

Ochrona przed porażeniem elektrycznym

Ochrona przed porażeniem elektrycznym jest częścią kompleksowej ochrony zapewniającej bezpieczeństwo przeciwporażeniowe ludzi, zwierząt domowych i dobytku, obejmującej:

- ochronę przeciwporażeniową,
- ochronę przed skutkami oddziaływania cieplnego (ochronę przed cieplnymi skutkami przepływu prądu elektrycznego),
- ochronę przeciwporażeniową,
- ochronę przed prądem przetężeniowym,
- ochronę przed spadkiem napięcia,
- ochronę przed przepięciami.

Ochrona przeciwporażeniowa realizowana jest przez odpowiednie rozwiązania techniczne zwane środkami ochrony w odniesieniu do całej instalacji, jej części lub tylko jednego urządzenia.

Zastosowane środki ochrony powinny zapewnić wymagany poziom bezpieczeństwa - skuteczność ochrony i jeżeli zastosowanie jednego ze środków nie gwarantuje tego, to należy zastosować zespół środków, które wraz z uprzednio zastosowanym zapewnią niezbędny poziom bezpieczeństwa.

Właściwie zastosowana ochrona przeciwporażeniowa powinna skutecznie przeciwdziałać groźnym skutkom rażenia prądem elektrycznym równocześnie:

- a) w warunkach normalnej pracy urządzenia, tj. przy braku uszkodzeń oraz,
- b) w warunkach zakłóceniewej pracy urządzenia, tj. przy wystąpieniu uszkodzenia.

Ochronę w warunkach normalnej pracy urządzeń stanowi ochrona podstawowa - ochrona przed dotykiem bezpośrednim, natomiast ochronę w warunkach pracy zakłóceniewej stanowi ochrona dodatkowa - ochrona przed dotykiem pośrednim.

Ochronę przed porażeniem elektrycznym realizuje się przez równoczesne zastosowanie ochrony podstawowej i ochrony dodatkowej używając:

- a) dwóch niezależnych środków ochrony lub,
- b) jeden wzmocniony środek ochrony.

Dwa niezależne środki ochrony powinny być zaprojektowane, zbudowane i poddane próbom tak by nie wpływały na „żywołność” chronionego urządzenia, wzajemnie na siebie i by nie mogło wystąpić równocześnie ich uszkodzenie.

Wzmocniony środek ochrony, jako równoważny dwóm niezależnym środkom ochrony, powinien być zaprojektowany, zbudowany i poddany próbom tak by nie uległ uszkodzeniu w warunkach pracy bardziej surowych niż przewidziane dla urządzenia chronionego.

Ochrona przeciwporażeniowa jest nieodłącznym elementem budowy urządzeń i instalacji elektroenergetycznych, warunków przyłączenia urządzeń i instalacji do sieci oraz zasad ich eksploatacji.

Ochrona podstawowa - ochrona przed dotykiem bezpośrednim

Podstawowym zadaniem ochrony podstawowej jest zapewnienie braku zagrożenia ze strony urządzeń elektrycznych w warunkach ich normalnej pracy poprzez zapobieganie niebezpiecznym skutkom dotknięcia części czynnych, a także dostępnych części przewodzących.

Środkami ochrony podstawowej są:

- a) izolacja podstawowa (robocza) - izolowanie części czynnych,
- b) ogrodzenia (przegrody), obudowy (osłony),
- c) bariery (przeszkody),
- d) umieszczenie części czynnych poza zasięgiem ręki,
- e) ograniczenie napięcia,
- f) ograniczenie prądu rażeniowego.

Uzupełnienie ochrony podstawowej (tzn. w/w środków) można zrealizować przez wykorzystanie urządzeń ochronnych różnicowo - prądowych o prądzie wyzwalającym nie przekraczającym 30 mA.¹

Ochrona przez zastosowanie izolacji podstawowej

Izolacja podstawowa powinna całkowicie i trwale pokrywać części czynne a jej usunięcie powinno być możliwe tylko poprzez zniszczenie.

Każda izolacja podstawowa zastosowana zarówno w urządzeniach fabrycznych jak i wykonana w trakcie montażu instalacji powinna być poddana odpowiednim (tzn. zgodnym z normami) próbom i badaniom:

- a) próbie wytrzymałości elektrycznej - określającej zdolność wytrzymywania (bez przebicia) pewnej wartości skutecznej napięcia probierczego w określonym czasie, np. w ciągu 1 min,
- b) badaniu, czyli pomiarze rezystancji izolacji wykonanej przy użyciu źródła napięcia probierczego prądu stałego przy obciążeniu prądem 1 mA

Minimalne wartości rezystancji izolacji dla instalacji elektrycznych przedstawia tabela nr 3.1.

Izolacja podstawowa powinna być wykonana z materiału gwarantującego wytrzymałość mechaniczną, cieplną, elektryczną i odporność na wpływy chemiczne podczas jej eksploatacji; powinna być ona również poddawana systematycznym - okresowym badaniom.

Tabela 3.1.²

Lp	Napięcie znamionowe obwodu [V]	Napięcie probiercze prądu stałego [V]	Rezystancja izolacji [MΩ]
1	Obwody SELV i PELV przy zasilaniu z transformatora bezpieczeństwa (wg PN-88/E-8105) oraz przy spełnieniu wymagań odnośnie gniazd i wtyczek (brak stylów ochronnych, brak koordynacji z gniazdami i wtyczkami innych obwodów)	250	≥ 0,25
2	≤ 500 V za wyjątkiem przypadków wyszczególnionych w punkcie 1	500	≥ 0,5
3	≥ 500 V	1000	≥ 1,0

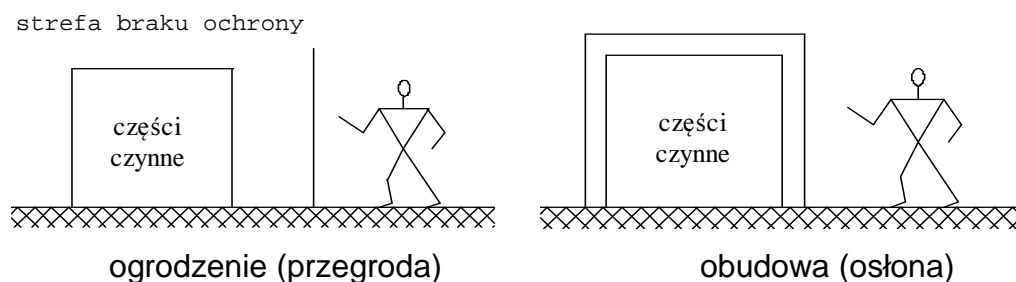
Ochrona przez zastosowanie ogrodzeń lub obudów

Ogrodzenie (przegroda) stanowi część zapewniającą ochronę przed niektórymi wpływami otoczenia oraz przed dotykiem bezpośrednim z niektórymi

¹ Kotlarski W., Grad J.: *Aparaty i urządzenia elektryczne*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995

² PN-92/E-05009/61

kierunków, obudowa (osłona) zaś z kierunków dowolnych. ochronę tę obrazuje rysunek 3.1.



Rys. 3.1. Ochrona przez zastosowanie ogrodzenia lub obudowy.

Ogrodzenia i obudowy powinny być trwale zainstalowane w sposób zapewniający trwałość, utrzymanie wymaganego stopnia ochrony i oddzielenie części czynnych.

Usunięcie ogrodzeń i obudów powinno być możliwe tylko:

- a) przy użyciu narzędzi lub,
- b) po wyłączeniu zasilania lub,
- c) w przypadku występowania osłony (obudowy) wewnętrznej o stopniu nie mniejszym niż IP 2X osłaniającej części czynne - osłona ta powinna być zdejmowana przy użyciu narzędzi.

Ogrodzenia i obudowy powinny zapewniać stopień ochrony nie mniejszy niż IP 2X, za wyjątkiem np. opraw oświetleniowych, gniazd wtyczkowych, bezpieczników, gdzie ze względów funkcjonalnych należy zastosować niższy stopień ochrony.

Górne, poziome, łatwo dostępne powierzchnie przegród i obudów powinny mieć stopień ochrony nie mniejszy niż IP 2X.

Ochrona przez zastosowanie barier (przeszkód)

Bariery (przeszkody) stanowią części zapewniające ochronę przed przypadkowym dotykiem (niezamierzonym zbliżeniem się i dotknięciem części czynnych). Bariery mogą być demontowane bez użycia narzędzi ale powinny być zabezpieczone przed niezamierzonym demontażem.

Z powyższego opisu wynika, że bariery (osłony) mogą zostać zastosowane tylko w pomieszczeniach ruchu elektrycznego, do których dostęp mają osoby przeszkolone.³

Ochrona przez umieszczenie części jednocześnie dostępnych poza zasięgiem ręki

Celem tego środka ochrony podstawowej jest odsunięcie części jednocześnie dostępnych, na których występuje różny potencjał poza zasięg ręki, by zapobiec niezamierzonemu ich dotknięciu.

Zasięg ręki powinien być liczony od poziomu ustawienia stóp do bariery (poręczy, siatki), na której może znaleźć się człowiek.

W przypadku używania podczas pracy przedmiotów przewodzących, zasięg ręki musi zostać powiększony o długość lub objętość tych przedmiotów.

³ PN-94/E-05032

Ochrona przez zastosowanie ograniczenia napięcia

Środek ochrony podstawowej polegający na zastosowaniu ograniczenia napięcia wykonuje się przez zastosowanie w obwodach źródeł napięcia bezpiecznego U_L . Zastosowanie napięć o wartościach bezpiecznych gwarantuje, że dotknięcie części czynnych nie spowoduje przepływu groźnych dla człowieka wartości prądów rażeniowych.

