

Ochrona przeciwporażeniowa

Najważniejsze pojęcia dotyczące ochrony od porażeń prądem elektrycznym

- **Część czynna** – przewód lub część przewodząca instalacji elektrycznej mogąca znaleźć się pod napięciem w warunkach normalnej pracy instalacji (łącznie z przewodem neutralnym N lecz z wyłączeniem przewodu ochronnego PE i ochronno-neutralnego PEN).
- **Część przewodząca dostępna** – część przewodząca instalacji elektrycznej, która może być dotknięta i która w czasie normalnej pracy instalacji nie znajduje się pod napięciem, ale może znaleźć się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji.

- **Część przewodząca obca** – część przewodząca, która nie jest elementem instalacji i która może znaleźć się pod określonym potencjałem (np. instalacje centralnego ogrzewania, instalacje gazowe lub wodne).
- **Dotyk bezpośredni** – dotknięcie przez człowieka lub zwierzę do części czynnej.
- **Dotyk pośredni** – dotknięcie przez człowieka lub zwierzę do części przewodzącej, która znalazła się pod napięciem w wyniku awarii.

- **Napięcie znamionowe U_N** – napięcie, na które instalacja elektryczna została zaprojektowana oraz zbudowana.
- **Napięcie dotykowe** – napięcie pojawiające się między częściami jednocześnie dostępnymi w przypadku uszkodzenia izolacji.
- **Napięcie dotykowe bezpieczne U_L** – najwyższa dopuszczalna wartość napięcia dotykowego, które może się utrzymywać długotrwale w określonych warunkach środowiskowych.

- **Warunki środowiskowe** – lokalne warunki otoczenia, w których ma pracować instalacja elektryczna lub urządzenia elektryczne.
- W1 – warunki środowiskowe pierwsze, czyli takie, w których rezystancja ciała człowieka względem ziemi wynosi co najmniej 1000 Ω .
- W2 – warunki środowiskowe drugie, czyli takie, w których rezystancja ciała człowieka względem ziemi jest mniejsza niż 1000 Ω .

Wartości napięcia bezpiecznego U_L w warunkach W1 i W2 wynoszą odpowiednio:

Rodzaj prądu	Wartość napięcia U_L	
	W ₁	W ₂
prąd przemienny	50 V	25 V
prąd stały	120 V	60 V

- **Stopień ochrony IP** (wg. PN-EN 60529:2003) – stopień ochrony przed dotknięciem do części czynnych i elementów ruchomych oraz przed przedostawaniem się do wnętrza urządzenia ciał stałych, a także przed dostępem wody. Pełny symbol składa się z liter IP oraz dwóch cyfr (np. IP 44 lub IP 56). Pierwsza cyfra oznacza stopień ochrony przed dotknięciem do części czynnych, ruchomych i przedostawaniem się ciał stałych, a druga określa stopień ochrony przed dostępem do wnętrza urządzenia wody. Im większa cyfra, tym większy stopień ochrony. Cyfra 0 oznacza całkowity brak ochrony.

- **Urządzenie różnicowoprądowe** (wyłącznik różnicowoprądowy) – urządzenie reagujące na wartość prądu różnicowego (różnicę prądów wpływających i wypływających) w danym obwodzie, większego od znamionowego prądu wyzwalającego. Służy do ochrony przed niebezpiecznymi prądami rażeniowymi lub pożarem instalacji.
- **Uziom** – metalowy przedmiot lub zespół przedmiotów umieszczonych w ziemi, tworzący elektryczne połączenie przewodzące z tym gruntem. Rozróżniamy uziomy naturalne i sztuczne.
- **Uziemienie ochronne** – uziemienie jednego lub wielu punktów sieci, instalacji lub urządzenia dla celów bezpieczeństwa.
- **Uziemienie robocze** (funkcjonalne) – uziemienie jednego lub wielu punktów sieci, instalacji lub urządzenia dla celów innych niż bezpieczeństwo elektryczne (dla zapewnienia prawidłowej pracy urządzeń w warunkach normalnych i zakłóceń).
- **Prąd rażeniowy** – prąd przepływający przez ciało człowieka, który wywołuje skutki uznawane za niedopuszczalne.

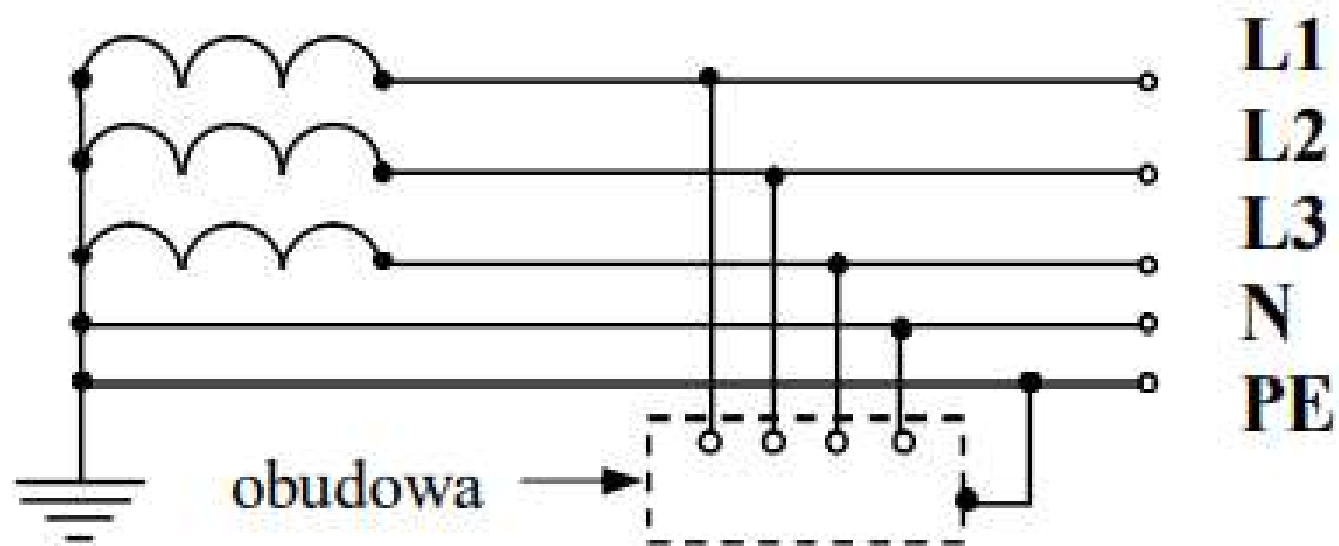
Układy sieci niskiego napięcia

- Rodzaj układu sieci niskiego napięcia (w instalacjach elektrycznych do 1 kV) uzależniony jest od sposobu połączenia tej sieci z ziemią oraz od związku między ziemią a dostępnymi częściami przewodzącymi. Rozróżnia się pięć systemów sieci oznaczonych, zgodnie z normą PN-IEC 60364, za pomocą następujących symboli literowych: TN-C, TN-S, TN-C-S, TT, IT.

