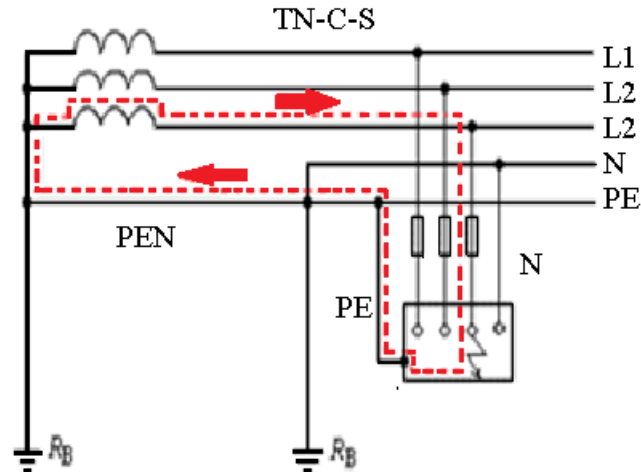


### 5.3. Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania, układ TN

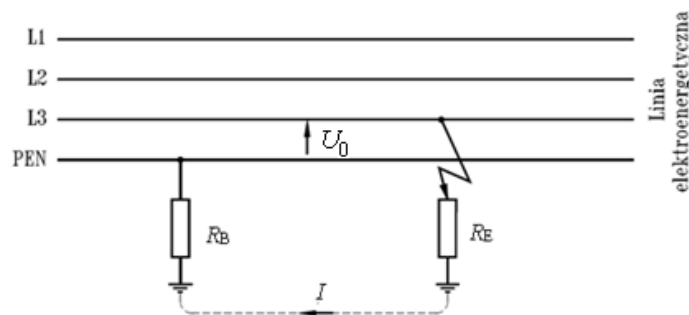
Układ TN – układ sieci, w którym punkt neutralny układu jest bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej są z nim połączone przewodami ochronnymi PE lub przewodami ochronno-neutralnymi PEN, w wyniku czego pętla zwarciowa jest w całości metaliczna.



Rys. 5.5. Układ TN

Układ TN musi odpowiadać następującym warunkom:

- 1) punkt neutralny lub punkt środkowy układu zasilania powinien być bezpośrednio uziemiony przy źródle zasilania;
- 2) części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej powinny być połączone z uziemionym punktem układu zasilania za pomocą przewodów PE lub PEN;
- 3) przewody ochronne muszą być połączone z ziemią w wielu miejscach, żeby w razie uszkodzenia potencjał przewodu ochronnego był bliski potencjałowi ziemi;
- 4) w przypadku zwarcia przewodu fazowego z ziemią, napięcie pomiędzy przewodem ochronnym i przyłączonymi do niego częściami przewodzącymi dostępnymi a ziemią, nie powinno przekroczyć wartości napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale  $U_L$  [7].



Rys. 5.6. Zwarcie z ziemią w linii elektroenergetycznej

gdzie :  $R_B$  - wypadkowa rezystancja wszystkich połączonych równolegle uziomów;  $R_E$ -najmniejsza możliwa rezystancja styku z ziemią części przewodzących obcych, nie przyłączonych do przewodu ochronnego, przez które może nastąpić zwarcie pomiędzy fazą a ziemią [7]

Aby nie została przekroczona wartość napięcia dotykowego dopuszczalnego długotrwale  $U_L$ , w przypadku takiego rodzaju zwarcia, powinna być spełniona zależność:

$$\frac{R_B}{R_E} \leq \frac{U_L}{U_0 - U_L} \quad (5.1)$$

Dla zapewnienia samoczynnego wyłączenia zasilania powinno być spełnione wymaganie:

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \quad (5.2)$$

gdzie:  $Z_s$  – impedancja pętli zwarciowej, obejmującej źródło zasilania, przewód liniowy do miejsca zwarcia i przewód ochronny od miejsca zwarcia do źródła zasilania,  $I_a$  – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie (wyłącznika lub bezpiecznika).