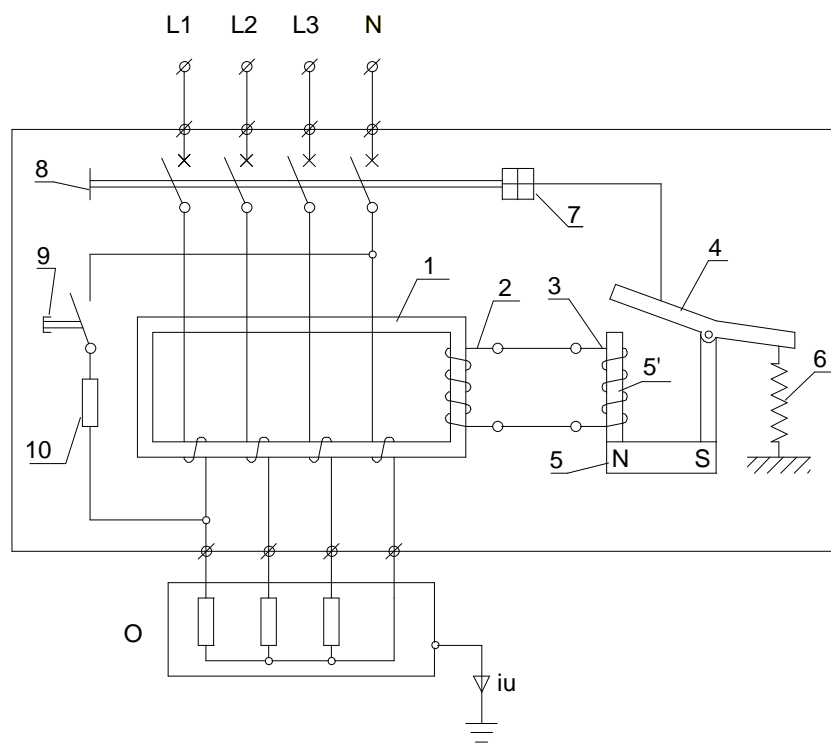
Omawiany środek ochrony wykonuje się w obwodach SELV, PELV i FELV.

Ochrona przez zastosowanie ograniczenia prądu lub rozładowanie ładunku

Środek ochrony podstawowej przez zastosowanie ograniczenia prądu lub rozładowania ładunku polega na zapewnieniu ograniczenia prądu źródła zasilania do bezpiecznych wartości.

Urządzenia ochronne różnicowo - prądowe⁴

Budowę wyłącznika różnicowo - prądowego przedstawia rysunek 3.2.



Rys. 3.2. Schemat budowy wyłącznika różnicowo - prądowego FI.

Oznaczenia:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| 1. Rdzeń przekładnika sumującego. | 5'. Boczniak magnetyczny. |
| 2. Uzwojenie pomiarowe. | 6. Sprężyna zwrotna. |
| 3. Uzwojenie wyzwalające. | 7. Zamek wyłącznika. |
| 4. Zwora. | 8. Przycisk „załęcz - wyłącz”. |
| 5. Magnes trwały (elektromagnes). | 9. Przycisk obwodu sprawdzającego – testującego. |
| | 10. Rezystor ograniczający. |

⁴ Doepke N. *Poradnik praktyczny*. „EL-TEAM” Katowice

Podstawowe dane znamionowe wyłącznika różnicowo - prądowego

- I_n - prąd znamionowy, określający obciążalność prądową długotrwałą głównych torów prądowych,
- $I_{\Delta n}$ - znamionowy prąd różnicowy (wyzwalający), określający wartość prądu upływnościowego, przy której nastąpi otwarcie styków wyłącznika,
- t - czas zadziałania (wyłączenia),
- temperatura otoczenia,
- wytrzymałość zwarciowa, określająca wytrzymałość zwarciową cieplną wyłącznika,
- zależność od częstotliwości, określającej częstotliwości robocze wyłącznika.

Z uwagi na znamionowy prąd różnicowy produkowane są dwa rodzaje wyłączników FI:

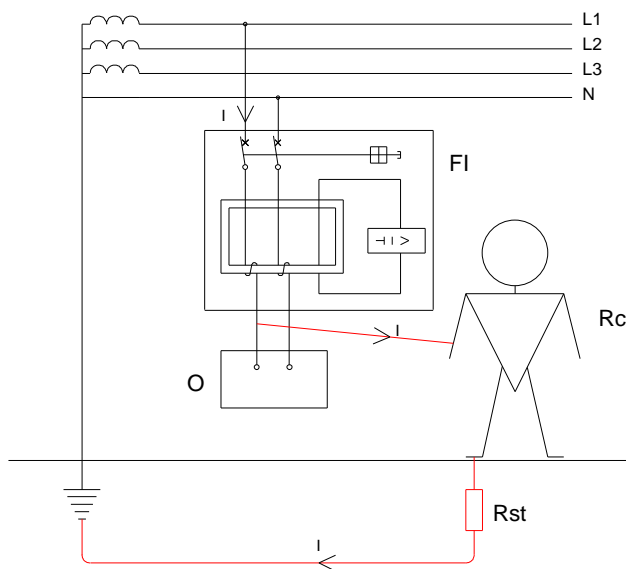
- 1) wyłączniki różnicowo - prądowe przeciwporażeniowe: $I_{\Delta n} \leq 30 \text{ mA}$
- 2) wyłączniki różnicowo - prądowe przeciwpożarowe: $I_{\Delta n} \leq 0,3 \text{ A}$

Czas zadziałania wyłączników przeciwporażeniowych powinien być nie większy niż 0,2 s.

Uwaga:

Wyłączniki różnicowo - prądowe nie reagują na zwarcia międzyfazowe. Zasada wykorzystania wyłącznika FI jako uzupełniającego środka ochrony podstawowej przedstawiona jest na rysunku 3.3.

W przypadku dotknięcia części czynnych przez ciało człowieka popłynie prąd rażeniowy, który w przypadku przekroczenia wartości znamionowego prądu wyzwalającego wyłącznika FI spowoduje otwarcie styków roboczych w czasie nie przekraczającym 0,2 s.



$$I = \frac{U_o}{R_c + R_{st}}$$

R_c - rezystancja ciała człowieka

R_{st} - rezystancja w miejscu

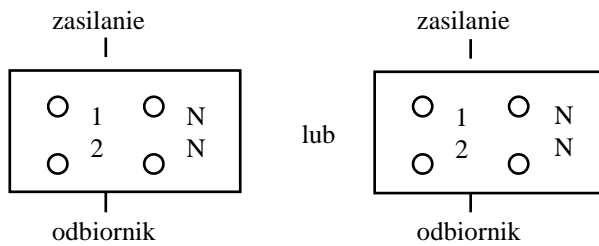
Rys. 3.3. Zasada wykorzystania wyłącznika FI.

Odłączenie odbiornika od sieci zasilającej wyeliminuje przyczynę wystąpienia porażenia prądem elektrycznym.

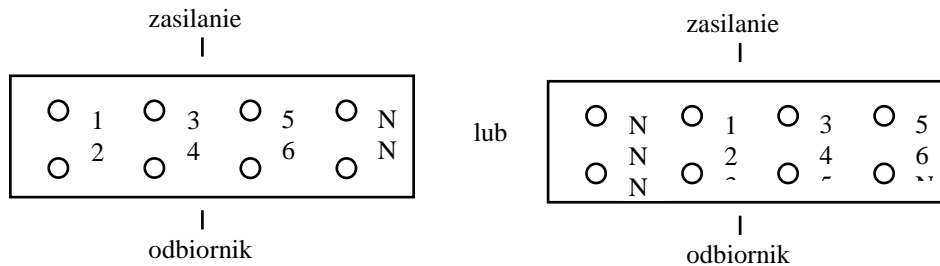
Ponieważ prąd różnicowy (wyzwalający) popłynie do ziemi bezpośrednio przez ciało człowieka podany wyżej środek techniczny nie może być uznany za środek ochrony podstawowej.

Oznaczenie zacisków wyłączników różnicowo - prądowych:

- a) wyłączniki FI jednofazowe



b) wyłączniki FI trójfazowe



Ochrona dodatkowa - ochrona przed dotykiem pośrednim⁵

Ochrona przez zastosowanie samoczynnego wyłączenia zasilania

Samoczynne wyłączenie zasilania jako środek ochrony przeciwporażeniowej dodatkowej ma na celu ograniczenie czasu przepływu prądu rażeniowego poprzez dostatecznie szybkie i bez udziału człowieka wyłączenie zasilania obwodu bądź urządzenia w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej i pojawienia się na częściach przewodzących dostępnych niebezpiecznych napięć dotykowych o wartościach;

- przekraczających 50 V wartości skutecznej prądu przemiennego,
- przekraczających 120 V prądu stałego,
- przekraczających inne mniejsze wartości napięcia bezpiecznego U_L w przypadkach stwarzających większe zagrożenie porażeniowe.

Czas wyłączenia zasilania przez urządzenia ochronne powinien być na tyle krótki by prąd rażeniowy wywołany napięciem dotykowym przepływający przez ciało człowieka nie spowodował groźnych skutków patofizjologicznych (by porażenie było niezbyt głębokie).

Samoczynne wyłączenie zasilania wymaga więc:

- stworzenie warunków dla przepływu prądu zwarciovego, czyli stworzenia drogi powrotnej dla jego przepływu podczas uszkodzenia izolacji podstawowej,
- zainstalowania urządzeń ochronnych (nadmiarowo - prądowych, różnicowo - prądowych) dokonujących samoczynnego wyłączenia zasilania w wyniku przepływu prądu zwarciovego wywołanego uszkodzeniem izolacji podstawowej.

