

Lekcja 47. Ochrona przez zastosowanie samoczynnego szybkiego wyłączenia

Samoczynne szybkie wyłączenie zasilania jest w Polsce powszechnie stosowanym środkiem ochrony dodatkowej w sieciach niskiego napięcia 3×380/220 V czteroprzewodowych (TN-C), pięcioprzewodowych (TN-S) oraz mieszanych (TNC-S).

Realizacja samoczynnego wyłączenia zasilania może nastąpić poprzez stosowanie:

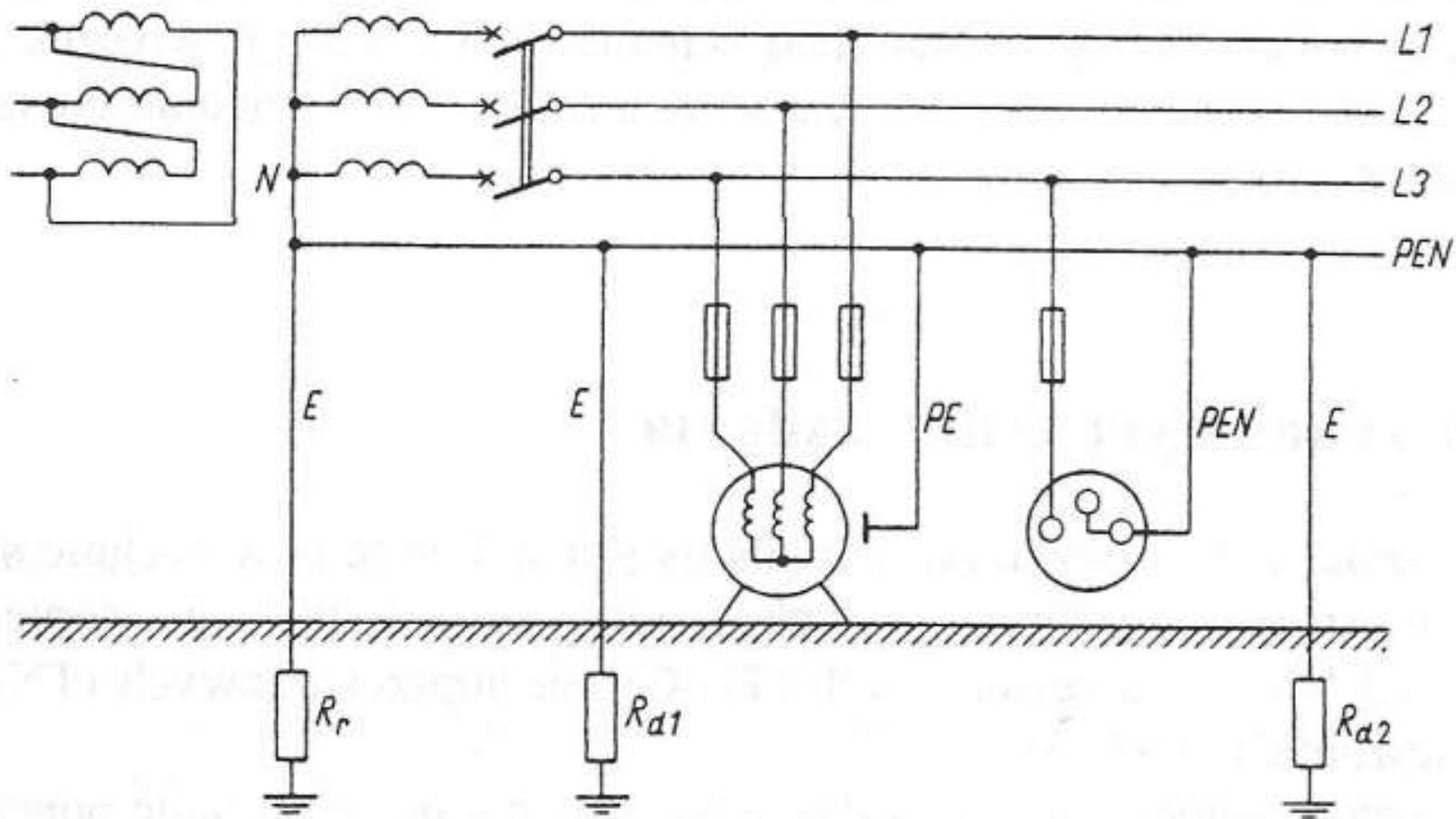
- zerowania i wyłączników nadmiarowo-prądowych samoczynnych lub bezpieczników (sieci TN);
- zerowania i wyłączników różnicowoprądowych (sieci TN);
- uziemienia ochronnego i wyłączników nadmiarowo-prądowych lub bezpieczników (sieci TT);
- uziemienia ochronnego i wyłączników różnicowoprądowych (sieci TT).