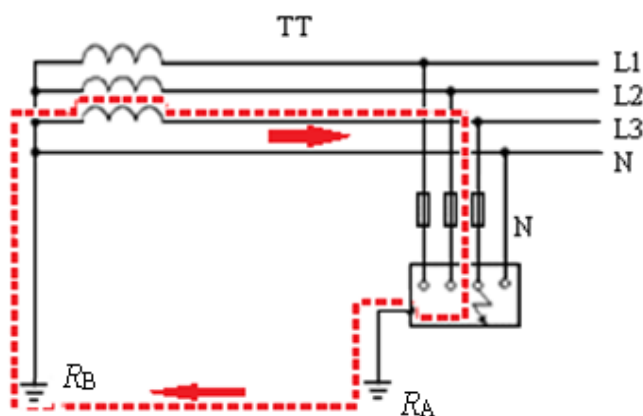
W układzie sieci TN do ochrony przed porażeniem powinny być stosowane:

- 1) zabezpieczenia nadprądowe (wyłączniki nadprądowe, bezpieczniki topikowe);
- 2) zabezpieczenia ochronne różnicowoprądowe.

W zależności od stosowanego urządzenia  $I_a$  - jest to prąd przetężeniowy lub różnicowy.

#### 5.4. Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania, układ TT

Układ TT – układ sieci, w którym punkt neutralny jest bezpośrednio uziemiony, a części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej są połączone z osobnym uziemieniem, w wyniku czego pętla zwarciowa z częścią przewodzącą dostępną zamyka się przez ziemię.



Rys. 5.7. Układ TT

Układ TT musi odpowiadać następującym warunkom:

- 1) punkt neutralny lub punkt środkowy układu powinien być bezpośrednio uziemiony. Jeżeli punkt neutralny lub środkowy jest niedostępny, powinien być uziemiony przewód fazowy;
- 2) wszystkie części przewodzące dostępne chronione przez to samo urządzenie zabezpieczające powinny być przyłączone do wspólnego uziomu. W przypadku, gdy jest kilka urządzeń zabezpieczających, wymagania te dotyczą oddzielnie wszystkich części przewodzących dostępnych chronionych przez każde z urządzeń zabezpieczających;
- 3) do ochrony przy uszkodzeniu przez samoczynne wyłączenie zasilania, należy stosować urządzenia ochronne różnicowoprądowe (zabezpieczenia nadprądowe mogą być stosowane, pod warunkiem zapewnienia stałej i odpowiednio małej impedancji pętli zwarciowej).

Ochrona przeciwporażeniowa realizowana przez samoczynne wyłączenie zasilania w układzie sieci TT jest skuteczna, jeżeli spełniony zostanie jeden z warunków.

- 1) jeżeli wyłączenie zasilania realizowane jest przez wyłącznik ochronny różnicowoprądowy o znamionowym prądzie różnicowym  $I_{\Delta n}$ :

$$R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L \quad (5.3)$$

gdzie:  $R_A$  – całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,  $I_{\Delta n}$  – znamionowy prąd różnicowy,  $U_L$  - napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

Obwód w tym przypadku powinien być również chroniony przed przetężeniami przez zabezpieczenia nadprądowe [7].

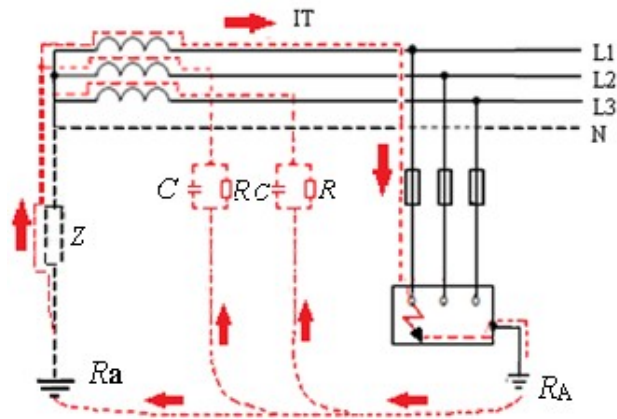
- 2) jeżeli wyłączenie zasilania realizowane jest przez zabezpieczenie nadprądowe o prądzie wyłączającym  $I_a$  :