Realizacja powyższych warunków opierać się musi na właściwym doborze czasów zadziałania urządzeń ochronnych i przekrojów przewodów ochronnych w zależności od warunków zwarciovych oraz typu układu sieciowego. Części przewodzące dostępne muszą być połączone z przewodem ochronnym, a części przewodzące

⁵ Kotlarski W., Grad J.: *Aparaty i urządzenia elektryczne*. Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1995

jednocześnie dostępne przyłączone do tego samego rodzaju uziemienia indywidualnie, grupowo lub zbiorowo.

W celu zmniejszenia różnicy potencjałów mogących wystąpić pomiędzy różnymi częściami przewodzącymi każdy obiekt budowlany musi być wyposażony w główne połączenie wyrównawcze łączące ze sobą:

- główną szynę lub zacisk uziemiający,
- przewód ochronny PE obwodu rozdzielczego,
- metalowe elementy konstrukcyjne budynku (zbrojenia), centralnego ogrzewania, klimatyzacji,
- metalowe rury urządzeń zasilających instalacje wewnętrzne w wodę zimną, ciepłą, centralnego ogrzewania, gazu,
- metalowe pancerze i powłoki kabli elektroenergetycznych.

Elementy przewodzące wprowadzane z zewnątrz do obiektu budowlanego należy objąć połączeniem wyrównawczym możliwie najbliżej miejsca ich prowadzenia do budynku.

Główne połączenie wyrównawcze wykonywane jest głównie w najniższej kondygnacji budynku.

Samoczynne wyłączenie zasilania w układach sieciowych TN

Stworzenie drogi powrotnej dla przepływu prądu zwarciovego w układach TN wykonuje się poprzez przyłączenie wszystkich części przewodzących dostępnych do uziemionego punktu zasilania (punktu neutralnego sieci) za pośrednictwem uziemionych przewodów ochronnych. Uziemienie przewodu ochronnego ma na celu nadanie mu potencjału ziemi lub potencjału zbliżonego do potencjału ziemi w przypadku zwarcia.

Uziemianie przewodów ochronnych zostało opisane w punkcie 1.3.3. i 1.3.4. Urządzenia ochronne zapewniające samoczynne wyłączenie zasilania powinny być zainstalowane w instalacji zasilającej lub w urządzeniu, przy czym ochroną dodatkową powinno być objęte całe urządzenie.

W przypadku zwarcia o pomijalnie małej impedancji pomiędzy przewodem fazowym a częścią przewodzącą dostępną lub przewodem ochronnym urządzenia ochronne powinny posiadać taką charakterystykę czasowo - prądową by spełniona była zależność:

$$Z_s * I_a \leq U_o^6$$

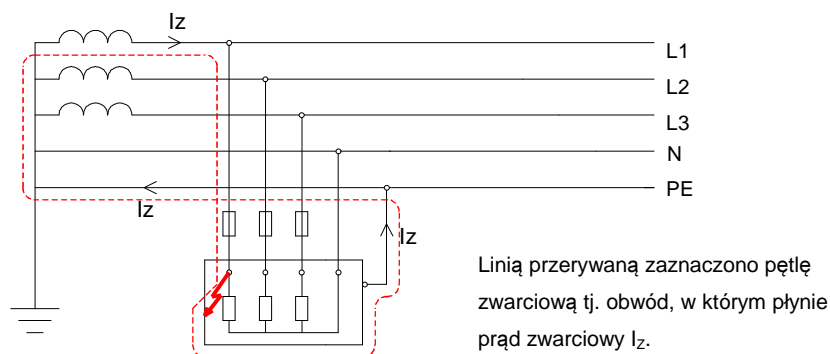
gdzie:

Z_s - impedancja pętli zwarciovowej obejmująca: źródło zasilania, przewód roboczy i ochronny pomiędzy źródłem zasilania a miejscem zwarcia; impedancję pętli zwarciovowej wyrażamy w omach [Ω]

I_a - wartość prądu powodującego samoczynne wyłączenie zasilania określonym czasie przez urządzenia ochronne; prąd ten wyrażamy w amperach [A]

U_o - wartość napięcia znamionowego względem ziemi (nap. fazowe) wyrażonego w voltach [V]

⁶ PN 92/E-05009/41



Rys. 3.4. Zwarcie między przewodem fazowym a przewodem ochronnym

Maksymalny czas wyłączenia w układach TN przedstawia tabela 3.2.

Tabela. 3.2.⁷

U_o [V]	Czas wyłączenia [s]			
	$U_L \leq 50 \text{ V} \sim$	$U_L \leq 120 \text{ V} =$	$U_L \leq 25 \text{ V} \sim$	$U_L \leq 60 \text{ V} =$
120		0,8		0,35
230		0,4		0,20
277		0,4		0,20
400		0,2		0,05
480		0,1		0,05
580		0,1		0,02

Czasy te dotyczą wyłączenia obwodów odbiorczych oraz urządzeń zainstalowanych w tych obwodach bezpośrednio lub za pośrednictwem gniazd wtyczkowych.

W obwodach odbiorczych dopuszcza się instalowanie urządzeń odgromowych dokonujących samoczynnego wyłączenia w czasie dłuższym niż czasy określone w tabelicy, lecz nie przekraczającym 5 s pod warunkiem, że:

- urządzenia odbiorcze są zainstalowane na stałe, oraz
- impedancja przewodu ochronnego między rozdzielnią a miejscem przyłączenia przewodu ochronnego do głównej szyny uziemiającej:

$$Z \leq \frac{U_L}{U_o} * Z_s \quad ^8$$

- w rozdzielnicy znajdują się połączenia wyrównawcze identyczne z połączeniami głównymi.

Dłuższe czasy wyłączenia, lecz nie dłuższe niż 5 s, mogą być również przyjęte w obwodach rozdzielczych - wewnętrznych liniach zasilających.

W przypadku bezpośredniego zwarcia przewodu fazowego z ziemią (np. w liniach napowietrznych) napięcie między przewodem ochronnym i przyłączonymi do niego częściami przewodzącymi dostępnymi a ziemią nie może przekroczyć wartości napięcia bezpiecznego U_L . Warunek ten sprawdzamy według zależności:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_o - U_L} \quad ^9$$

⁷ PN 92/E-05009/41

⁸ PN 92/E-05009/41

gdzie:

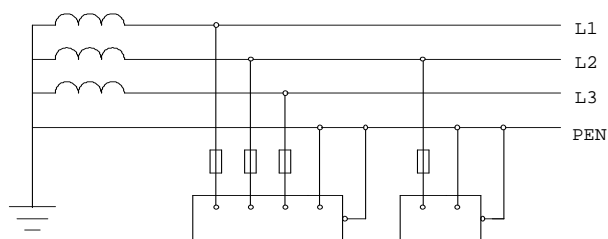
R_B - oznacza wypadkową rezystancję wszystkich równolegle połączonych uziomów w [Ω],

R_E - oznacza najmniejszą rezystancję styku z ziemią części przewodzących obcych nie przyłączonych do przewodu ochronnego, przez które może nastąpić zwarcie pomiędzy fazą a ziemią.

Jako urządzenia ochronne w sieci TN należy stosować:

- a) urządzenia ochronne nadmiarowo - prądowe (bezpieczniki, wyłączniki instalacyjne, wyłączniki zwarciovowe),
- b) urządzenia ochronne różnicowo - prądowe (wyłączniki różnicowo - prądowe FI), przy czym przewód PEN nie może być stosowany po stronie odbioru.

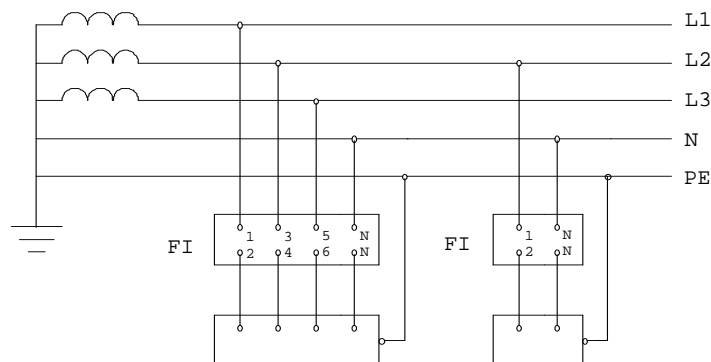
Przykłady zastosowań samoczynnego wyłączenia zasilania w sieciach TN:



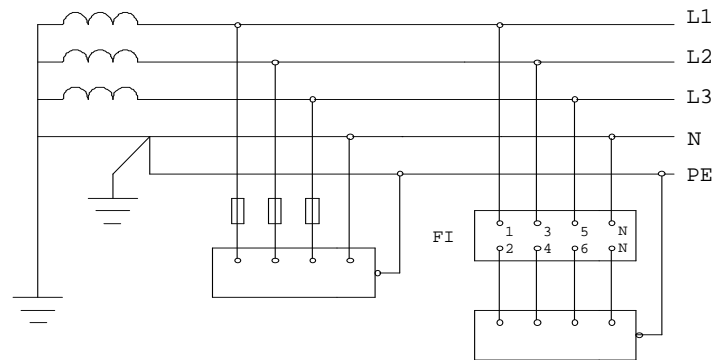
Rys. 3.5. Zastosowanie bezpieczników jako urządzeń ochronnych w sieci TN-C

Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.