Zerowanie

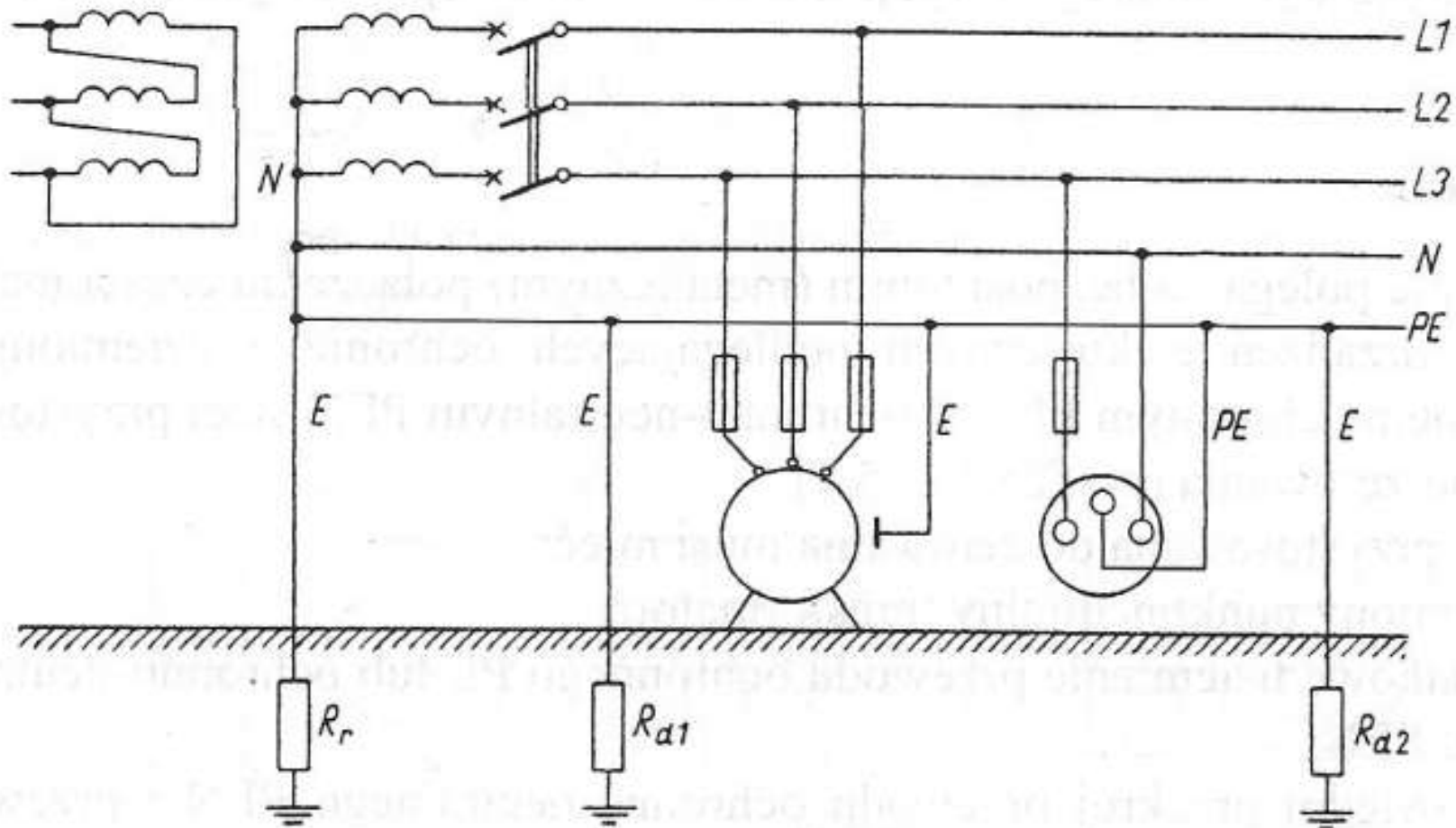
Zerowanie polega na bezpośrednim (metalicznym) połączeniu części metalowych urządzeń elektrycznych podlegających ochronie z uziemionym przewodem ochronnym PE lub ochronno-neutralnym PEN sieci przystosowanej do zerowania (rys. 25.4 i 25.5).

Sieć przystosowana do zerowania musi mieć:

- uziemiony punkt neutralny transformatora;
- dodatkowe uziemienie przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN;
- odpowiedni przekrój przewodu ochronno-neutralnego PEN i przewodów ochronnych PE;
- zabezpieczenia nadprądowe (bezpieczniki, wyłączniki samoczynne) w liniach i obwodach chronionych, działające samoczynnie i dostatecznie szybko przy zwarciu przewodu fazowego z przewodem neutralnym.



Rys. 25.4. Schemat zerowania odbiornika trójfazowego i gniazda wtyczkowego w sieci TN-C
 R_r — uziemienie robocze punktu neutralnego transformatora; R_{d1} , R_{d2} — dodatkowe uziemienia przewodu ochronno-neutralnego, PEN — przewód ochronno-neutralny; PE — przewód ochronny, E — przewód uziemiający



Rys. 25.5. Schemat zerowania odbiornika trójfazowego i gniazda wtyczkowego w sieci pięcioprzewodowej (TN-S)

Oznaczenia jak na rys. 25.4. Ponadto: N — przewód neutralny, PE — przewód ochronny,

Jako zabezpieczenia nadprądowe stosuje się bezpieczniki topikowe i wyłączniki samoczynne z wyzwalaczami elektromagnetycznymi oraz nadmiarowe wyłączniki instalacyjne.