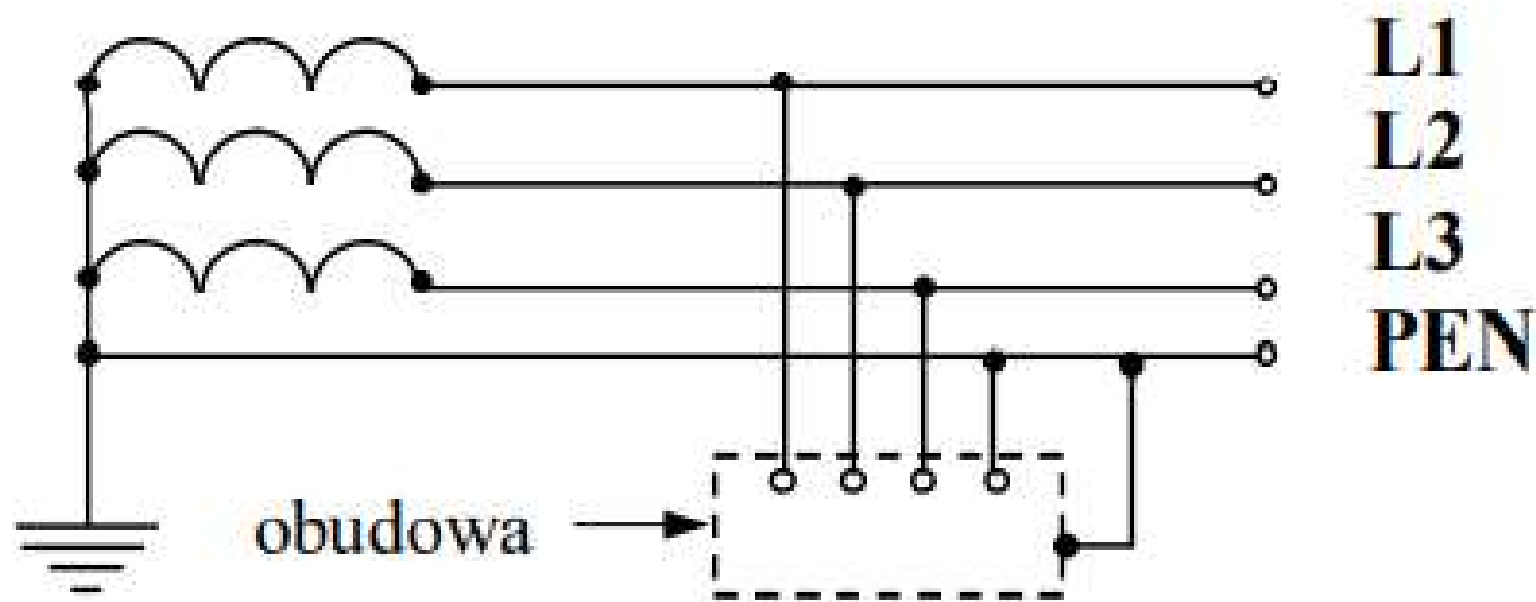
Poszczególne litery w oznaczeniu układu sieciowego symbolizują odpowiednio: T - (na pierwszym miejscu w nazwie) wskazuje na bezpośrednie połączenie z ziemią jednego punktu układu sieciowego (najczęściej połączenie punktu neutralnego transformatora z uziemieniem roboczym). I - (na pierwszym miejscu w nazwie) świadczy, że układ jest izolowany względem ziemi, czyli wszystkie części czynne są odizolowane od ziemi lub uziemione przez impedancję. N - (na drugim miejscu w nazwie) oznacza połączenie dostępnych części przewodzących (przewodzących korpusów urządzeń elektrycznych) z uziemionym punktem układu sieciowego. T - (na drugim miejscu w nazwie) oznacza bezpośrednie połączenie z ziemią dostępnych części przewodzących, niezależnie od uziemienia punktu neutralnego. S - (na trzecim miejscu w nazwie) świadczy, że w układzie zastosowano osobno przewód ochronny PE i neutralny N. C - (na trzecim miejscu) oznacza, że funkcję przewodu ochronnego i neutralnego spełnia jeden wspólny przewód ochronno-neutralny PEN. C-S - oznacza, że w pierwszej części układu (patrząc od strony zasilania) zastosowany jest przewód PEN, a w drugiej osobny przewód PE i N.

- W Polsce sieci niskiego napięcia są zwykle czteroprzewodowe i pracują z uziemionym punktem neutralnym, a więc w układzie TN-C. Ponieważ zgodnie z przepisami, w obwodach rozdzielczych i odbiorczych instalacji elektrycznych, należy stosować oddzielny przewód neutralny N i ochronny PE, więc w miejscu łączącym sieć elektroenergetyczną z instalacją w budynku (w złączu), musi nastąpić rozdział przewodu PEN na PE i N. W ten sposób instalacja odbiorcza wykonana jest w układzie TN-S, a cały budynek jest zasilany w układzie TN-C-S.