Rys. 3.6. Zastosowanie bezpieczników jako urządzeń ochronnych w sieci TN-S



Rys. 3.7. Zastosowanie wyłączników FI jako urządzeń ochronnych w sieci TN-S



Rys. 3.8. Zastosowanie bezpieczników i wyłączników FI jako urządzeń ochronnych w sieci TN-C-S

W przypadku niespełnienia warunku skuteczności ochrony za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania:

$$Z_s * I_a \leq U_o^{10}$$

należy:

- wymienić urządzenia ochronne o charakterystyce zależnej na urządzenia o działaniu bezzwłocznym (o charakterystyce niezależnej),
- dokonać właściwego doboru prądów zadziałania urządzeń ochronnych,
- zwiększyć przekroje przewodów,
- wymienić przewody z żyłami aluminiowymi na przewody z żyłami miedzianymi,
- zmienić usytuowanie odbiorników tzn. odbiorniki o dużych mocach zainstalować w pobliżu źródeł zasilania,
- zastosować miejscowe połączenia wyrównawcze,
- zastosować inny środek ochrony dodatkowej.

Uwaga:

W przewodzie ochronnym nie wolno stosować wkładek topikowych i łączników - należy zapewnić ciągłość przewodów ochronnych.

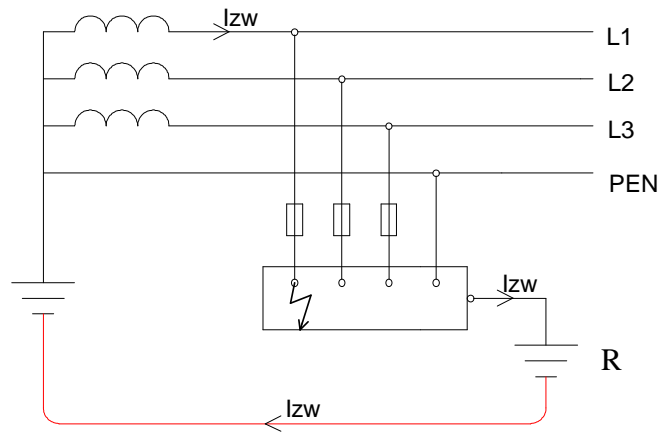
Samoczynne wyłączenie zasilania w układach sieciowych TT

Stworzenie drogi powrotnej dla przepływu prądu zwarciovego w układzie TT wykonuje się poprzez połączenie wszystkich części przewodzących dostępnych chronionych przez to samo urządzenie ochronne ze sobą przewodami ochronnymi i przyłączenie do tego samego uziomu.

Urządzenia ochronne nadmiarowo - prądowe powinny zapewniać samoczynne wyłączenie zasilania w czasie:

- a) nie dłuższym niż 5 s w przypadku urządzeń nadmiarowo - prądowych o charakterystyce czasowo - prądowej zależnej,
- a) bezzwłocznym (tj. wynikającym tylko z czasu działania) w przypadku urządzeń o charakterystyce niezależnej.

¹⁰ PN 92/E-05009/41



Warunkiem skutecznej ochrony jest spełnienie zależności:

$$R_A * I_a \leq U_L^{11}$$

gdzie:

R_A - rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego uziom i części przewodzące dostępne, [Ω]

I_a - prąd zapewniający samoczynne wyłączenie zasilania przez urządzenia ochronne, [A]

Powyższa zależność w wyraźny sposób pokazuje, że w przypadku pojawienia się na częściach przewodzących dostępnych, niebezpiecznych napięć dotykowych powinny zadziałać urządzenia ochronne - powodując wyłączenie zasilania.

Napięcie dotykowe (między częściami przewodzącymi a ziemią) jest w przybliżeniu równe spadkowi napięcia na rezystancji R_A podczas przepływu prądu zwarciovego.

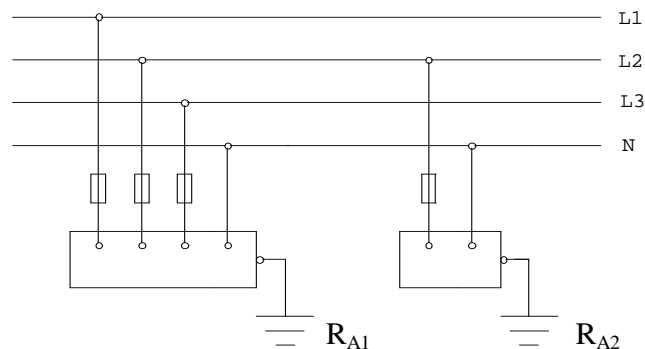
Jeśli jako urządzenie ochronne w sieci TT zastosowany zostanie wyłącznik FI to:

$$I_a = I_{\Delta n} \quad \text{w czasie } t \leq 0,2 \text{ s}$$

W przypadku stosowania w obwodach rozdzielczych wyłączników FI typu S (działanie selektywne - zwłoczne) ze względu na wybiórczość działania czas zadziałania tzn. samoczynnego wyłączenia zasilania może zostać wydłużony do 1 s.

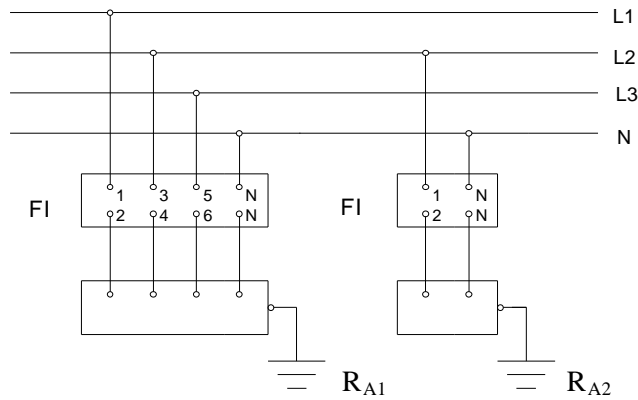
Rys. 3.9. Przykłady zastosowań samoczynnego wyłączenia zasilania w sieci TT.

1.



¹¹ PN 92/E-05009/41

2.



Jako urządzenia ochronne w sieci TT mogą być stosowane:

- urządzenia ochronne nadmiarowo - prądowe
- urządzenia ochronne różnicowo - prądowe
- urządzenia ochronne napięciowe

W przypadku niespełnienia warunku skuteczności ochrony za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania:

$$R_A * I_a \leq U_L$$

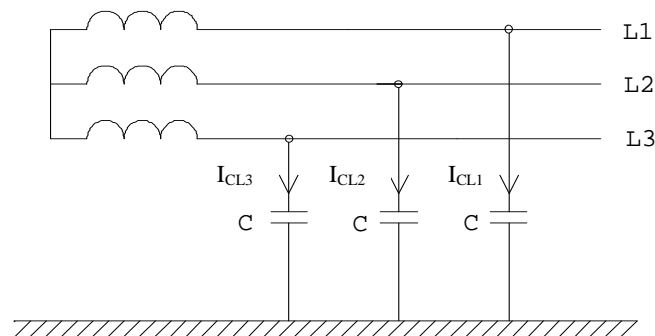
należy:

- wymienić urządzenia ochronne o charakterystyce zależnej na urządzenia o działaniu bezzwłocznym (o charakterystyce niezależnej),
- dokonać właściwego doboru prądów zadziałania urządzeń ochronnych,
- zmniejszyć rezystancję uziemienia,
- zastosować miejscowe połączenia wyrównawcze,
- zastosować inny środek ochrony dodatkowej.

Samoczynne wyłączenie zasilania w układach sieciowych IT

Układy sieciowe charakteryzują się bardzo małymi wartościami prądu zwarciego doziemnego:

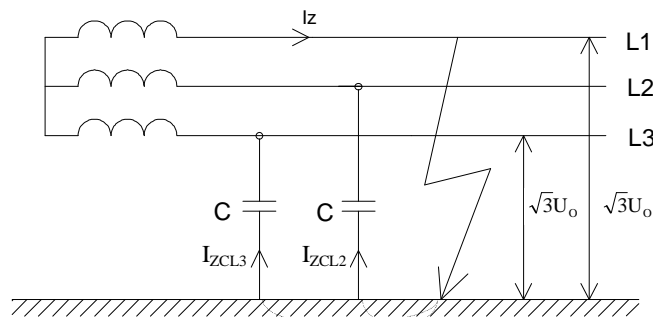
a) stan przed zwarcie



$$I_{CL1} = I_{CL2} = I_{CL3} = U_0 \omega C$$

Wartości prądów upływnościowych zależą od wartości pojemności doziemnych linii, a te związane są z długością linii.

b) stan zwarcia doziemnego



$$I_z = 3U_0\omega C$$

Prąd zwarcia doziemnego nie osiąga dużych wartości.

Napięcia między fazami „zdrowymi” a ziemią zwiększają się $\sqrt{3}$ razy.