Działanie zerowania polega głównie na spowodowaniu dostatecznie szybkiego wyłączenia, jeśli zerowane elementy urządzeń zostaną połączone z przewodem fazowym, np. wskutek uszkodzenia izolacji. Powstaje wtedy obwód zwarcia (pętla), w którym płynie prąd zwarcia, powodujący przerwanie obwodu wskutek stopienia wkładki topikowej lub wyłączenie wyłącznika (rys. 25.6).

Zerowanie jest skuteczne, jeśli **prąd zwarcia** I_z w pętli będzie większy niż prąd dostatecznie szybkiego wyłączenia I_w , czyli

$$I_z \geq I_w$$

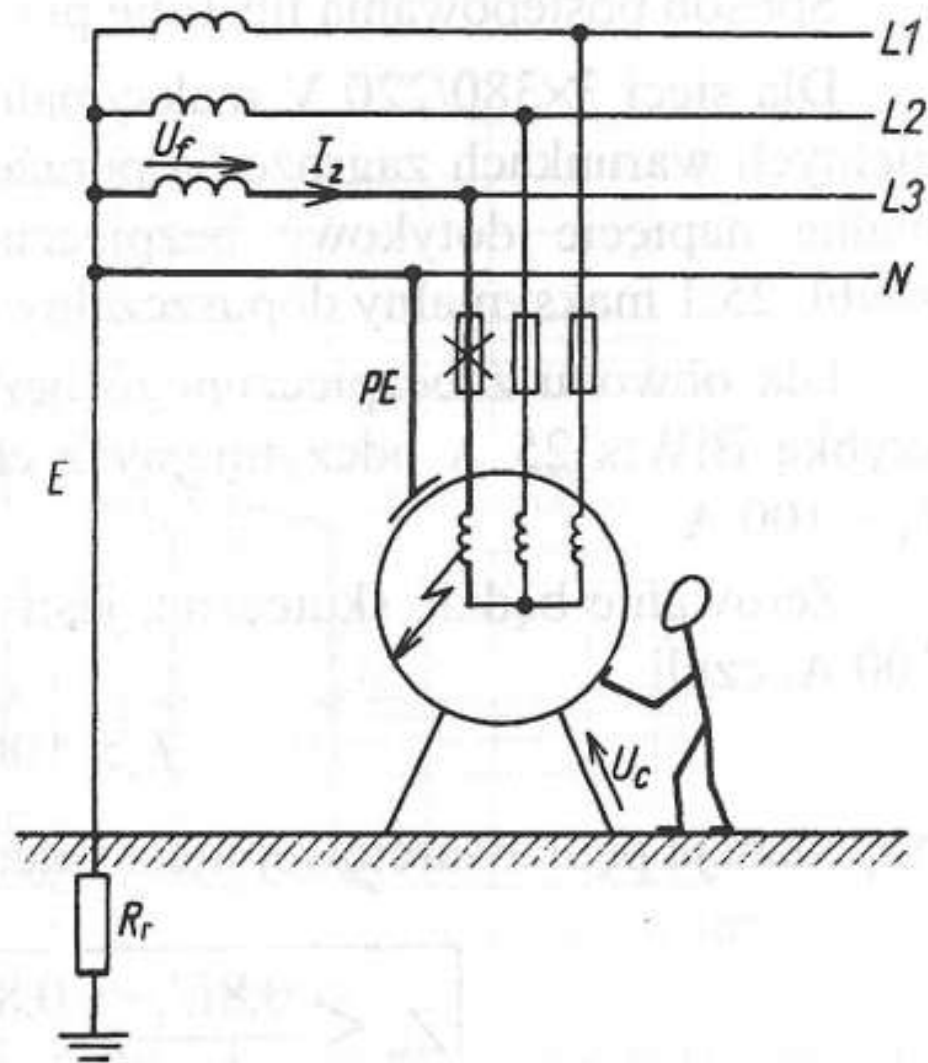
Zgodnie z prawem Ohma prąd zwarcia w pętli wynosi

$$I_z = \frac{0,8 U_f}{Z_p}$$

przy czym: U_f — napięcie fazowe sieci, w V; Z_p — impedancja pętli zwarcia, w Ω .

Rys. 25.6. Obwód zwarciaowy (pętla) wskutek uszkodzenia izolacji odbiornika (silnika) zerowanego

PE — przewód ochronny, *E* — przewód uziemiający



Współczynnik 0,8 uwzględnia zmniejszenie prądu zwarciovego w pętli wskutek występowania rezystancji przejścia zestyków, cewek wyzwalaczy i przekładników, których nie uwzględniono przy obliczaniu impedancji pętli Z_p .

Prąd dostatecznie szybkiego wyłączenia I_w , przepływając przez bezpieczniki powoduje stopienie wkładek topikowych w czasie krótszym niż podany w tabl. 25.1. Dla bezpieczników prąd I_w odczytuje się z charakterystyk działania bezpieczników $t = f(kI_{Nb})$, przy czym: I_{Nb} — prąd znamionowy wkładki topikowej, k — krotność prądu znamionowego wkładki.