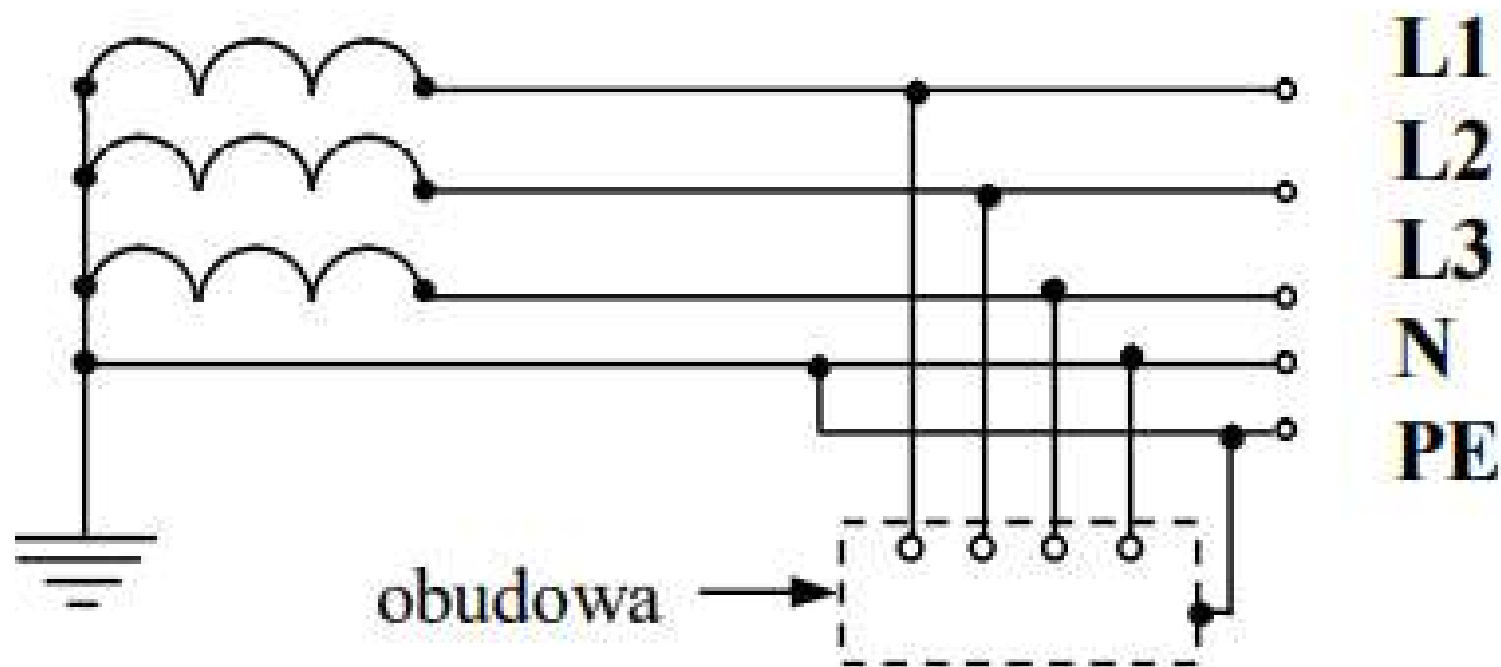
Schemat układu sieci TN-S



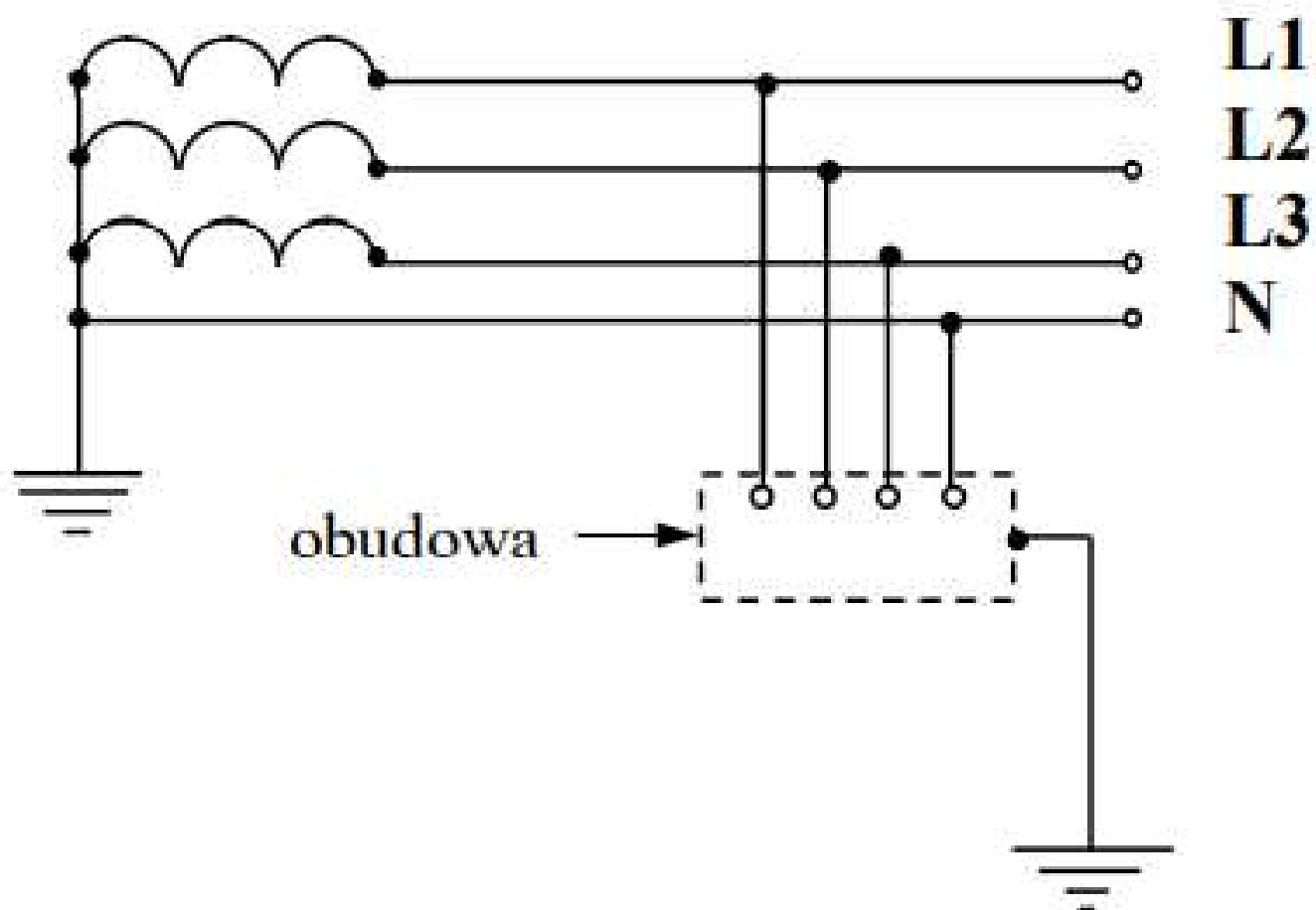
Schemat układu sieci TN-C



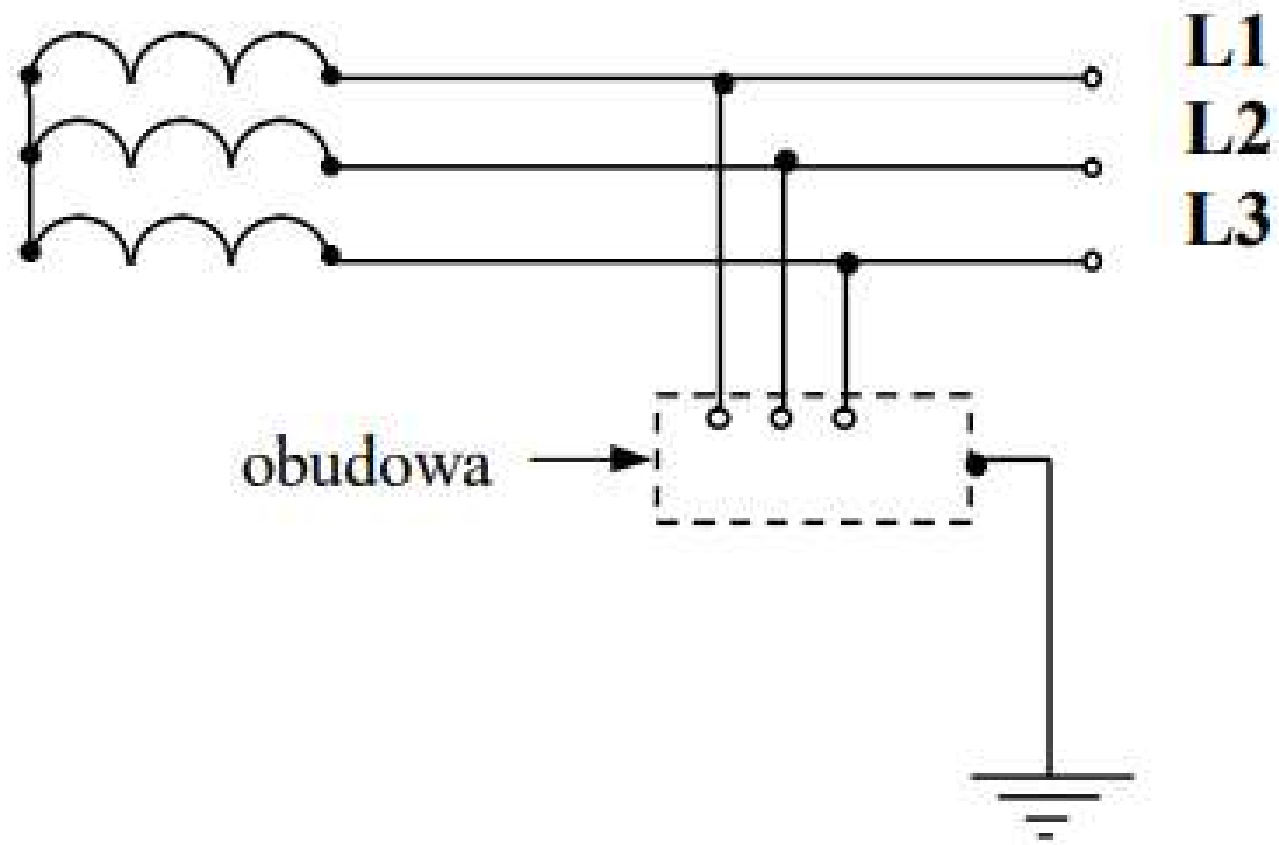
Schemat układu sieci TN-C-S



Schemat układu sieci TT



Schemat układu sieci IT



Klasy ochronności urządzeń elektrycznych

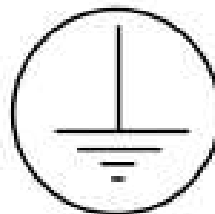
- Klasa ochronności urządzenia elektrycznego informuje nie tylko o jego budowie, ale przede wszystkim wskazuje, jakie należy zastosować środki ochrony przeciwporażeniowej, w celu zapewnienia bezpieczeństwa użytkowania tego urządzenia. Rozróżniamy cztery różne klasy ochronności urządzeń elektrycznych:

Klasa ochronności 0

- Urządzenia o klasie ochronności 0 to urządzenia, w których ochrona przeciwporażeniowa jest zrealizowana przez zastosowanie tylko izolacji podstawowej (w niektórych częściach mogą one mieć izolację podwójną lub wzmocnioną) i nie mają zacisku ochronnego. Przykładem takich urządzeń mogą być, wycofywane z użytku oprawy oświetleniowe lub żyrandole.

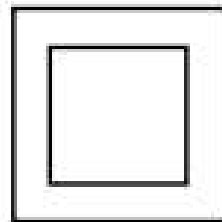
Klasa ochronności I

- Urządzenia o klasie ochronności I to urządzenia, w których ochrona przeciwporażeniowa jest osiągnięta przez zastosowanie izolacji podstawowej (w niektórych częściach izolacja może być podwójna lub wzmocniona). Są one wyposażone są w zacisk ochronny, który umożliwia połączenie dostępnych części przewodzących z przewodem ochronnym PE. Przykładem takich urządzeń są silniki elektryczne, chłodziarki lub pralki.