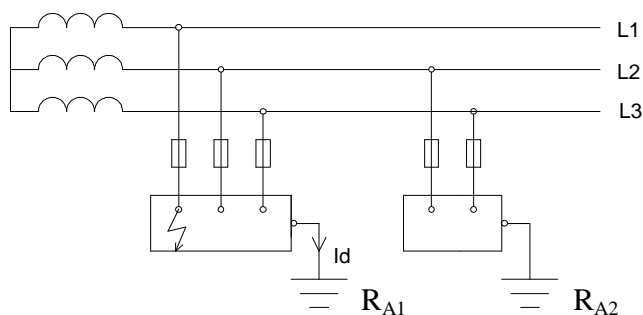
Zbyt małe wartości prądu zwarcia z ziemią sprawiają, że warunek samoczynnego wyłączenia zasilania przy pojedynczym zwarciu z ziemią może być niezrealizowany. Dlatego ochronę dodatkową w sieciach IT należy wykonać poprzez:

- a) uziemienie części przewodzących dostępnych oraz,
- b) zapewnienie spadków napięć na rezystancjach uziemień w wyniku przepływu prądu pojedynczego zwarcia z ziemią nie przekraczających wartości napięć bezpiecznych:

$$R_A * I_d \leq U_L$$

gdzie: R_A - rezystancja uziemienia części przewodzących dostępnych, [Ω]

I_d - prąd pojedynczego zwarcia z ziemią, [A]

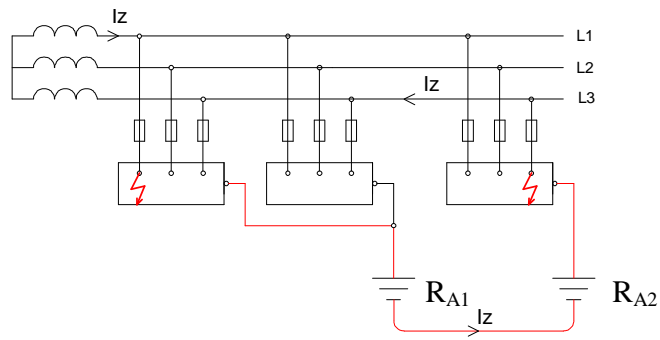


Napięcie dotykowe nie może przekroczyć wartości napięcia bezpiecznego U_L .

Ze względu na występujące przepięcia, pojedyncze zwarcia z ziemią powinny być usunięte w krótkim czasie przez obsługę. Bardzo korzystnym jest zastosowanie urządzeń do kontroli stanu izolacji wyposażonych w sygnalizatory: akustyczny i optyczny.

Warunki do samoczynnego wyłączenia zasilania w sieci IT wystąpią przy podwójnym zwarceniu z ziemią:

- a) podwójne zwarcenie z ziemią przy indywidualnym lub grupowym uziemieniu części przewodzących dostępnych,

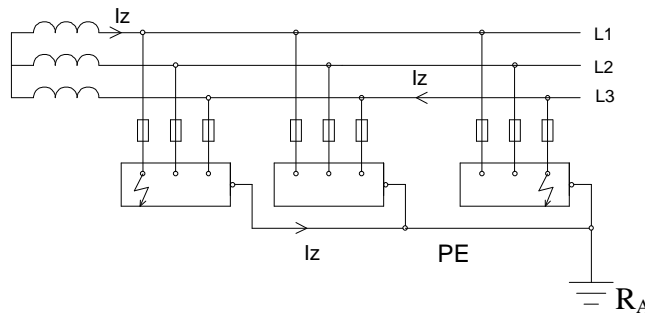


Warunkiem skutecznej ochrony jest:

$$I_{a1} * R_{A1} \leq U_L \text{ i } I_{a2} * R_{A2} \leq U_L$$

W tym wypadku obowiązują zasady ochrony dodatkowej jak dla sieci TT.

- b) podwójne zwarcie z ziemią przy zbiorowym uziemieniu części przewodzących dostępnych



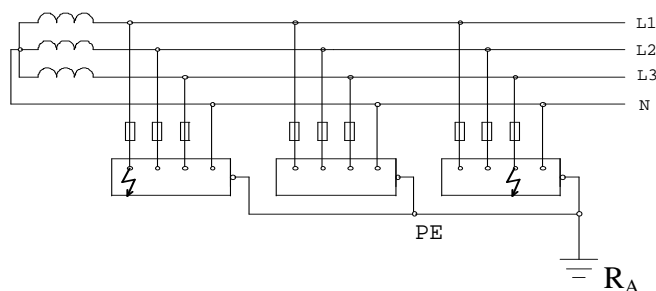
Warunkiem skutecznej ochrony jest:

$$Z_s \leq \frac{\sqrt{3} * U_o}{2 * I_a}^{12}$$

gdzie:

Z_s - impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód fazowy i ochronny obwodu

- c) podwójne zwarcie z ziemią przy zbiorowym uziemieniu części przewodzących dostępnych i zastosowanym przewodzie neutralnym,



Warunkiem skutecznej ochrony jest:

$$Z_s \leq \frac{U_o}{2 * I_a} \quad 13$$

gdzie:

Z_s - impedancja pętli zwarcia obejmująca przewód neutralny i przewód ochronny obwodu

Jako urządzenia ochronne w sieci IT mogą być stosowane:

- a) urządzenia ochronne nadmiarowo - prądowe,
- b) urządzenia ochronne różnicowo - prądowe,
- c) urządzenia do stałej kontroli stanu izolacji.

Zastosowanie urządzeń różnicowo - prądowych może w niektórych przypadkach zapewnić samoczynne wyłączenie zasilania przy pojedynczym zwarciu z ziemią. Dopuszczalny czas samoczynnego wyłączenia zasilania w układach sieciowych IT przy podwójnym zwarciu z ziemią przedstawia tabela 3.3.

Tabela. 3.3.¹⁴

Napięcie znamionowe Izolacji U_o / U [V]	Czas wyłączenia [s]		Czas wyłączenia [s]	
	Układ IT bez przewodu neutralnego	Układ IT z przewodem neutralnym	Układ IT bez przewodu neutralnego	Układ IT z przewodem neutralnym
120 / 230	0,8	5,0	0,4	1,0
230 / 400	0,4	0,8	0,2	0,5
400 / 690	0,2	0,4	0,06	0,2
580 / 1000	0,1	0,2	0,02	0,08
dla $U_L \leq 50 V \sim U_L \leq 120 V =$		dla $U_L \leq 25 V \sim U_L \leq 60 V =$		

Dodatkowe (miejscowe) połączenia wyrównawcze

Miejscowe połączenia wyrównawcze należy stosować w układach sieciowych TN, TT i IT w przypadkach gdy nie można spełnić warunków samoczynnego wyłączenia zasilania. Połączeniami wyrównawczymi należy wówczas objąć całość instalacji, chcąc nie dopuścić do powstania zbyt dużych wartości napięć dotykowych między częściami przewodzącymi dostępnymi i obcymi.

Miejscowymi połączeniami wyrównawczymi należy objąć:

- części przewodzące jednocześnie dostępne urządzeń stałych
- części przewodzące obce
- przewody ochronne urządzeń oraz gniazd wtyczkowych
- główne metalowe zbrojenia konstrukcji żelbetowych

Rezystancja połączeń wyrównawczych między częściami przewodzącymi jednocześnie dostępnymi i częściami przewodzącymi obcymi musi spełniać warunek:

$$R \leq \frac{50}{I_a} \quad 15$$

gdzie:

I_a - oznacza prąd zadziałania urządzenia ochronnego, dla wyłączników FI - $I_{\Delta n}$, dla urządzeń nadmiarowo - prądowych prąd zadziałania w czasie $t \leq 5 s$

¹³ PN 92/E-05009/41

¹⁴ PN 92/E-05009

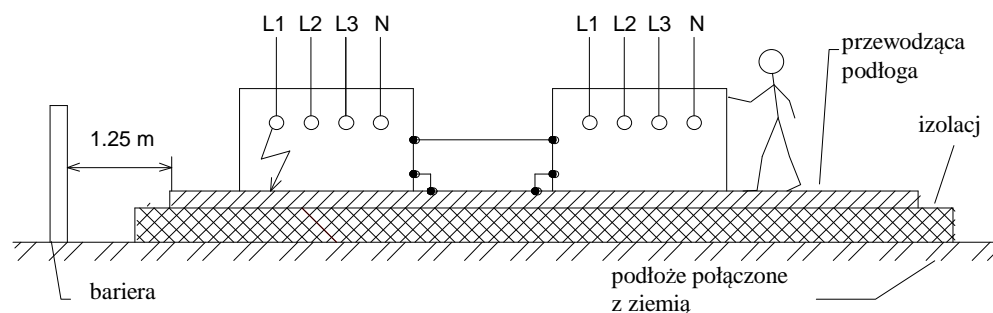
¹⁵ PN 92/E-05009/41

Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych miejscowych

Celem tego środka ochrony dodatkowej jest uniemożliwienie pojawienia się zbyt dużych różnic potencjałów (niebezpiecznych napięć dotykowych) między częściami przewodzącymi dostępnymi i obcymi.

Ochrona przez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych realizowana jest poprzez:

- zainstalowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych pomiędzy nieziemionymi częściami przewodzącymi dostępnymi i obcymi,
- zainstalowanie połączeń wyrównawczych wewnątrz urządzenia,
- uniemożliwienie jednoczesnego dotyku części przewodzących dostępnych i obcych znajdujących się w obszarze objętym nieziemionymi połączeniami wyrównawczymi oraz w obszarze zewnętrznym (rysunek 3.4.).



Rys. 3.10. Nieziemione połączenie wyrównawcze - części ciała człowieka znajdują się pod tym samym potencjałem.

W przypadku gdy system połączeń wyrównawczych będzie miał połączenie z ziemią poprzez części przewodzące dostępne lub obce, to ochrona poprzez zastosowanie nieziemionych połączeń wyrównawczych będzie nieskuteczna; należy wówczas zastosować ochronę przez samoczynne wyłączenie zasilania.

Miejscowe nieziemione połączenia wyrównawcze stanowią samodzielny środek ochrony dodatkowej, ponadto wykorzystywane są w obwodach z separacją elektryczną, oraz w obwodach PELV.

Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej

Celem separacji elektrycznej jest ograniczenie prądu rażeniowego do wartości nie powodujących groźnych skutków patofizjologicznych u człowieka w wyniku uszkodzenia izolacji roboczej obwodu.

Separację elektryczną można stosować przy zasilaniu pojedynczego odbiornika oraz grupy odbiorników pod warunkiem, że:

- obwód odbiorczy zostanie galwanicznie oddzielony (odseparowany) od obwodu zasilającego,
- w obwodzie odbiorczym zostanie zastosowana izolacja podstawowa (lub środek równoważny) izolująca części czynne obwodu od ziemi oraz od innych obwodów.

Łączna długość przewodowania obwodu separowanego nie powinna przekraczać 500 m a iloczyn napięcia znamionowego i łącznej długości przewodowania nie powinien być większy od 100000 [V*m]. Napięcie obwodu separowanego nie może przekraczać 500 V.

Jako źródło zasilania obwodu separowanego należy zastosować transformator separacyjny lub inne źródło zapewniające równoważny poziom bezpieczeństwa. Ruchome i stałe źródła zasilania należy dobierać i instalować tak by spełniały wymagania stawiane urządzeniom II klasy ochronności to znaczy:

- izolacja między obwodem wtórnym a pierwotnym powinna być izolacją podwójną lub wzmocnioną,
- sposób zainstalowania źródła nie może pogorszyć jego izolacji.

Uwaga:

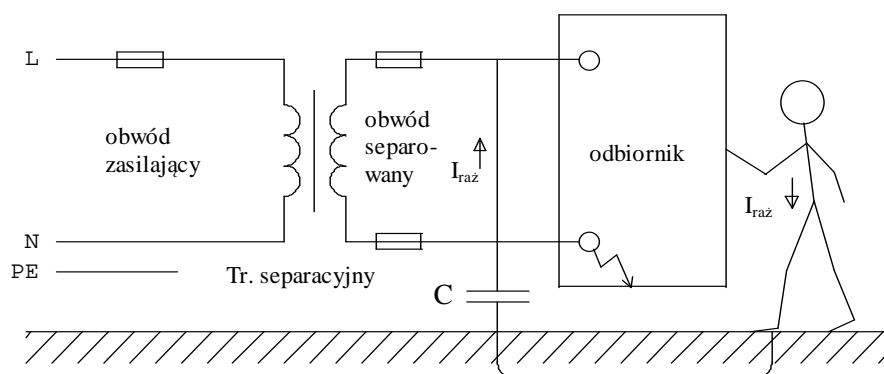
Szczegółowe informacje dotyczące odbiorników II kl. ochronności zawarte są w punkcie 3.2.9.

W czasie eksploatacji obwodu, w którym zastosowano separację elektryczną należy zwracać uwagę na dobry stan rezystancji izolacji przewodów i urządzeń, ochronę izolacji przed uszkodzeniem mechanicznym, cieplnym oraz przez reakcje chemiczne. Oprzewodowanie obwodu separowanego zasadniczo powinno być niezależnym od innych obwodów.

Dopuszczalne jest zastosowanie obwodów separowanych i innych w tym samym oprzewodowaniu, pod warunkiem, że:

- zostanie zastosowany przewód wielożyłowy bez płaszczka metalowego, lub przewody izolowane w rurce izolacyjnej, kanałach i brzdach,
- napięcie znamionowe zastosowanych przewodów będzie co najmniej równe najwyższemu napięciu robocznemu obwodów,
- każdy obwód zostanie wyposażony w zabezpieczenie przetężeniowe.

Przy zastosowaniu jednego odbiornika w obwodzie separowanym, części przewodzące dostępne obwodu nie mogą być połączone a także nie mogą się stykać z przewodem ochronnym i częściami przewodzącymi dostępnymi innych obwodów - w przeciwnym wypadku ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej będzie nieskuteczna (w obwodzie separowanym mogą pojawić się niebezpieczne napięcia dotykowe).

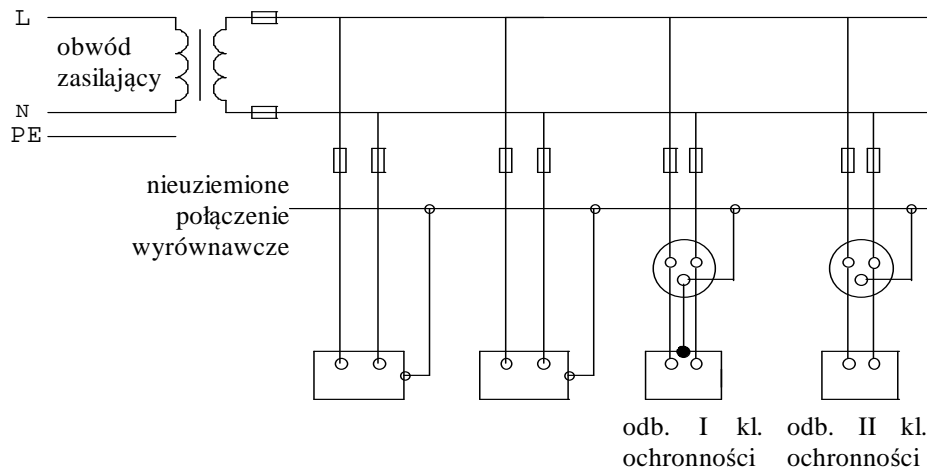


Rys. 3.11. Ochrona przez zastosowanie separacji elektrycznej. Prąd rażeniowy zostanie ograniczony reaktancją pojemnościową doziemną i nie osiągnie niebezpiecznych wartości.

Przy zastosowaniu większej liczby odbiorników w obwodzie separowanym należy przestrzegać następujących zasad:

- części przewodzące dostępne obwodu należy połączyć między sobą nieuziemionym połączeniem wyrównawczym,
- części przewodzące dostępne nie mogą być połączone z przewodami ochronnymi lub częściami przewodzącymi dostępnymi innych obwodów oraz częściami przewodzącymi obcymi,

- wszystkie gniazda wtyczkowe muszą posiadać styki ochronne przyłączone do systemu nieziemionych połączeń wyrównawczych,
- wszystkie przewody giętkie (za wyjątkiem zasilających odbiorniki III klasy ochronności) muszą posiadać dodatkową żyłę do połączenia wyrównawczego,
- obwód separowany powinien być wyposażony w zabezpieczenia wyłączające zasilanie w przypadku podwójnego zwarcia z ziemią, w czasie jaki został określony dla układów sieciowych TN.



Rys. 3.12. Zasada ochrony przez zastosowanie separacji elektrycznej przy zasilaniu większej liczby odbiorników.

Ochrona przez zastosowanie izolowania stanowiska

Zasadniczym celem ochrony dodatkowej polegającej na izolowaniu stanowiska pracy jest niedopuszczenie do jednoczesnego dotknięcia części które mogą znajdować się pod różnymi potencjałami na skutek uszkodzenia izolacji podstawowej obejmującej części czynne.

Ochronę przez zastosowanie izolowanego stanowiska wykonać należy przez zastosowanie izolacji ścian i podłóg, w wyniku czego osiągamy niską przewodność podłoża (ścian i podłóg). Osoba dotykająca części znajdujących się pod różnymi potencjałami chroniona jest przed niebezpiecznymi prądami rażeniowymi.

Izolowanie stanowiska nie może być stosowane w przestrzeniach mokrych, bardzo wilgotnych z pyłami przewodzącymi oraz w miejscach, w których występuje mechaniczne i chemiczne oddziaływanie na materiał izolacyjny ścian i podłóg.

Rezystancja izolacji ścian i podłóg w każdym punkcie pomiarowym nie powinna przekraczać:

1) 50 k Ω - przy napięciach znamionowych instalacji do 500 V i,

2) 100 k Ω - przy napięciach znamionowych instalacji powyżej 500 V.

Przy braku izolacji ścian i podłogi (wg rysunku 3.7.) prąd rażeniowy może osiągać wartość:

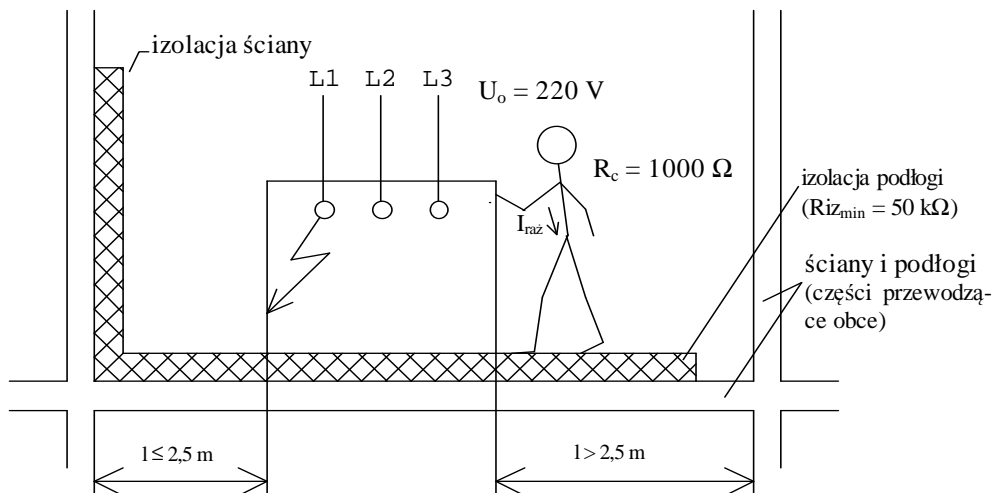
$$I_{\text{raz}} = \frac{U_o}{R_c} = \frac{220 \text{ V}}{1000 \Omega} = 0,22 \text{ A} = 220 \text{ mA}^{16}$$

Przy zastosowaniu izolacji ścian i podłogi (wg rysunku 3.6.) prąd rażeniowy zostanie zmniejszony do wartości:

¹⁶ Pazdro K.: *Pomiary elektroenergetyczne w zakładach przemysłowych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1980

$$I_{\text{raź}} = \frac{U_o}{R_c + R_{iz}} = \frac{220 \text{ V}}{(1000 + 5000) \Omega} = 0,0043 \text{ A} = 4,3 \text{ mA}^{17}$$

Z powyższego przykładu niezbitcie wynika skuteczność omawianego środka ochrony dodatkowej.