Tablica 25.1. Maksymalne dopuszczalne czasy wyłączenia w sieciach o układzie TN (wg PN-92/E-05009/41)

Maksymalne napięcie względem ziemi U_{f0}	Środowisko	
	normalne	szczególne
	Maksymalne dopuszczalne napięcie bezpieczne U_L	
	przemienne 50 V	przemienne 25 V
	Maksymalny dopuszczalny czas wyłączenia t [s]	
120	0,8	0,35
235	0,4	0,20
400	0,2	0,05
580	0,1	0,02

Dla wyłączników samoczynnych przyjmuje się

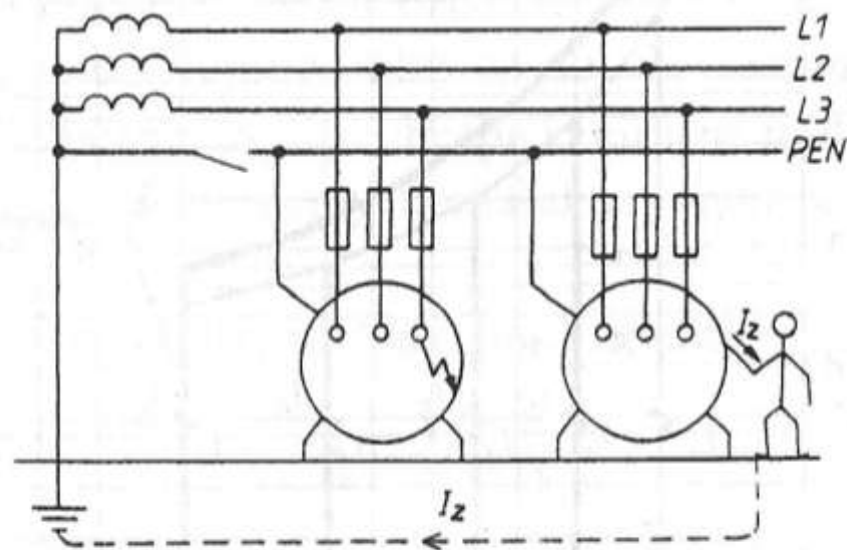
$$I_w = 1,2 I_{wem}$$

gdzie I_{wem} oznacza prąd nastawczy wyzwalacza lub przekaźnika zwarciovego.

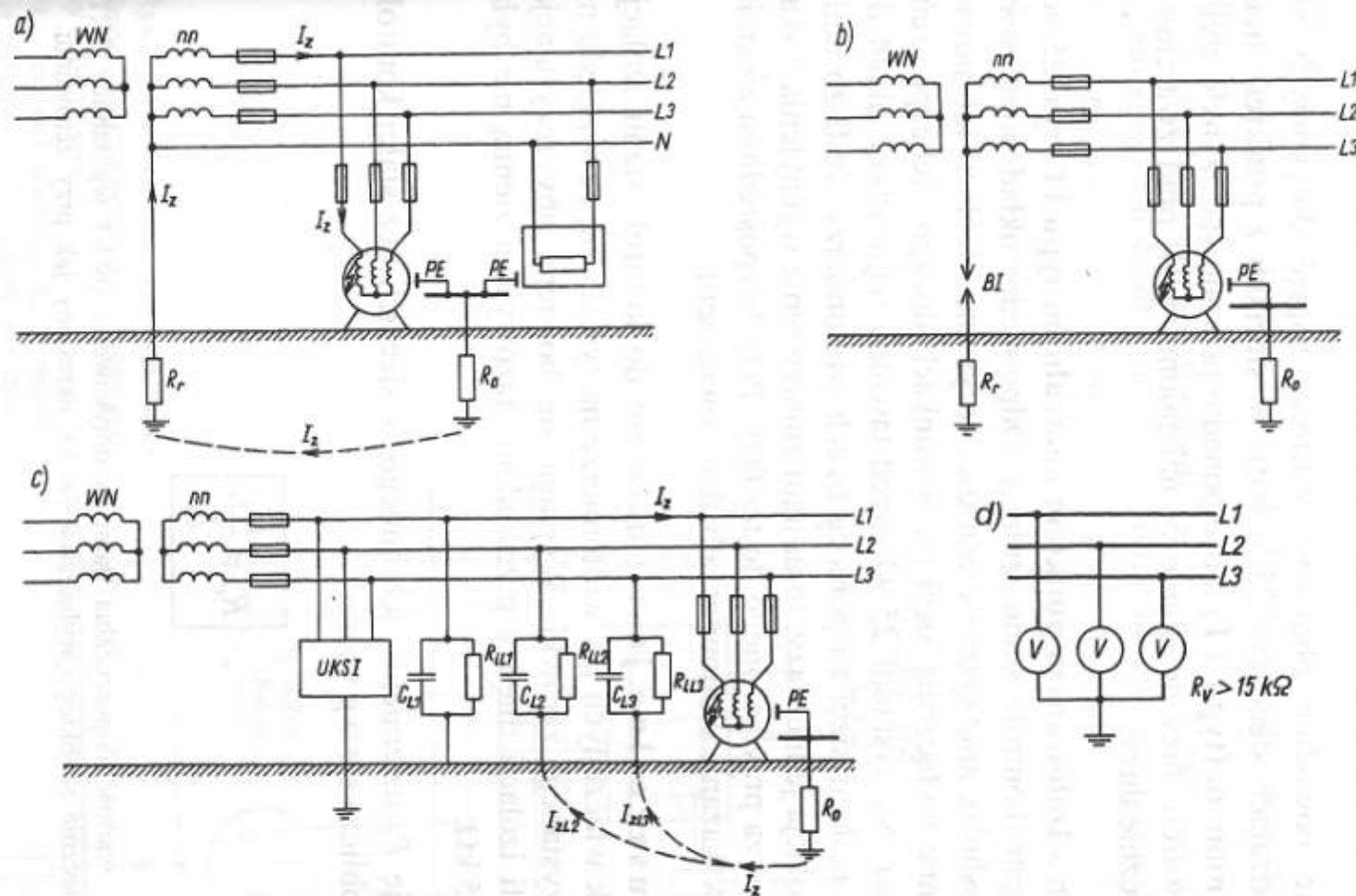
Dla wyłączników nadprądowych instalacyjnych — obecnie często stosowanych zamiast bezpieczników — można odczytać wartość prądu dostatecznie szybkiego wyłączenia z charakterystyk działania wyłączników (czasowo-prądowych) zależnie od rodzaju charakterystyki wyłącznika (A, B, C, D) — rys. 25.7.

