciem dotykowym

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

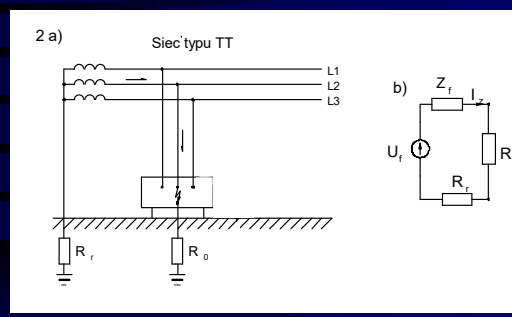
Dotyk pośredni



Rażenia napięciem dotykowym

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

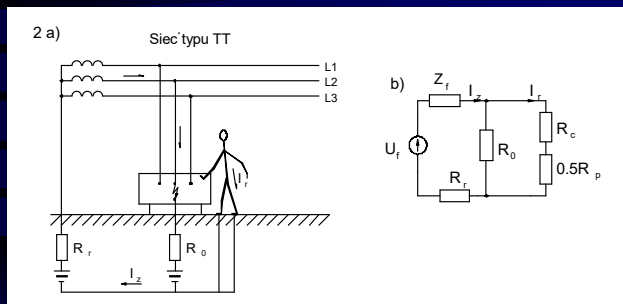
Dotyk pośredni



Rażenia napięciem dotykowym

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

Dotyk pośredni



Rażenia napięciem dotykowym

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

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

Rodzaje rażeń determinują rodzaje zastosowanej ochrony.

Wyróżnia się:

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

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

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	wierchem 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	łanej strugą
6	łanej silną strugą
7	przy zanurzeniu krótkotrwałym
8	przy zanurzeniu ciągłym
9K	łanej 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:

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

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 zaciski 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. 

Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim

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

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.

Samoczynne wyłączenie odbiornika

Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania wymagana jest wówczas, gdy napięcie dotykowe przekracza długotrwałe 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 przeciężeniowych lub wyłączników ochronnych różnicowo-prądowych. Jako zabezpieczenie przeciężeniowe można wykorzystać:

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

Samoczynne wyłączenie zasilania

Maksymalny czas wyłączenia zależy 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]
120	0,8
230	0,4
277	0,4
400	0,2
>400	0,1

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

Samoczynne wyłączenie zasilania

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.

Samoczynne wyłączenie zasilania

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.

Samoczynne wyłączenie zasilania

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.

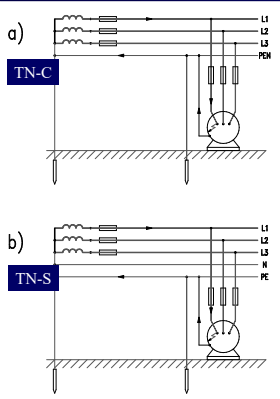
Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN

W systemie tym wszystkie dostępne części przewodzące urządzeń łączy się za pośrednictwem przewodów ochronnych z **uziemiającym 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 zwarciove (bezpieczniki lub wyłączniki).

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN



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

$$I_z \geq I_a$$

uwzględniając, że

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

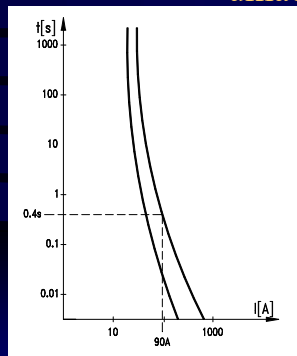
otrzymuje się **warunek skuteczności ochrony**:

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

Z_s - impedancja pętli zwarciovej

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

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN

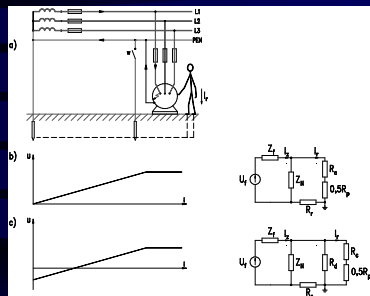


Prąd wyłączający zabezpieczenia odczytuje się z charakterystyki czasowo-prądowej, dla wymaganego czasu wyłączenia.

Przykład charakterystyki czasowo-prądowej dla bezpiecznika

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

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN



W systemie zerowania istotną rolę odgrywają **dotychczasowe 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) szkie sytuacyjny; b) rozkład napięć na przewodzie PEN oraz schemat zastępczy obwodu zwarciovej, gdy $R_d = \infty$; c) jak wyżej, przy R_d porównywalnym z R_f

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

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ 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]
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

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

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ 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.