Rys. 3.13. Zasada stosowania izolacji ścian i podłogi.

Jeśli w obrębie izolowanego stanowiska znajdują się inne przewodzące części obce (np. rurociągi, konstrukcje metalowe) to należy je skutecznie odizolować lub uniemożliwić ich dotknięcia.

Na izolowanym stanowisku nie wolno umieszczać przewodów ochronnych, wprowadzać części przewodzących dostępnych i obcych innych niż to wynika z zastosowanego środka ochrony.

Powyższa zasada ma na celu niedopuszczenie do przeniesienia się potencjału z zewnątrz na izolowane stanowisko.

W przypadku użytkowania na izolowanym stanowisku większej liczby odbiorników w tym urządzeń klasy 0 oprócz izolowania ścian i podłóg należy zastosować co najmniej jeden z poniższych środków:

- 1) oddalenie od siebie części przewodzących dostępnych i części przewodzących obcych od części przewodzących dostępnych na odległość min. 2 m oraz min. 1,25 m poza strefę zasięgu ręki,
- 2) umieszczenie barier między częściami przewodzącymi obcymi a dostępnymi uniemożliwiając równoczesne ich dotknięcie; bariery nie mogą być połączone z ziemią ani też z częściami przewodzącymi obcymi (najlepszym rozwiązaniem jest zastosowanie barier wykonanych z materiałów izolacyjnych),
- 3) izolowanie części przewodzących obcych przez zastosowanie izolacji wytrzymałej napięcie probiercze co najmniej 2000 V i posiadającej rezystancję nie mniejszą niż 2 MΩ.

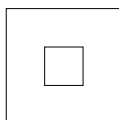
¹⁷ Pazdro K.: *Pomiary elektroenergetyczne w zakładach przemysłowych*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1980

Ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej

Mianem urządzeń II klasy ochronności określa się urządzenia posiadające izolację podwójną (podstawową i dodatkową) oraz urządzenia posiadające izolację wzmocnioną.

Izolacja wzmocniona stanowi izolację roboczą o parametrach mechanicznych i izolacyjnych równoważnych izolacji podwójnej i jest stosowana w przypadkach gdy nie można zastosować izolacji podwójnej.

Urządzenia II klasy ochronności w czasie produkcji poddawane są odpowiednim próbom i badaniom, i oznaczane są symbolem:¹⁸



Symbolem urządzeń II klasy ochronności oznaczane są także zespoły urządzeń elektrycznych w pełni izolowanych wykonanych fabrycznie (np. rozdzielnice skrzynkowe izolowane).

Urządzeniami o izolacji równoważnej izolacji odbiorników II klasy ochronności określa się:

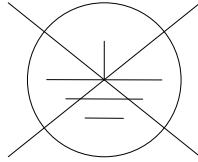
- a) urządzenia o izolacji podstawowej i wykonywaną w czasie montażu instalacji elektrycznej izolacją dodatkową; izolacja dodatkowa powinna zapewniać stopień ochrony co najmniej IP 2X i posiadać parametry równoważne izolacji dodatkowej odbiorników II klasy ochronności,
- b) urządzenia o izolacji wzmocnionej wykonywanej w czasie montażu instalacji elektrycznej i posiadającej parametry równoważne izolacji wzmocnionej odbiorników II klasy ochronności.

Ponad to izolacja dodatkowa i wzmocniona wykonywana w czasie montażu instalacji powinna spełniać następujące wymagania:

- 1) obudowa izolacyjna powinna zapewniać niezbędną wytrzymałość mechaniczną (uderzenia, wstrząsy, wibracje), elektryczną i cieplną; wytrzymałość ta musi być potwierdzona badaniami zgodnymi z normą dotyczącą badań instalacji elektrycznej przy odbiornikach,
- 2) przez obudowę izolacyjną nie powinny być przeprowadzone części przewodzące umożliwiające przenoszenie potencjału,
- 3) śruby wykonane z materiału izolacyjnego zastosowane do skręcania obudowy lub przykręcania do niej części przewodzących nie mogą być zastąpione śrubami metalowymi,
- 4) pokrywy lub drzwi obudowy izolacyjnej powinny być otwierane z użyciem narzędzi
- 5) jeśli wymagania określone w punkcie 4 nie zostały spełnione to wszystkie części przewodzące dostępne po otwarciu bez użycia narzędzi pokryw lub drzwi powinny znajdować się za przegrodą izolacyjną zapewniającą ochronę IP 2X lub lepszą i zdejmowaną przy użyciu narzędzi,
- 6) na zewnątrz i wewnątrz obudowy urządzeń o izolacji równoważnej, w widocznym miejscu, należy umieścić symbol informujący o nieprzyłączeniu przewodu ochronnego:¹⁹

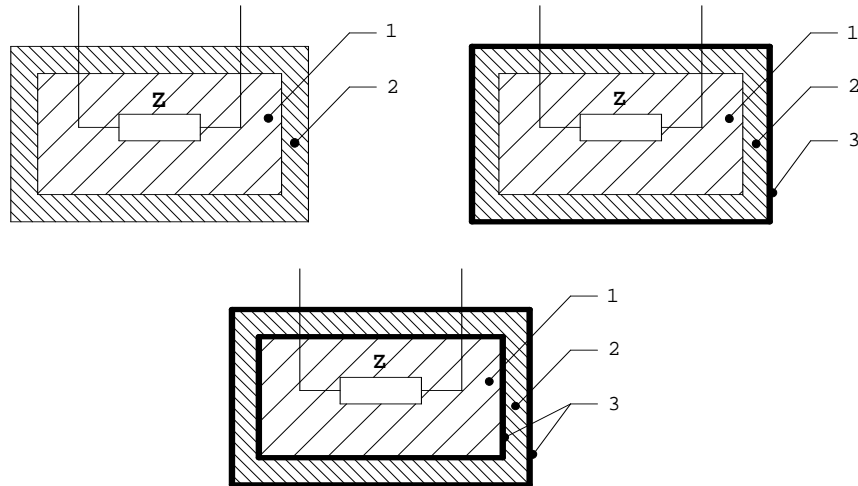
¹⁸ PN-92/E-05009/41

¹⁹ PN-92/E-05009/41



Zasady konstrukcji odbiorników II klasy ochronności i o izolacji równoważnej:

– odbiorniki (urządzenia) z izolacją podwójną:²⁰



Rys. 3.14.

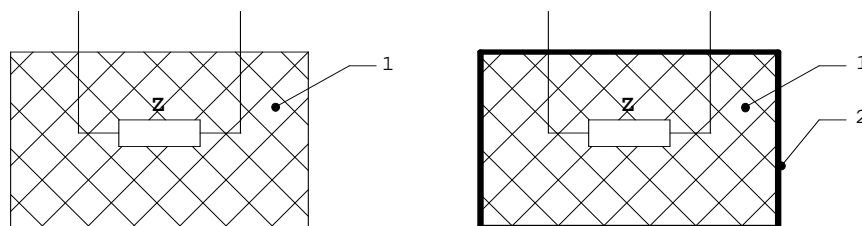
Z - impedancja obwodu elektrycznego odbiornika (uzwojenie, rezystor, element grzejny)

1 - izolacja podstawowa

2 - izolacja dodatkowa

3 - osłona metalowa

- odbiorniki z izolacją wzmocnioną:²¹



Rys. 3.15.

oznaczenia:

Z - impedancja obwodu elektrycznego odbiornika

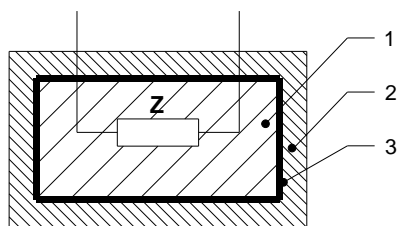
1 - izolacja wzmocniona

2 - osłona metalowa

²⁰ Wołkowiński K.: *Instalacje elektroenergetyczne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972

²¹ Wołkowiński K.: *Instalacje elektroenergetyczne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972

- odbiorniki z osłoną izolacyjną:²²



oznaczenia:
 Z - impedancja obwodu elektrycznego odbiornika
 1 - izolacja podstawowa
 2 - izolacja dodatkowa
 3 - osłona metalowa

Rys. 3.16.

Ochrona przez zastosowanie urządzeń II klasy ochronności lub o izolacji równoważnej ma na celu uniemożliwienie pojawienia się niebezpiecznych napięć dotykowych na częściach przewodzących dostępnych urządzeń w razie uszkodzenia izolacji podstawowej.

Jednoczesne uszkodzenie izolacji podstawowej i izolacji dodatkowej urządzenia w warunkach normalnej jego eksploatacji i użytkowaniu zgodnie z przeznaczeniem jest mało prawdopodobne, stąd nawet zniszczenie izolacji podstawowej nie ma wpływu na poziom bezpieczeństwa użytkowników.