Zerowanie może być uważane za skuteczne, mimo że nie spełnia warunku dostatecznie szybkiego wyłączenia, jeśli napięcie dotykowe na urządzeniach zerowanych nie przekroczy wartości bezpiecznych U_L (tabl. 25.1).

Dodatkowe uziemienie przewodu ochronnego zapewnia obniżenie napięcia dotykowego oraz chroni przed skutkami przerwania przewodu neutralnego. Jeśli nie byłoby dodatkowych uziemień przewodu ochronnego, to w razie uszkodzenia izolacji jednego urządzenia wskutek przerwania przewodu neutralnego, pojawiłoby się na częściach zerowanych wszystkich odbiorników, znajdujących się za miejscem przerwy (idąc od transformatora), napięcie dotykowe zbliżone do napięcia fazowego, a więc o bardzo niebezpiecznej wartości (rys. 25.8).



Rys. 25.8. Przykład zagrożenia porażeniowego występującego podczas przerwy w przewodzie *PEN*, przy braku dodatkowych uziemień przewodu ochronno-neutralnego *PEN* w sieci TN-C. Takie same zagrożenie wystąpi w sieci TN-S przy przerwaniu przewodu *PE* i braku dodatkowych uziemień



Rys. 25.9. Schematy przyłączenia odbiorników chronionych przez uziemienie ochronne: a) do sieci czteroprzewodowej z bezpośrednio uziemionym punktem neutralnym typu TT (np. 3380/220 V); b) do sieci z punktem neutralnym uziemionym przez bezpiecznik iskernikowy; c) do sieci z izolowanym punktem neutralnym (np. 3500 V) typu IT; d) najprostszy układ do kontroli stanu izolacji sieci trójprzewodowej z izolowanym punktem neutralnym

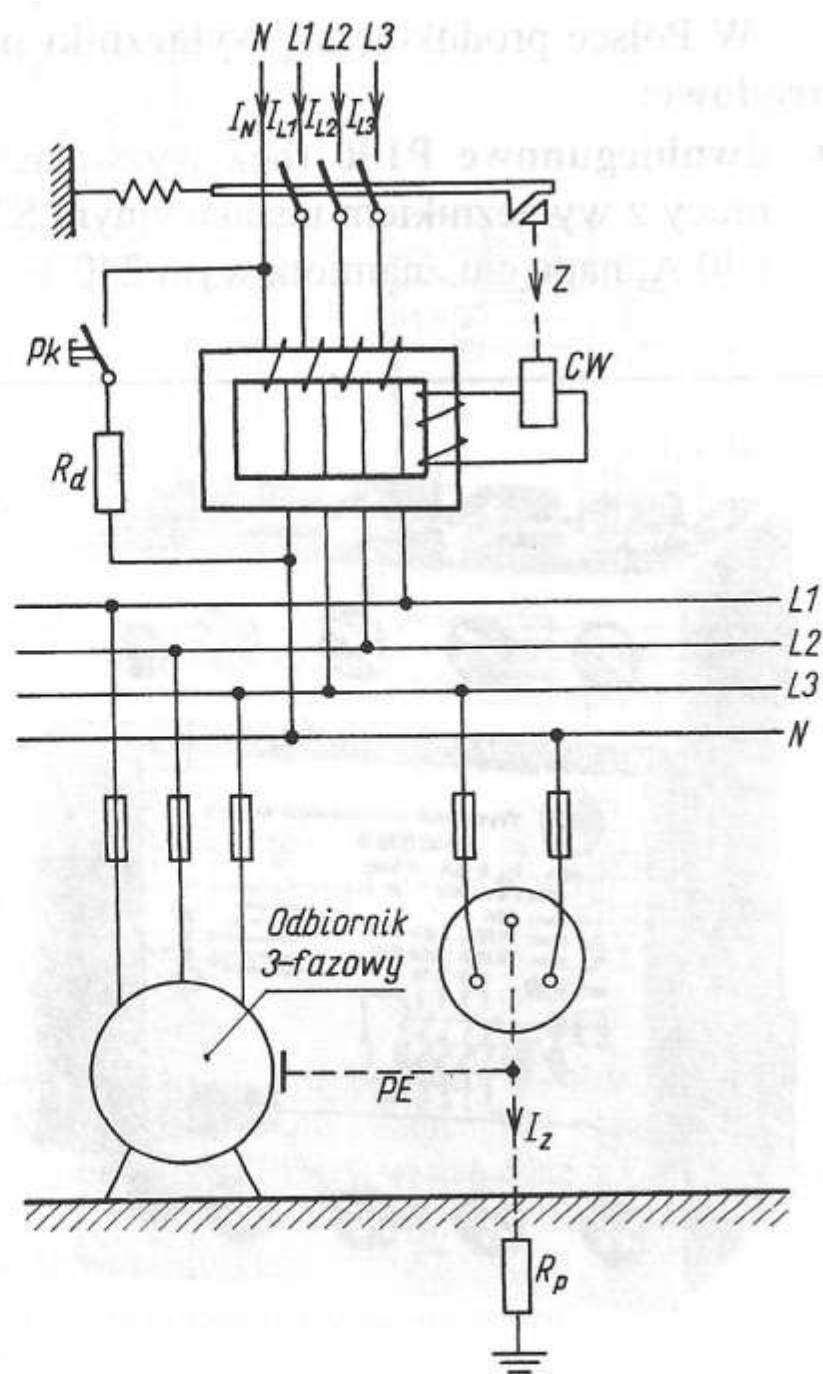
I_z — prąd przy zwarceniu przewodu fazowego z obudową odbiornika, R_r — uziemienie robocze punktu neutralnego, R_o — uziemienie ochronne odbiornika, R_v — rezystancja woltomierza, BI — bezpiecznik iskernikowy, $UKSI$ — urządzenie kontroli stanu izolacji, PE — przewód ochronny uziemiony