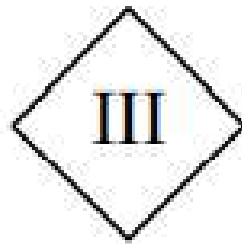
Klasa ochronności II

- Urządzenia o klasie ochronności II to urządzenia, w których ochronę przeciwporażeniową realizuje się przez zastosowanie podwójnej albo wzmocnionej izolacji. Urządzenia takie nie mają zacisku ochronnego, ale są bezpieczne i mogą być stosowane we wszystkich warunkach, o ile szczegółowe przepisy nie zdecydują inaczej. Przykładem są urządzenia gospodarstwa domowego – młynki do kawy lub roboty kuchenne.



Klasa ochronności III

- Urządzenia o klasie ochronności III to urządzenia, w których ochrona przeciwporażeniowa zrealizowana jest przez zastosowanie bardzo niskich napięć bezpiecznych. Mają one zastosowanie m. in. w przenośnych lampach lub wiertarkach.



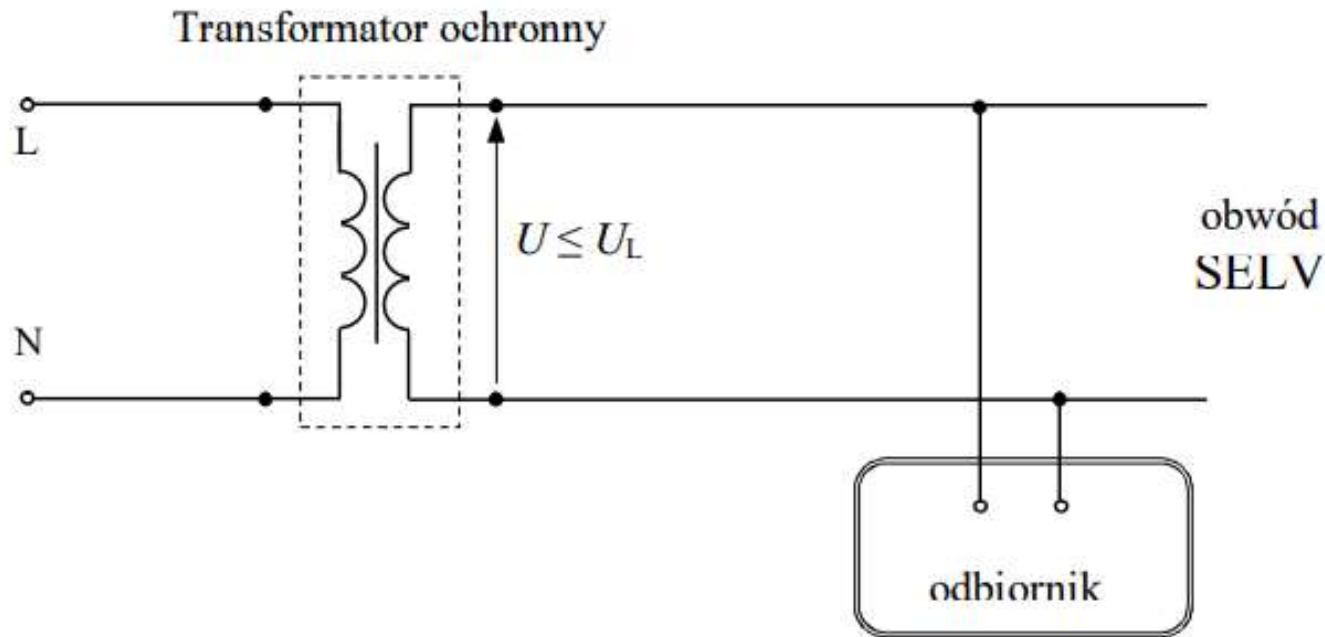
Rodzaje ochrony od porażeń prądem elektrycznym

Rodzaj ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych, uzależniony jest od wartości napięcia znamionowego, zasilającego urządzenia odbiorcze. W sieciach elektrycznych o napięciu do 1 kV stosuje się dwa zakresy napięciowe:

1. Napięcia zakresu I, to napięcia nie większe niż 50 V prądu przemiennego i 120 V prądu stałego, czyli tzw. napięcia bezpieczne (ELV).
2. Napięcia zakresu II, to napięcia prądu przemiennego o zakresie $50\text{ V} < U < 1000\text{ V}$ (dostępne w układach sieciowych TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT) oraz napięcia prądu stałego o zakresie $120\text{ V} < U < 1500\text{ V}$.

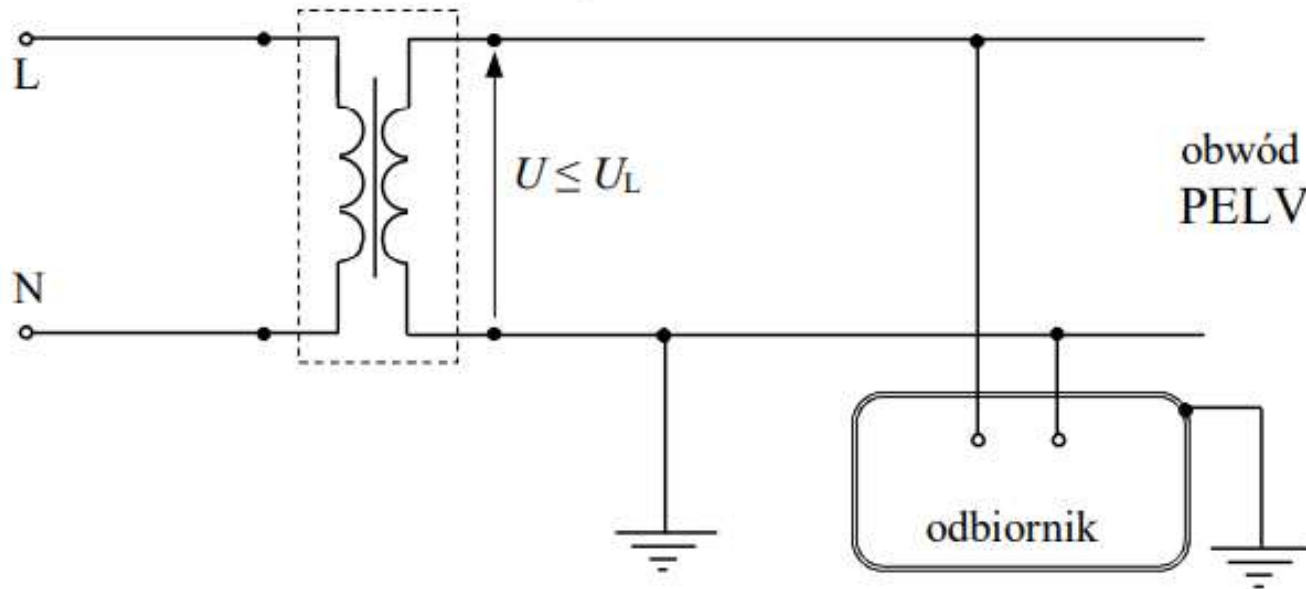
- Ochrona przeciwporażeniowa polegająca na zastosowaniu bardzo niskich napięć (w sieciach, w których napięcia nie przekraczają górnej granicy napięć zakresu I) nazywana jest również równoczesną ochroną przed dotykiem bezpośrednim i pośrednim. Rozróżniamy następujące obwody bardzo niskich napięć:
 - 1) Bardzo niskie napięcia bezpieczne SELV,
 - 2) Bardzo niskie napięcia ochronne PELV,
 - 3) Bardzo niskie napięcia funkcjonalne FELV.