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN

Jako przewody ochronne mogą być wykorzystane m.in.:

- żyły w kablach i przewodach wielożyłowych,
- przewody izolowane lub gołe (we wspólnej obudowie z przewodami czynnymi lub ułożone po wierzchu),
- osłony metalowe przewodów i kabli (powłoki, pancerze),
- metalowe rury wodociągowe,
- metalowe obudowy i konstrukcje urządzeń wchodzących w skład danej instalacji elektroenergetycznej.

Wszystkie rodzaje przewodów ochronnych powinny być odpowiednio zabezpieczone przed uszkodzeniami mechanicznymi, chemicznymi lub elektrochemicznymi.

Z uwagi na zachowanie ciągłości przewodu neutralno-ochronnego w przewodzie tym nie wolno umieszczać bezpiecznika.

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN

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

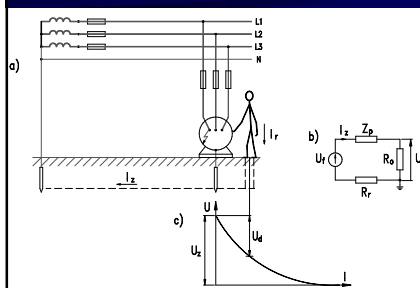
Dla właściwego działania zerowania w układzie TN-C wskazane jest, aby w stanie pracy normalnej sieci przez przewód PEN nie płynął żaden prąd.

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.

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TT



układ 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.

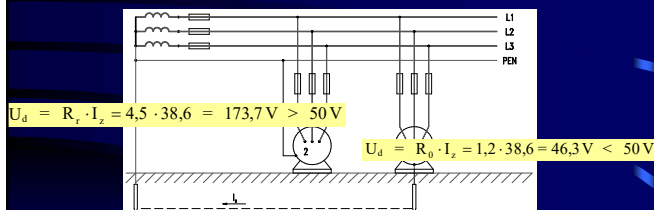
Warunek skuteczności uziemienia ochronnego:

$$R_A I_a \leq 50 [V]$$

I_a - prąd zapewniający samoczynne zadziałanie urządzenia ochronnego

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN

W sieci typu TN nie wolno stosować uziemień ochronnych, ponieważ może to powodować pojawienie się niebezpiecznego napięcia na przewodzie neutralno-ochronnym.



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

$$R_e = 1,2 \Omega$$

$$I_z = \frac{U_f}{R_e + R_0} = \frac{220}{1,2 + 4,5} = 38,6 A$$

$$R_0 = 4,5 \Omega$$

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN

Problemy praktyczne:

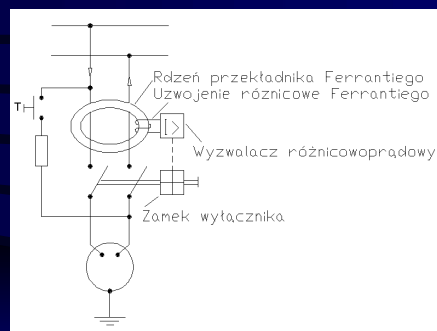
- W układzie TN-C, przy niesymetrii obciążenia płyną prądy wyrównawcze w przewodzie neutralno-ochronnym, powodując powstawanie spadków napięcia na tym przewodzie i przenoszenie napięć na obudowy urządzeń do niego przyłączonych.
- Uzyskanie wymaganych czasów wyłączeń może być trudne w praktyce. Jeśli prądy zwarcia mają niedostateczną wartość do wyzwolenia zabezpieczeń, to na obudowach urządzeń będzie się utrzymywał niebezpieczny potencjał, wynikający ze spadku napięcia na przewodach PE lub PEN.

Samoczynne wyłączenie zasilania – układ TN

Rozwiązania:

- Rozwiązaniem problemu przenoszenia się napięć dotykowych jest przejście na sieć typu TN-S.
- Zmniejszenie czasów wyłączeń można uzyskać poprzez zastąpienie istniejących bezpieczników wyłącznikami instalacyjnymi.
- Skuteczność zerowania można też poprawić wykonując dodatkowe połączenia wyrównawcze oraz liczne dodatkowe uziemienia przewodu ochronnego.