Lekcja 48-49. Budowa i zastosowanie wyłączników różnicowo-prądowych

Wyłączniki przeciwporażeniowe powinny wyłączyć szybko (w czasie krótszym niż 0,2 s) odbiorniki, w których wystąpiło uszkodzenie izolacji, pojawiło się napięcie dotykowe na obudowie, zwiększył się prąd upływu odbiornika.

Współcześnie stosuje się wyłączniki przeciwporażeniowe różnicowo-prądowe.

Wyłączniki różnicowoprądowe reagują na wartość prądu upływu chronionego odbiornika lub grupy odbiorników. Jeśli izolacja odbiorników chronionych jest nieuszkodzona, to prąd upływu I_z (rys. 25.10) odbiorni-



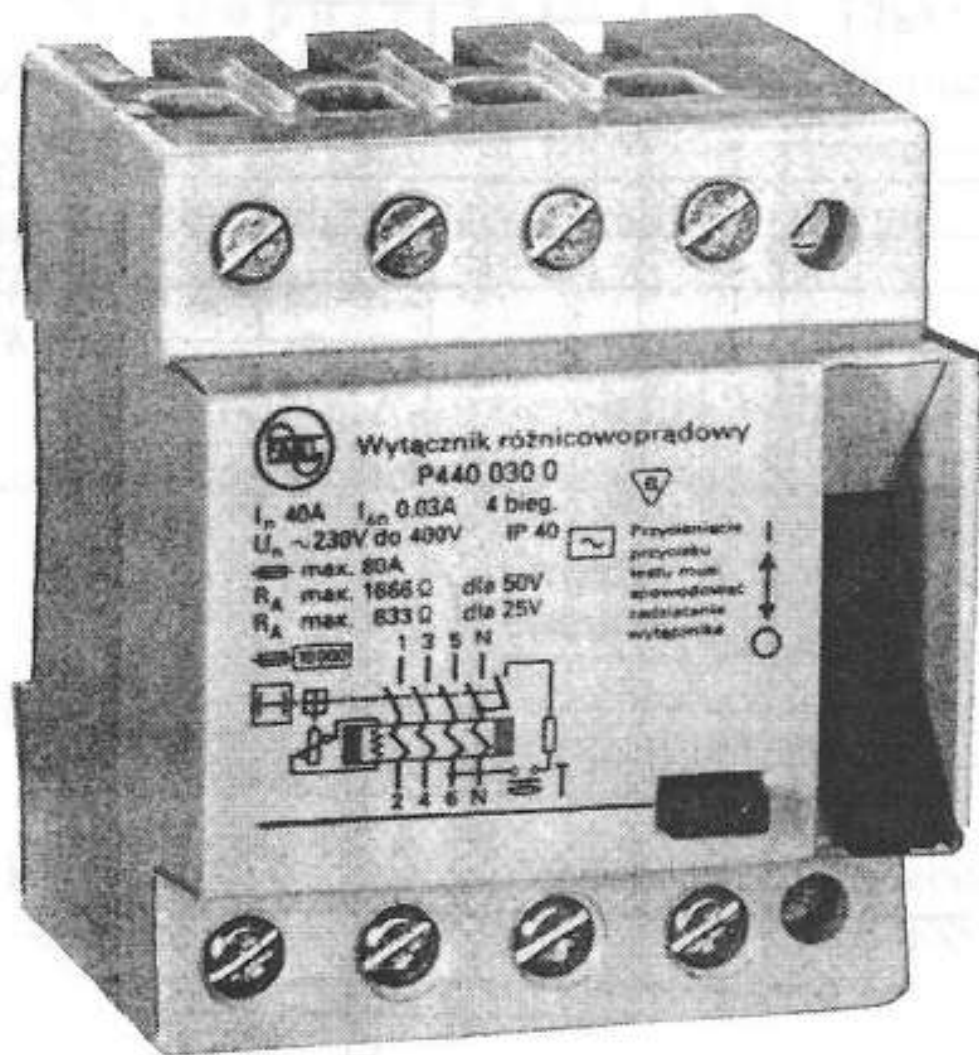
Rys. 25.10. Zastosowanie wyłącznika różnicowoprądowego do ochrony grupy odbiorników