SELV



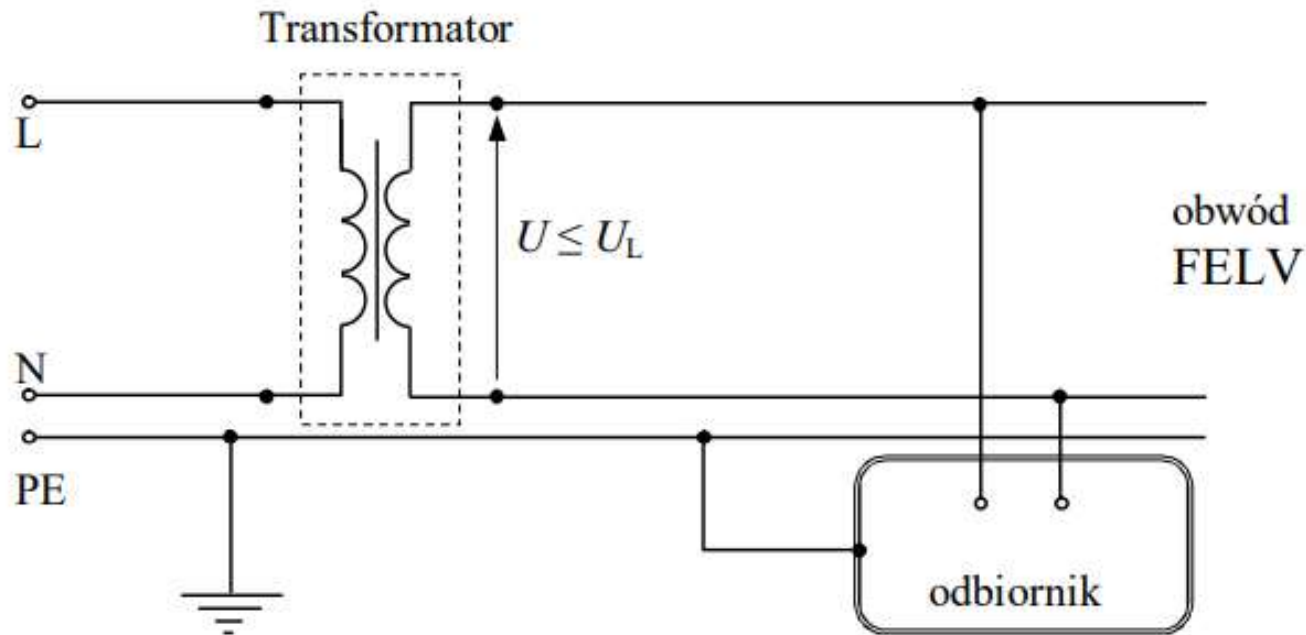
- Z rys. wynika, że w obwodach SELV źródłem zasilania jest transformator ochronny (może to być również bateria akumulatorów lub elektromaszynowa przetwornica), na którego zaciskach wyjściowych napięcie nie przekracza wartości napięcia bezpiecznego U_L . W obwodach SELV żadne części czynne oraz części przewodzące dostępne nie powinny być uziemione. Nie powinny też być połączone z częściami czynnymi innych obwodów lub dostępnymi częściami przewodzącymi innych urządzeń.

PELV



- Z rys. wynika, że podobnie jak w układach SELV, również w obwodach PELV, części czynne powinny być oddzielone elektrycznie od obwodu wysokiego napięcia. Źródłem zasilania jest więc transformator o II klasie ochronności lub inne równie bezpieczne źródło napięcia. W tych obwodach jednak, części czynne i części dostępne przewodzące są połączone z uziemieniami.

FELV



- W obwodach FELV źródłem zasilania jest zwykły transformator (albo autotransformator) a nie, jak w obwodach SELV i PELV, transformator o II klasie ochronności. Obwody te nie są więc w dostateczny sposób zabezpieczone przed przeniesieniem się do nich wysokiego napięcia. W celu zapewnienia skutecznej ochrony przed dotykiem pośrednim w obwodach FELV wprowadza się dodatkowy przewód ochronny PE i do niego podłącza się wszystkie części dostępne przewodzące. Dla zapewnienia ochrony przed dotykiem bezpośrednim należy zastosować ogrodzenia, bariery, obudowy o stopniu ochrony co najmniej IP2X lub izolację wytrzymującą co najmniej napięcie probiercze obwodu pierwotnego

Środki ochrony przed dotykiem bezpośrednim

- Ochrona przed dotykiem bezpośrednim (ochrona podstawowa), spełnia swoje zadania w czasie normalnej pracy urządzeń elektrycznych. Celem jej stosowania jest zabezpieczenie ludzi i zwierząt domowych przed zagrożeniami wynikającymi z niezamierzonego dotknięcia do części czynnych instalacji elektrycznej. Cel ten można zrealizować poprzez uniemożliwienie przepływu prądu przez ciało człowieka albo przez ograniczenie tego prądu do wartości mniejszej niż prąd rażeniowy. Do środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim zaliczamy:
 - 1. Ochronę polegającą na izolowaniu części czynnych urządzeń elektrycznych,
 - 2. Ochronę przy użyciu ogrodzeń (przegród), osłon lub obudów,
 - 3. Ochronę przy użyciu barier,
 - 4. Ochronę polegającą na umieszczaniu poza zasięgiem ręki,
 - 5. Ochronę uzupełniającą za pomocą urządzeń różnicowoprądowych.