$$Z_s \cdot I_a \leq U_0 \quad (5.4)$$

gdzie:  $Z_s$  – impedancja pętli zwarciowej,  $I_a$  – prąd powodujący samoczynne zadziałanie zabezpieczenia nadprądowego w wymaganym czasie. Zabezpieczenie nadprądowe może być użyte pod warunkiem, że będzie zapewniona odpowiednio mała wartość impedancji pętli zwarciowej  $Z_s$  [7]

## 5.5. Ochrona przez samoczynne wyłączenie zasilania, układ IT

Układ IT – układ sieci, w którym punkt neutralny jest izolowany od ziemi, albo uziemiony przez bezpiecznik iskiernikowy lub przez dużą impedancję, a części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej są uziemione indywidualnie, grupowo lub zbiorowo.



Rys. 5.8. Układ IT

Układ IT musi odpowiadać następującym warunkom:

- 1) wszystkie części czynne są odizolowane od ziemi. Punkt neutralny jest odizolowany od ziemi, albo uziemiony przez bezpiecznik iskiernikowy. Połączenie układu z ziemią może być wykonane w punkcie neutralnym lub w punkcie środkowym układu. W przypadku, gdy w układzie nie ma punktu neutralnego lub punktu środkowego – można połączyć z ziemią przewód liniowy przez odpowiednio dużą impedancję [9];
- 2) przy pojedynczym zwarciu przewodu liniowego z częścią przewodzącą dostępną przyłączoną do uziomu ochronnego, prąd uszkodzeniowy jest mały i samoczynne wyłączenie zasilania w czasie wymaganym jak dla układu TN i TT nie jest wymagane pod warunkiem, że są spełnione następujące wymagania:
  - części przewodzące dostępne instalacji elektrycznej w układzie IT są przyłączone do uziemienia ochronnego indywidualnie lub zbiorowo;
  - powinien być spełniony następujący warunek:

$$R_A \cdot I_d \leq U_L \quad (5.5)$$

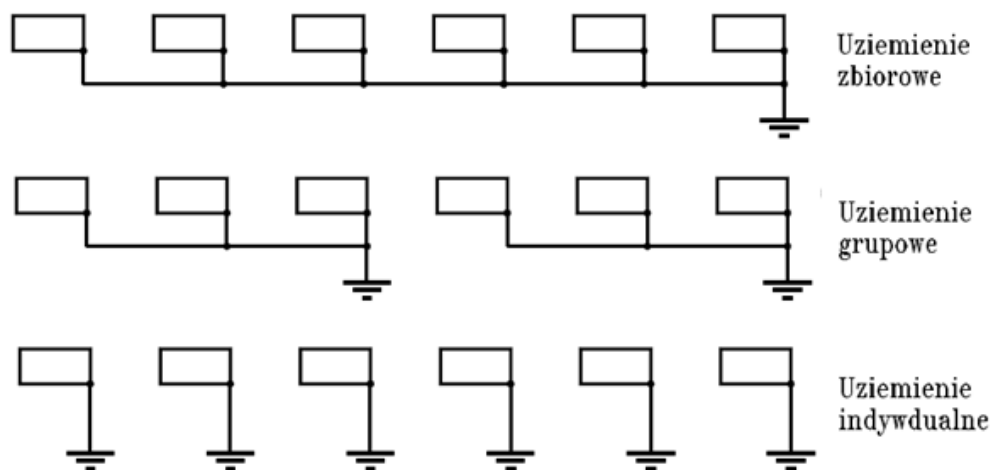
gdzie:  $R_A$  – całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,  $I_d$  – prąd uszkodzeniowy pojedynczego zwarcia z ziemią o pomijalnej impedancji między przewodem liniowym i częścią przewodzącą dostępną. Przy wyznaczaniu wartości prądu  $I_d$  należy uwzględnić prądy upływowe oraz całkowitą impedancję uziemienia instalacji elektrycznej,  $U_L$  – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