P_k — przycisk kontrolny, R_d — rezystancja dodatkowa, Z — zamek mechaniczny wyłącznika, CW — cewka wybijakowa, PE — przewód uziemiony

ków chronionych jest bardzo mały i suma geometryczna prądów I_{L1} , I_{L2} , I_{L3} , I_N jest praktycznie równa zeru, a więc i strumień magnetyczny w rdzeniu wyłącznika jest praktycznie równy zeru. W razie pojawienia się prądu upływu I_z wskutek uszkodzenia izolacji, w rdzeniu pojawi się strumień magnetyczny zależny od prądu I_z i popłynie prąd w obwodzie cewki wybijakowej wyłącznika CW , co spowoduje zwolnienie zamka Z i wyłączenie wyłącznika.

Wyłączniki różnicowoprądowe na małe prądy znamionowe mogą być budowane tak, aby wyłączały przy prądach upływu 6, 10 lub 30 mA. Dotknięcie przez człowieka obwodu chronionego może więc powodować wyłączenie w czasie krótszym niż 0,2 s.

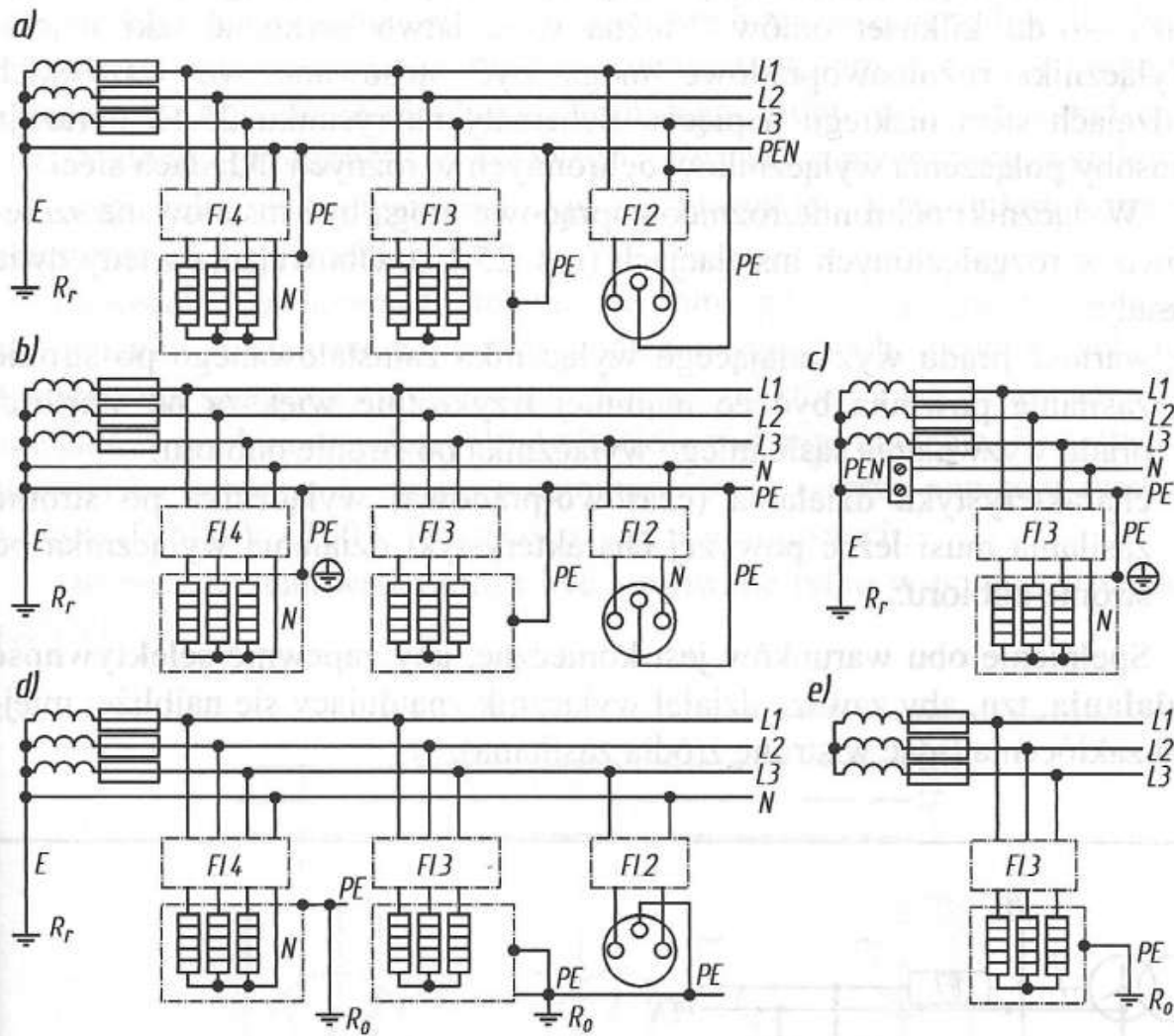
Wyłączniki o większych prądach znamionowych mogą mieć większe prądy wyłączania, dochodzące (dla największych wyłączników) do 500 mA.