Wyłączniki różnicowo-prądowe



Schemat wyłącznika różnicowo-prądowego

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

Wyłączniki różnicowo-prądowe

Warunek skutecznej ochrony przy dotyku bezpośrednim

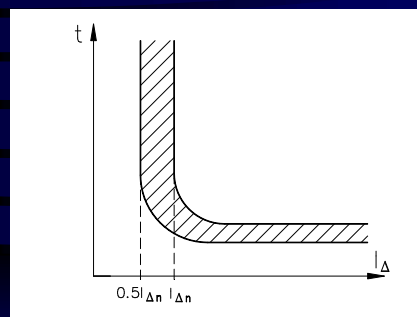
$$R_{cz} \cdot I_{\Delta n} \leq 50 \text{ [V]}$$

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.

Wyłączniki różnicowo-prądowe



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.

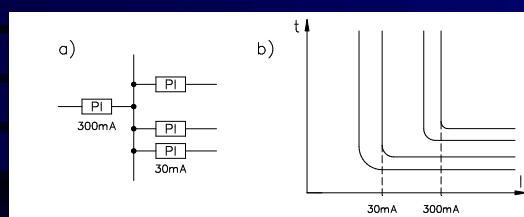
Wyłączniki różnicowo-prądowe

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.

Wyłączniki różnicowo-prądowe

Koordinacja charakterystyk czasowo-prądowych wyłączników różnicowoprądowych w układzie szeregowym



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

Czasy zadziałania wyłączników selektywnych wynoszą 150 ± 50 ms dla prądu oraz 40 ± 150 ms dla prądów ≥ 5 .

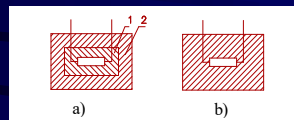
Wyłączniki różnicowo-prądowe

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.

Urządzenia II klasy ochronności

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.

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**.

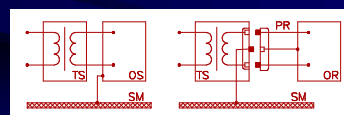
Dopuszcza się zasilanie kilku odbiorników, pod warunkiem zastosowania izolowanych połączeń wyrównawczych.

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.

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 łączące 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

Izolowanie stanowiska

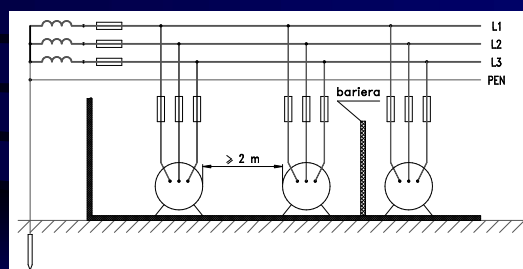
Izolowanie stanowiska jest środkiem dodatkowej ochrony przeciwporażeniowej uniemożliwiającym równoczesny dotyk części przewodzących dostępnych.

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 m. 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.

Izolowanie stanowiska

Izolowanie stanowiska stosuje się najczęściej w odniesieniu do odbiorników stałych.



Przykład stanowiska izolowanego

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

Izolowanie stanowiska

Rezystancja stanowiska izolowanego powinna spełniać warunek:

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

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

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.

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 mm².

Połączenia miejscowe:

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

Podsumowanie

Ochronę przez samoczynne wyłączenie zasilania można stosować we wszystkich instalacjach, przy czym czas wyłączenia powinien być dostosowany do wartości napięcia bezpiecznego, jakie powinno być przyjęte dla danej instalacji.

Pozostałe środki ochrony dodatkowej jak zastosowanie urządzeń II klasy ochronności, izolowanie stanowiska lub separacja elektryczna mają charakter lokalny i są stosowane raczej do pojedynczych urządzeń lub ich grup.

Przy wyborze środków ochrony w danym obiekcie należy ograniczać ich różnorodność oraz skoordynować je w taki sposób, aby uniknąć niepożądanych oddziaływań wzajemnych, zmniejszających skuteczność ochrony.

Zalecana ogólna ochrona przed dotykiem pośrednim obejmuje:

- sieć typu TN-S,
- zastąpienie bezpieczników wyłącznikami instalacyjnymi,
- uzupełnienie ochrony wyłącznikami różnicowoprądowymi,
- stosowanie połączeń wyrównawczych głównych i miejscowych.