Środki ochrony przed dotykiem pośrednim

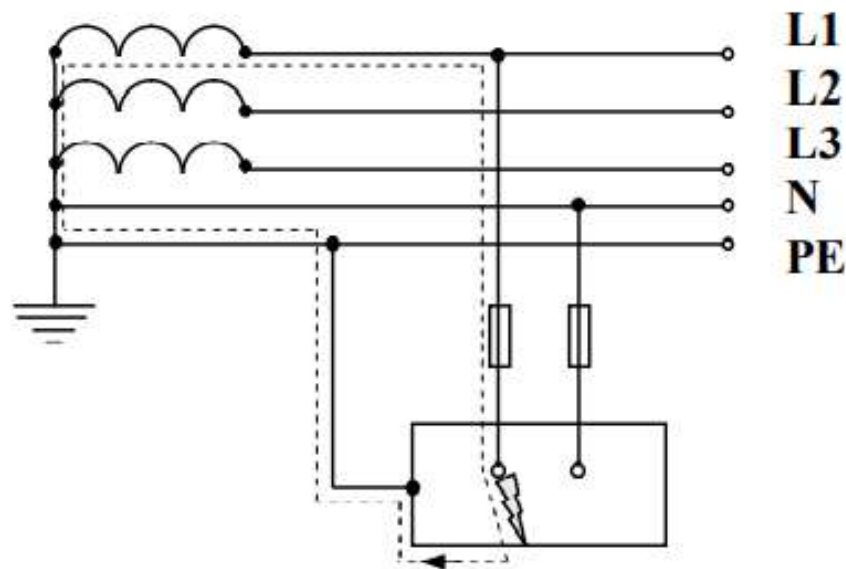
- Ochrona przed dotykiem pośrednim (ochrona przy uszkodzeniu) wypełnia swoją rolę w warunkach zakłóceń. Jej zadaniem jest zabezpieczenie żywych organizmów przed zagrożeniami wynikającymi z dotknięcia do części przewodzących dostępnych, które mogłyby znaleźć się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji instalacji elektrycznej. Ochrona ta będzie zrealizowana pomyślnie jeżeli:
 - 1) uniemożliwi się przepływ przez ciało człowieka prądu elektrycznego, który może pojawić się w wyniku uszkodzenia izolacji,
 - 2) ograniczy się prąd spowodowany uszkodzeniem do wartości mniejszej niż prąd rażeniowy,
 - 3) samoczynnie szybko wyłączy się zasilanie, w przypadku uszkodzenia izolacji. W celu skutecznej realizacji ochrony od porażeń prądem elektrycznym, przy eksploatacji instalacji elektrycznych w obiektach budowlanych, wymaga się zastosowania środków ochrony przed dotykiem bezpośrednim oraz jednego ze środków ochrony przed dotykiem pośrednim

Środki ochrony przed dotykiem pośrednim

- Do środków ochrony przed dotykiem pośrednim zalicza się:
 - 1) szybkie samoczynne wyłączenie zasilania,
 - 2) stosowanie odbiorników o II klasie ochronności,
 - 3) izolowanie stanowiska,
 - 4) stosowanie separacji elektrycznej,
 - 5) miejscowe nieuziemiene połączenia wyrównawcze.

Ochrona przez samoczynne szybkie wyłączenie zasilania w układach sieci TN

- W układach sieci TN (TN-S, TN-C, TN-C-S) samoczynne szybkie wyłączenie zasilania realizuje się poprzez połączenie dostępnych części przewodzących z przewodem ochronnym PE. W tak wykonanym połączeniu, w przypadku zwarcia części czynnej do części dostępnej przewodzącej, popłynie prąd zwarciovowy, który spowoduje samoczynne zadziałanie urządzeń wyłączających



Przebieg prądu zwarciovowego w układzie sieci TN-S.

Ochrona przez zastosowanie odbiorników o II klasie ochronności

- Ochrona ta polega na niedopuszczeniu do pojawienia się w czasie użytkowania niebezpiecznego napięcia dotykowego na dostępnych częściach przewodzących. Cel ten osiąga się przez zastosowanie podwójnej lub wzmocnionej izolacji. Obudowa tych urządzeń powinna być odporna na obciążenia mechaniczne, elektryczne i wpływy termiczne. Przykładem są różne urządzenia gospodarstwa domowego (roboty kuchenne, młynki do kawy, golarki, transformatory ochronne, lampy biurowe). W widocznych miejscach na obudowie powinien być umieszczony znak , który zakazuje przyłączenie przewodu ochronnego.

Ochrona poprzez zastosowanie izolowania stanowiska

- Ten środek ochrony polega na pokryciu stanowiska pracy materiałem izolacyjnym. Człowiek, stojąc na takim stanowisku, nawet gdyby dotknął do części, która znalazła się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej, jest bezpieczny, ponieważ nie ma drogi zamkniętej dla przepływu prądu. Warunkiem skuteczności tej ochrony jest to, aby rezystancja izolacji ścian i podłóg była dostatecznie duża oraz aby na izolowanym stanowisku nie znajdowały się żadne części przewodzące obce

Ochrona poprzez zastosowanie izolowania stanowiska

- Ten środek ochrony polega na pokryciu stanowiska pracy materiałem izolacyjnym. Człowiek, stojąc na takim stanowisku, nawet gdyby dotknął do części, która znalazła się pod napięciem w wyniku uszkodzenia izolacji podstawowej, jest bezpieczny, ponieważ nie ma drogi zamkniętej dla przepływu prądu. Warunkiem skuteczności tej ochrony jest to, aby rezystancja izolacji ścian i podłóg była dostatecznie duża oraz aby na izolowanym stanowisku nie znajdowały się żadne części przewodzące obce