Części przewodzące urządzeń II klasy ochronności lub izolacji równoważnej objęte ochroną dodatkową nie powinny być połączone z przewodem neutralnym, wyrównawczym oraz z ziemią.

Sposób instalowania urządzeń II klasy ochronności w tym zamocowanie urządzenia oraz przyłączenie przewodów nie może w żaden sposób wpływać na poziom ochrony wynikający z tego rodzaju ochrony.

Ochrona przez zastosowanie II klasy ochronności znalazła zastosowanie w odbiornikach przeznaczonych do trzymania w ręku (wiertarki, szlifierki), przenośnych transformatorach separacyjnych oraz w odbiornikach stosowanych w gospodarstwie domowym (maszynki do golenia, suszarki do włosów, odkurzacze,...).

Równoczesna ochrona przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim - ochrona przez zastosowanie bardzo niskich napięć bezpiecznych

Podstawowymi cechami tego środka ochrony są: ograniczenie wartości napięcia w obwodzie odbiorczym do wartości określonych jako napięcia bezpieczne (I zakres napięć) oraz oddzielenie obwodów odbiorczych od zasilających przez zastosowanie separacji ochronnej między nimi.

Separacja między obwodami polega na zastosowaniu:

- ochrony podstawowej (izolacji podstawowej) i ochrony dodatkowej (izolacji dodatkowej lub ekranowania ochronnego) lub,
- środka równoważnego ochronie podstawowej dodatkowej (przez zastosowanie izolacji wzmocnionej)

Równoczesną ochronę podstawową i dodatkową zapewnia się przez zastosowanie obwodów SELV (Safety Extra-Low Voltage) i PELV (Protection Extra-Low Voltage).

Źródłem zasilania obwodów SELV i PELV są:

- transformator ochronny (bezpieczeństwa) wykonany wg PN-88/E-08105,
- przetwornica dwumaszynowa zapewniająca równoważny transformatorowi ochronnemu poziom izolacji,
- źródła elektrochemiczne, np. baterie akumulatorów,
- zespoły prądotwórcze (prądnicą napędzana silnikiem spalinowym),

²² Wołkowiński K.: *Instalacje elektroenergetyczne*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1972

- e) urządzenia elektroniczne ograniczające napięcie na zaciskach wyjściowych do wartości napięć bezpiecznych w przypadku uszkodzeń wewnętrznych.

Ruchome źródła zasilania obwodów SELV i PELV powinny być urządzeniami II klasy ochronności.

Obwody odbiorcze zasilane bardzo niskimi napięciami bezpiecznymi SELV i PELV należy wykonywać z uwzględnieniem następujących zasad:

- a) części czynne obwodów SELV i PELV powinny być oddzielone od obwodów wyższego napięcia za pomocą separacji ochronnej zapewniającej oddzielenie elektryczne równoważne oddzieleniu obwodów w transformatorze ochronnym
- b) oprzewodowanie obwodów powinno być wykonane jako oddzielne od innych obwodów; możliwe są odstępstwa od tej zasady, gdy:
 - przewody obwodów SELV i PELV zostaną umieszczone w osłonie izolacyjnej lub,
 - przewody obwodów SELV i PELV zostaną oddzielone od innych przewodów ekranem ochronnym lub,
 - przewody obwodów SELV i PELV prowadzone w przewodzie wielożyłowym będą posiadały izolację przystosowaną do pracy przy najwyższym napięciu występującym w tym przewodzie.
- c) gniazda wtykowe i wtyczki obwodów SELV i PELV nie będą skoordynowane z gniazdami i wtyczkami innych obwodów a gniazda wtyczkowe nie będą posiadać styków ochronnych.

Z powyższego opisu wynika, że skuteczność ochrony przeciwporażeniowej w wyniku zastosowania obwodów SELV i PELV polega na zmniejszeniu wartości napięć dotykowych do wartości uważanych za bezpieczne.

Zasady wykonywania obwodów SELV

Obwody bardzo niskiego napięcia bezpiecznego zwane także obwodami nieuziemiałymi należy wykonywać tak, by części czynne i przewodzące dostępne nie były połączone przewodami ochronnymi lub częściami przewodzącymi dostępnymi należącymi do innych obwodów z częściami przewodzącymi obcymi (na których może pojawić się napięcia przekraczające wartości napięć bezpiecznych) oraz z uziomami.

Przy wartościach napięć nie przekraczających:

- 25 V wartości skutecznej prądu przemiennego lub,
- 60 V nietętniącego prądu stałego,

w obwodach SELV można nie stosować ochrony podstawowej.

Przy wartościach napięć wyższych od wyżej wymienionych w obwodach SELV należy wykonać ochronę podstawową polegającą na:

- a) zastosowaniu ogrodzeń lub obudów o stopniu ochrony IP2X lub wyższym,
- b) zastosowaniu izolacji wytrzymującej napięcie probiercze o wartości skutecznej prądu przemiennego 500 V w ciągu 1 minuty.

Zasady wykonywania obwodów PELV

W obwodach bardzo niskiego napięcia ochronnego, w przeciwieństwie do obwodów SELV, części czynne mogą być uziemione a części przewodzące dostępne [połączone z ziemią świadomie lub przypadkowo.

Ochronę podstawową w tych obwodach należy wykonać przez zastosowanie:

- a) ogrodzeń lub obudów o stopniu ochrony IP2X lub wyższym lub,
- b) izolacji wytrzymującej napięcie probiercze o wartości skutecznej prądu przemiennego 500 V w ciągu 1 minuty.

Ochrony podstawowej można nie wykonywać gdy napięcie znamionowe obwodu PELV nie przekracza:

- a) 25 V wartości skutecznej prądu przemiennego lub 60 V prądu stałego nietętniącego w pomieszczeniach suchych przy braku wielkopowierzchniowych dotyków ciała ludzkiego,
- b) 6 V wartości skutecznej prądu przemiennego lub 15 V prądu stałego nietętniącego w pomieszczeniach wilgotnych, ograniczających możliwość samo uwolnienia się oraz o podłożu przewodzącym .

Ochrona przez zastosowanie obwodów FELV

Obwodami FELV (Functional Extra-Low Voltage) nazywamy obwody, w których zastosowane są źródła zasilania o napięciach znamionowych nie przekraczających napięć bezpiecznych ale nie spełnione są wszystkie wymagania dla obwodów SELV i PELV.

Przypadek taki ma miejsce w obwodach sterowania i sygnalizacji, gdzie transformatory, przełączniki i styczniki nie zapewniają dostatecznej separacji ochronnej między obwodami.

Ochronę przeciwporażeniową dla obwodów FELV należy wykonać poprzez:

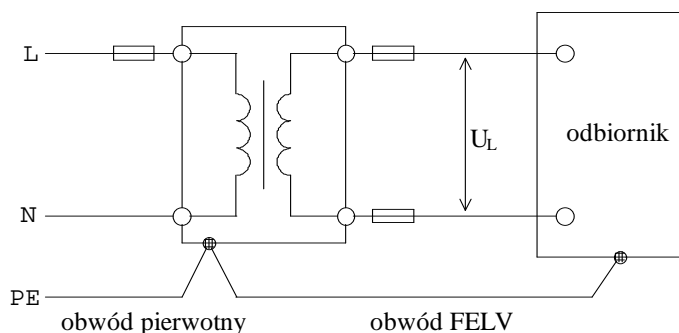
- a) ochronę podstawową i,
- b) ochronę dodatkową.

Ochronę podstawową należy zapewnić przez:

- ogrodzenia lub obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP2X, trwale zamocowane (demontaż możliwy przy użyciu narzędzi) lub,
- izolację równoważną izolacji obwodu zasilającego (pierwotnego) tzn. wytrzymującą próbę napięciową określoną dla obwodu pierwotnego.

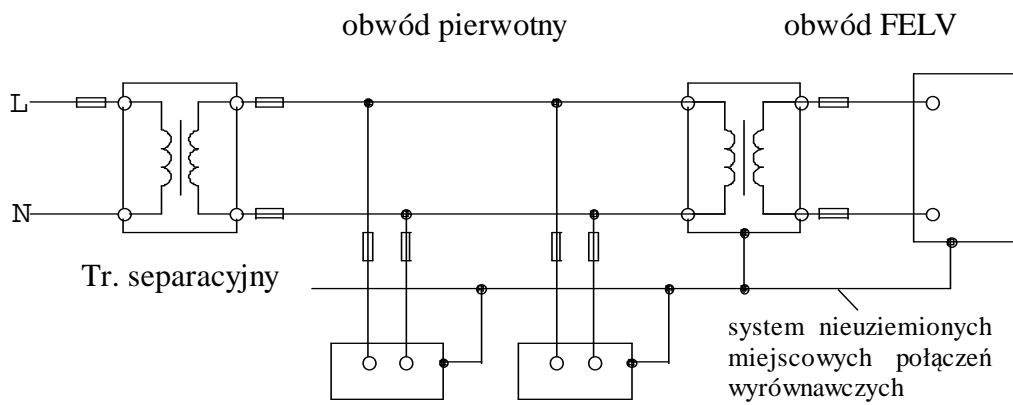
Ochronę dodatkową należy zapewnić przez:

- połączenie części przewodzących dostępnych obwodu FELV z przewodem ochronnym obwodu pierwotnego gdy zastosowano w nim ochronę przez samoczynne wyłączenie zasilania (rysunek 3.8.)



Rys. 3.17.

- połączenie części przewodzących dostępnych urządzeń obwodu FELV z nieziemionym miejscowym przewodem połączeń wyrównawczych obwodu pierwotnego, gdy zastosowano w nim ochronę, przez separację elektryczną.



Rys. 3.18.