Polskie Normy

- PN-EN 81-1:2002/A2:2006 Przepisy bezpieczeństwa dotyczące budowl i instalowania dźwigów. Część 1: Dźwigi elektryczne.
- PN-EN 50085-1:2006 (U) Systemy listów instalacyjnych otwartych i listów instalacyjnych zamkniętych do instalacji elektrycznych. Część 1: Wymagania ogólne. Cable trunking systems and cable ducting systems for electrical installations. Part 1: General requirements.
- PN-EN 50310:2006 (U) Stosowanie połączeń wyrównawczych i uziemień w budynkach z zainstalowanym sprzętem informatycznym. Application of equipotential bonding and earthing in buildings with information technology equipment.
- PN-EN 60127-1:2001/A2:2006 Bezpieczniki topikowe miniaturowe. Definicje dotyczące bezpieczników topikowych miniaturowych oraz ogólne wymagania dotyczące wkładek topikowych miniaturowych (zmiata A2).
- PN-EN 60127-4:2006 Bezpieczniki topikowe miniaturowe. Część 4: Wkładki topikowe modułowe uniwersalne (UMF) do montażu przewodkowego i powierzchniowego. Zastępuje PN-RN 60127-2:2004 (U).
- PN-EN 60127-2:2006 Bezpieczniki topikowe miniaturowe. Część 2: Wkładki topikowe zamknięte. Zastępuje PN-EN 60127-2:2004 (U).
- PN-60255-27:2006 (U) Przekładki pomiarowe i urządzenia zabezpieczeniowe. Część 27: Wymagania bezpieczeństwa wyrobu. Measuring relays and protection equipment. Part 27: Product safety requirements.
- PN-EN 60209-3:1997/A1:2005 Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe. Wymagania dodatkowe dotyczące bezpieczeństwa instalacyjnych przeznaczonych do stosowania przez osoby niewykwalifikowane (Bezpieczniki główne dla gospodarstw domowych i podobnych zastosowań - zmiata A1).
- PN-EN 60209-4:2005 Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe. Część 4: Wymagania dodatkowe dotyczące wkładek topikowych do zabezpieczenia przędków poliprowadnikowych. Zastępuje PN-EN 60209-4:2004 (U).

Polskie Normy

- PN-EN 60320-2-4:2006 (U) Wykły i nasadki do użytku domowego i podobnego. Część 2-4: Wykły i nasadki o sprzężeniu zależnym od ciężaru sprzętu. Appliance couplers for household and similar general purposes. Part 2-4: Couplers dependent and appliance weight for engagement.
- PN-EN 60669-1:2006 (U) Liczniki do stałych instalacji elektrycznych domowych i podobnych. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN 60998-1:2006 Osprzęt połączony do obwodów niskiego napięcia do użytku domowego i podobnego. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN 60998-2:2006 Osprzęt połączony do obwodów niskiego napięcia do użytku domowego i podobnego. Część 2-1: Wymagania szczegółowe dotyczące samodzielnich złączek z gumowymi elementami zaciskowymi.
- PN-EN 60998-2-2:2006 Osprzęt połączony do obwodów niskiego napięcia do użytku domowego i podobnego. Część 2-2: Wymagania szczegółowe dotyczące samodzielnich złączek z bezgumowymi elementami zaciskowymi. Zastępuje PN-EN 60998-2-2:1999 oraz PN-EN 60998-2-2:2005 (U).
- PN-EN 60999-2:2006 Osprzęt połączony. Miedziane przewody elektryczne. Wymagania bezpieczeństwa dotyczące prototypowych bezgumowych elementów zaciskowych. Część 2: Wymagania szczegółowe dotyczące elementów zaciskowych do przewodów o przekrojach od 35 mm² do 300 mm². Zastępuje PN-EN 60999-2:2005 (U) i PN-IEC 60999-2:2002.
- PN-EN 61242:2001/A12:2006 (U) Sprzęt elektroinstalacyjny. Przedłużacze związane do zastosowań domowych i podobnych. Electrical accessories. Cable leads for household and similar purposes.
- PN-EN 61543:1999/A2:2006 (U) Urządzenia ochronne różnicowoprądowe (RCDs) do użytku domowego i podobnych zastosowań. Kompatybilność elektromagnetyczna. Residual current-operated protective devices (RCDs) for household and similar use. Electromagnetic compatibility.
- PN-EN 62052-11:2006 Urządzenia do pomiaru energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania ogólne, badania i warunki badań. Część 11: Urządzenia do pomiarów. Zastępuje PN-EN 62052-11:2003 (U).
- PN-EN 62053-11:2006 Urządzenia do pomiaru energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania szczegółowe. Część 11: Liczniki elektromechaniczne energii czynnej (klas 0,5, 1, 1,2). Zastępuje PN-EN 62053-11:2003 (U).
- PN-EN 62053-21:2006 Urządzenia do pomiaru energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania szczegółowe. Część 21: Liczniki statyczne energii czynnej (klas 1, 1,2). Zastępuje PN-EN 62053-21:2003 (U).
- PN-EN 62053-22:2006 Urządzenia do pomiaru energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania szczegółowe. Część 22: Liczniki statyczne energii czynnej (klas 0,2 S i 0,5 S). Zastępuje PN-EN 62053-22:2003 (U).
- PN-EN 62053-23:2006 Urządzenia do pomiaru energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania szczegółowe. Część 23: Liczniki statyczne energii bierniej (klas 2 i 3). Zastępuje PN-EN 62053-23:2003 (U).
- PN-EN 62053-52:2006 (U) Urządzenia do pomiaru energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania szczegółowe. Część 52: Symbole.