Ochrona poprzez zastosowanie separacji elektrycznej

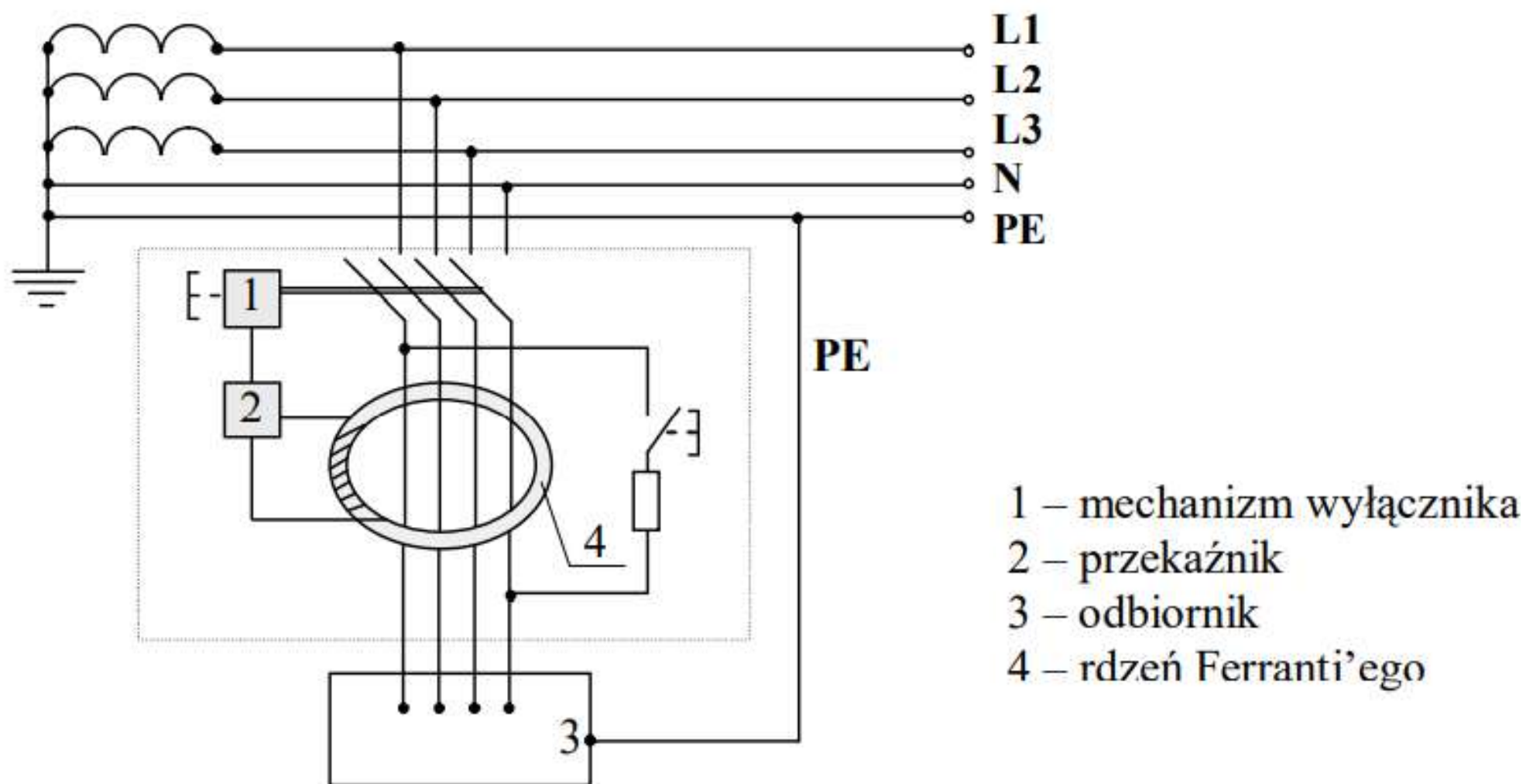
- Ochrona ta polega na zasilaniu jednego (a w szczególnych przypadkach większej liczby) odbiornika za pomocą transformatora separacyjnego lub innego źródła zapewniającego taki sam poziom bezpieczeństwa, jak transformator separacyjny. Części czynne obwodu separowanego nie mogą być w żadnym punkcie połączone z innym obwodem lub z ziemią, ponieważ tylko wtedy, w razie uszkodzenia izolacji roboczej nie ma drogi zamkniętej dla przepływu prądu rażeniowego.

Ochrona poprzez zastosowanie miejscowych nieuziemionych połączeń wyrównawczych

- Ten środek ochrony polega na połączeniu między sobą wszystkich części przewodzących jednocześnie dostępnych i części przewodzących obcych. Celem takiego połączenia jest ewentualne wyrównanie potencjałów. Połączenia takie nie mogą być uziemione i stosuje się je na izolowanym stanowisku oraz przy separacji elektrycznej.

Budowa i zasada działania wyłączników różnicowoprądowych

- Wyłączniki różnicowoprądowe produkowane są przez różne firmy, wykonuje się jako różnego rodzaju aparaty, czasami łączy się je w zestawy, jednak bez względu na rodzaj urządzenia ochronnego ich wspólną cechą jest zasada działania. Polega ona na sumowaniu wszystkich prądów płynących w przewodach roboczych (fazowych i neutralnym), przechodzących przez tzw. rdzeń Ferranti'ego. W stanie normalnej pracy (gdy izolacja chronionego odbiornika jest nieuszkodzona) suma tych prądów jest równa zero. Mówimy wtedy, że suma prądów wpływających jest równa sumie prądów wypływających z przekładnika Ferranti'ego (nie ma różnicy tych prądów). W takich warunkach strumień w rdzeniu jest praktycznie równy zero i w cewce Ferranti'ego nie zaindukuje się żadne napięcie. W razie pojawienia się prądu upływu (tzw. prądu różnicowego I_{Dn}), wskutek uszkodzenia izolacji, w rdzeniu pojawi się strumień magnetyczny, w cewce zaindukuje się napięcie, a to spowoduje zwolnienie zapadki mechanizmu wyłącznika i otwarcie jego styków.



Zasada budowy wyłącznika różnicowoprądowego i sposób włączenia wyłącznika do sieci TN-S [6, s.36]