W warunkach środowiskowych normalnych wartość,  $U_L$  wynosi 50 V dla prądu przemiennego i 120 V dla prądu stałego. W warunkach środowiskowych o zwiększonym zagrożeniu, wartość  $U_L$  wynosi 25 V i 12 V dla prądu przemiennego oraz 60 V i 30 V dla prądu stałego.

Jeżeli układ IT zasilany jest z sieci wysokiego napięcia, to wymaga się uziemienia punktu neutralnego przez ogranicznik przepięć, dla ograniczenia skutków zwarcia między uzwojeniami wysokiego napięcia i niskiego napięcia transformatora. Układ IT cechuje się najmniejszym prądem zwarcia doziemnego  $I_d$  w przypadku uszkodzenia izolacji podstawowej [9];

Układ IT jest stosowany w przypadku wymagań dotyczących zarówno zwiększenia ciągłości zasilania, jak i ograniczenia zagrożenia pożarowego i/lub wybuchowego. Wymagania takie najczęściej dotyczą szpitali (sal operacyjnych i oddziałów intensywnej opieki medycznej), kopalni, kombinatów chemicznych itp. [9].

Warunki samoczynnego wyłączenia zasilania w przypadku podwójnego zwarcia z ziemią zależą od sposobu uziemienia części przewodzących dostępnych, przedstawionego na rysunku 5.10:



Rys. 5.9. Sposoby uziemień części przewodzących dostępnych [7]

Przy uziemieniu indywidualnym lub grupowym, warunki samoczynnego wyłączenia zasilania są analogiczne jak dla układu TT. Przy uziemieniu zbiorowym, warunki samoczynnego wyłączenia zasilania są analogiczne jak dla układu TN.

Przy podwójnym zwarcie z ziemią w układzie sieci IT muszą być spełnione następujące warunki samoczynnego wyłączenia zasilania:

1) jeżeli części przewodzące dostępne są uziemione przez uziemienie zbiorowe, warunki stają się podobne jak dla układu sieci TN i powinny być spełnione w następujący sposób:

- dla układu IT bez przewodu neutralnego:

$$2 \cdot I_a \cdot Z_s \leq U \quad (5.6)$$

- dla układu IT z przewodem neutralnym:

$$2 \cdot I_a \cdot Z_s \leq U_0 \quad (5.7)$$

gdzie:  $I_a$  – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie jak dla układu TN,  $Z_s$  – impedancja pętli,  $Z_s$  – impedancja pętli zwarciowej,  $U_0$  – napięcie przewodu liniowego względem przewodu neutralnego,  $U$  – napięcie między przewodami liniowymi

2) jeżeli części przewodzące dostępne są uziemione grupowo lub indywidualnie, warunki stają się podobne jak dla układu TT i powinny być spełnione w następujący sposób:

$$R_A \cdot I_a \leq U_L \quad (5.8)$$

gdzie:  $R_A$  – całkowita rezystancja uziomu i przewodu ochronnego łączącego części przewodzące dostępne z uziomem,  $I_a$  – prąd powodujący samoczynne zadziałanie urządzenia zabezpieczającego w wymaganym czasie jak dla układu TT,  $U_L$  – napięcie dotykowe dopuszczalne długotrwale.

W układzie sieci IT do ochrony przed porażeniem powinny być stosowane:

- 1) nadprądowe urządzenia zabezpieczające,
- 2) urządzenia ochronne różnicowoprądowe,
- 3) urządzenia stałej kontroli stanu izolacji,

systemy lokalizacji uszkodzenia izolacji.