Polskie Normy

- PN-EN 62055-31:2006 (U) Pomiar energii elektrycznej. Systemy płatności. Część 31: Wymagania szczegółowe. Liczniki statyczne opłat energii czynnej (klas 1 i 2). Electricity metering. Payment systems. Part 31: Particular requirements. Static payment meters for active energy (classes 1 and 2).
- PN-EN 62059-41:2006 (U) Urządzenia do pomiaru energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania szczegółowe. Część 41: Prognozowanie niezawodności. Electricity metering equipment. Dependability. Part 41: Reliability prediction.
- PN-EN 62094-1:2006 Wkładki (świetlne) do instalacji elektrycznych stałych, domowych i podobnych. Część 1: Wymagania ogólne. Zastępuje PN-EN 62094-1:2003 (U), PN-EN 62094-1:2003/A11:2004 (U).
- PN-IEC 60884-1:2006 Gniazda wtykowe i wtyczki do użytku domowego i podobnego. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-HD 384.6.6182:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 6-61: Sprawdzanie. Sprawdzanie odbiorcze. Electrical installations of buildings. Part 6-61: Verification. Initial verification.
- PN-HD 60364-5-51:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5-51: Dobór i montaż wyposażenia. Postanowienia ogólne.
- PN-HD 60364-5-59:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 5-59: Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Instalacje w pomieszczeniach. Sekcja 559: Oprawy oświetleniowe i instalacje oświetleniowe. Electrical installations of buildings. Part 5-59: Selection and erection of electrical equipment. Rother equipment. Clause 559: Luminaires and lighting installations.
- PN-HD 60364-7-703:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-703: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Pokoje i łazienki wyposażone w ogrzewacze do sauny. Electrical installations of buildings. Part 7-703: Requirements for special installations or locations. Rooms and cabins containing sauna heaters.
- PN-HD 60364-7-712:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-712: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Skłoneczne fotowoltaiczne (PV) systemy zasilania. Electrical installations of buildings. Part 7-712: Requirements for special installations or locations. Solar photovoltaic (PV) power supply systems.
- PN-HD 60364-7-715:2006 (U) Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Część 7-715: Wymagania dotyczące specjalnych instalacji lub lokalizacji. Instalacje oświetleniowe o bardzo niskim napięciu. Electrical installations of buildings. Part 7-715: Requirements for special installations or locations. Extra-low-voltage lighting installations.

Polskie Normy

Polskie Normy dotyczące aparatury rozdzielczej i sterowniczej nN
PN-EN 50300:2006 Rozdzielacze i sterownice niskonapięciowe. Wymagania ogólne dotyczące niskonapięciowych kablowych rozdzielnic tablicowych do stacji elektroenergetycznych. Zastępuje PN-EN 50300:2005 (U).
PN-EN 60439-1:2002/A1:2006 Rozdzielacze i sterownice niskonapięciowe. Część 1: Zestawy badane w pełnym i niepełnym zakresie badań typu (zmiana A1).
PN-EN 60439-2:2004/A1:2006 (U) Rozdzielacze i sterownice niskonapięciowe. Część 2: Wymagania dotyczące przewodów szynowych. Low-voltage switchgear and controlgear assemblies. Part 2: Particular requirements for busbar trunking systems (busways).
PN-EN 60947-1:2006 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Część 1: Postanowienia ogólne.
PN-EN 60947-5-1:2006 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Część 5-1: Aparaty i łączniki sterownicze. Elektromechaniczne aparaty sterownicze.
PN-EN 60947-6-1:2006 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Część 6-1: Łączniki wielozadaniowe. Automatyczne urządzenia przełączające. Low-voltage switchgear and controlgear. Part 6-1: Multiple function equipment. Transfer switching equipment.
PN-EN 60947-7-1:2006 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Część 7-1: Wyposażenie pomocnicze. Listwy zaciskowe do przewodów miedzianych. Zastępuje PN-EN 60947-7-1:2003 (U).
PN-EN 60947-7-2:2006 Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskonapięciowa. Część 7-2: Wyposażenie pomocnicze. Listwy zaciskowe do przewodów ochronnych miedzianych. Zastępuje PN-EN 60947-7-2:2003 (U).