Rys. 25.11. Wyciąznik różnicowoprądowy produkcji polskiej serii P400 typu P4400300 o prądzie znamionowym 40 A i prądzie różnicowym 300 mA

W Polsce produkuje się **wyłączniki przeciwporażeniowe różnicowo-prądowe**:

- **dwubiegunowe P190** (bez wyzwalaczy nadprądowych — do współpracy z wyłącznikiem instalacyjnym S192) o prądzie znamionowym 16 i 40 A, napięciu znamionowym 240 V;
- **dwubiegunowe P191** o prądach znamionowych 6 ÷ 32 A z wyzwalaczami nadprądowymi o charakterystykach B, C, D
Znamionowy prąd różnicowy może wynosić: 10, 30 lub 100 mA;
- **czterobiegunowe P400** o prądach znamionowych 25 ÷ 63 A i prądach różnicowych 30 ÷ 500 mA (bez wyzwalaczy nadprądowych), o napięciu znamionowym 400 V (rys. 25.11).



Rys. 25.12. Wyłączniki różnicowoprądowe w różnych układach sieci: a) układ sieci TN-C z przewodem *PEN* (np. sieć 3×380/220 V z klasycznym „zerowaniem”; b) układ sieci TN-S z wyłącznikiem *FI* w sieci z oddzielnymi przewodami *PE* i *N*; c) układ sieci TN-C-S z wyłącznikiem *FI* w sieci ze wspólnym przewodem *PEN* w części sieci; d) układ sieci TT z wyłącznikiem *FI*; e) układ sieci IT z wyłącznikiem ochronnym *FI*

R_r — uzimienie robocze; *FI4*, *FI3*, *FI2* — wyłączniki różnicowoprądowe, cztero-, trój- i dwubiegunowe; *R₀* — rezystancja uzimienia ochronnego

Uziom pomocniczy powinien mieć taką rezystancję, aby nie mogły wystąpić długotrwałe niebezpieczne napięcia dotykowe. Powinien być spełniony warunek

$$I_{z \min} R_p \leq U_L$$

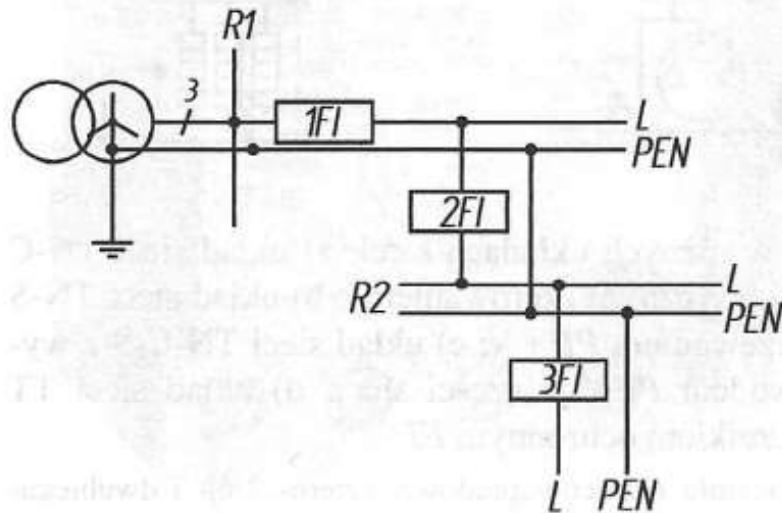
przy czym: $I_{z \min}$ — najmniejszy prąd upływu powodujący wyłączenie wyłącznika różnicowoprądowego, w A; R_p — rezystancja uziomu pomocniczego, w Ω ; U_L — dopuszczalna w danych warunkach wartość napięcia dotykowego, w V.

Wartość dopuszczalna rezystancji uziomu pomocniczego jest na ogół duża — do kilkuset omów. Można więc łatwo wykonać taki uziom. Wyłączniki różnicowoprądowe mogą być stosowane we wszystkich rodzajach sieci niskiego napięcia. Schematy na rysunku 25.12 obrazują sposoby połączenia wyłączników ochronnych w różnych układach sieci.

Wyłączniki ochronne różnicowoprądowe mogą być instalowane szeregowo w rozgałęzionych instalacjach (rys. 25.13). Obowiązują wtedy dwie zasady:

- wartość prądu wyzwalającego wyłącznika zainstalowanego po stronie zasilania powinna być co najmniej trzykrotnie większa od wartości prądu wyzwalania sąsiedniego wyłącznika po stronie odbioru;
- charakterystyka działania (czasowo-prądowa) wyłącznika po stronie zasilania musi leżeć powyżej charakterystyki działania wyłącznika po stronie odbioru.

Spełnienie obu warunków jest konieczne, aby zapewnić **selektywność działania**, tzn. aby zawsze działał wyłącznik znajdujący się najbliżej miejsca zakłócenia (idąc w stronę źródła zasilania).



Rys. 25.13. Przykład szeregowego układu wyłączników ochronnych w instalacji

1FI, 2FI, 3FI — wyłączniki różnicowoprądowe; R1, R2 — rozdzielnice