Polskie Normy

Polskie Normy dotyczące przewodów
PN-EN 60228:2005/AC:2006 (U) Żyły przewodów i kabli. Conductors of insulated cables.
PN-EN 60317-0-1:2002/A2:2006 (U) Wymagania dotyczące poszczególnych typów przewodów nawojowych. Część 0-1: Wymagania ogólne. Przewody nawojowe emalowane miedziane okrągłe. Specifications for particular types of winding wires. Part 0-1: General requirements. Enamelled round copper wire.
PN-EN 60317-22:2006 Wymagania dotyczące poszczególnych typów przewodów nawojowych. Część 22: Przewody miedziane okrągłe, emalowane lakierem poliestrowym lub poliestroimidowym, pokryte lakierem poliamidowym, klasa 180. Zastępuje PN-EN 60317-22:2005 (U).
PN-EN 60317-46:2006 Wymagania dotyczące poszczególnych typów przewodów nawojowych. Część 46: Przewody miedziane okrągłe, emalowane atomizowanym lakierem poliamidowym, klasa 240.
PN-EN 60851-5-A1:1998/A2:2006 Przewody nawojowe. Metody badań. Właściwości elektryczne.
PN-HD 22.354:2006 Przewody o izolacji usieciowanej na napięcie znamionowe nieprzekraczające 450/750 V. Część 3: Przewody o izolacji z ciepłoodpornej gumy silikonowej. Zastępuje PN-HD 22.354:2005 (U).
PN-HD 22.4.543:2006 Przewody o izolacji usieciowanej na napięcie znamionowe nieprzekraczające 450/750 V. Część 4: Przewody gętkie. Zastępuje PN-HD 22.454:2005 (U).

Polskie Normy

Polskie Normy dotyczące instalacji i urządzeń elektrycznych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem
PN-EN 60079-1:2004/AC:2006 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1: Ochrony ognioszczelne „d”. Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Part 1: Flameproof enclosures „d”.
PN-EN 60079-18:2006 Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 18: Konstrukcja, badanie i znakowanie elektrycznych urządzeń chemostycznych „m”. Zastępuje PN-EN 60079-18:2004 (U), PN-EN 60079-18:2004/AC:2006 (U).
PN-EN 60079-25:2005/AC:2006 (U) Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 25: Systemy iskrobezpieczne. Electrical apparatus for explosive atmospheres. Electrical resistance trace heating. Part 25: Intrinsically safe systems.
PN-EN 62086-1:2006 (U) Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Elektryczne rezystancyjne nagrzewanie ścieżkowe. Część 1: Wymagania ogólne i badania. Electrical apparatus for explosive atmospheres. Electrical resistance trace heating. Part 1: General and testing requirements.
PN-EN 62086-2:2006 (U) Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Elektryczne rezystancyjne nagrzewanie ścieżkowe. Część 2: Wytyczne dotyczące projektowania, instalowania i obsługi. Electrical apparatus for explosive atmospheres. Electrical resistance trace heating. Part 2: Application guide for design, installation and maintenance.
PN-EN 60079-2:2005/AC:2006 (U) Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 2: Obudowy ciśnieniowe „p”. Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Part 2: Pressurized enclosures „p”.
PN-EN 60079-27:2006 (U) Urządzenia elektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 27: Idea magistrali iskrobezpiecznej i idea magistrali niezapalającej. Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Part 27: Fieldbus intrinsically safe concept (FISCO) and fieldbus non-incendiary concept (FNICO).

Literatura

- H. Markiewicz *Instalacje elektryczne*. WNT, Warszawa 2006.
- W. Orlik *Egzamin kwalifikacyjny w pytaniach i odpowiedziach*. Wydawnictwo KaBe, Krosno 2006.
- W. Jabłoński *Ochrona przeciwporażeniowa w urządzeniach elektroenergetycznych niskiego i wysokiego napięcia*. WNT, Warszawa 2006.
- Vademecum elektryka *Poradnik*. Pod redakcją Jana Strojnego. COŚIW SEP, Warszawa 2004.