

# ZASILANIE URZĄDZEŃ PPOŻ. W BUDYNKU ZASILANYM Z SIECI O UKŁADZIE ZASILANIA TT

mgr inż. Julian Wiatr

red. naczelny miesięcznika elektro.info

*W układzie zasilania TT, ochrona przeciwporażeniowa realizowana przez samoczynne wyłączenie jest wręcz niemożliwa do wykonania bez zastosowania wyłączników różnicowoprądowych. Stosowanie wyłączników różnicowoprądowych w obwodach zasilania urządzeń ppoż. jest zakazane ze względu na możliwość niekontrolowanego zadziałania wskutek działania wysokiej temperatury. Sytuacja ta powoduje konieczność poszukania sposobu rozwiązania. Jedynym sposobem rozwiązania tego problemu jest zastosowanie transformatora separacyjnego umożliwiającego wyspowe zasilanie urządzeń ppoż. w układzie TN lub w układzie IT.*

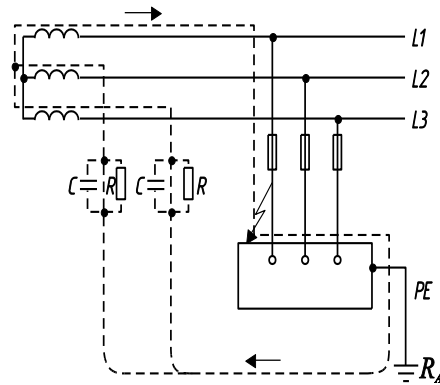
Pomimo bardzo ostrych wymagań dotyczących czasów samoczynnego wyłączenia podczas zwarcé jednofazowych w układzie zasilania **TT**, występuje on w niektórych regionach naszego kraju. Pomimo tego, że przejście z układu zasilania **TT** na układ zasilania **TN** jest dość proste, w niektórych spółkach dystrybucyjnych nadal w sieciach elektroenergetycznych 0 jest eksploatowany układ zasilania **TT**. W **tabeli 1** zostały przedstawione dopuszczalne czasy samoczynnego wyłączenia zasilania dla potrzeb ochrony przeciwporażeniowej, zgodne z wymaganiami normy **PN-HD 60364-4-41: 2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym [1]**.

**Tabela 1:** Dopuszczalne czasy samoczynnego wyłączenia w instalacjach elektrycznych nn określone w normie PN-HD 60364-4-41: 2009 [4]

Układ sieci	50 V < U <sub>o</sub> ≤ 120 V, w [s]		120 V < U <sub>o</sub> ≤ 230 V, w [s]		230 V < U <sub>o</sub> ≤ 400 V, w [s]		U <sub>o</sub> > 400 V, w [s]	
	ac	dc	ac	dc	ac	dc	ac	dc
TN	0,8	Wyłączenie może być wymagane z innych przyczyn niż ochrona przeciwporażeniowa	0,4	5	0,2	0,4	0,1	0,1
TT	0,3		0,2	0,4	0,07	0,2	0,04	0,1

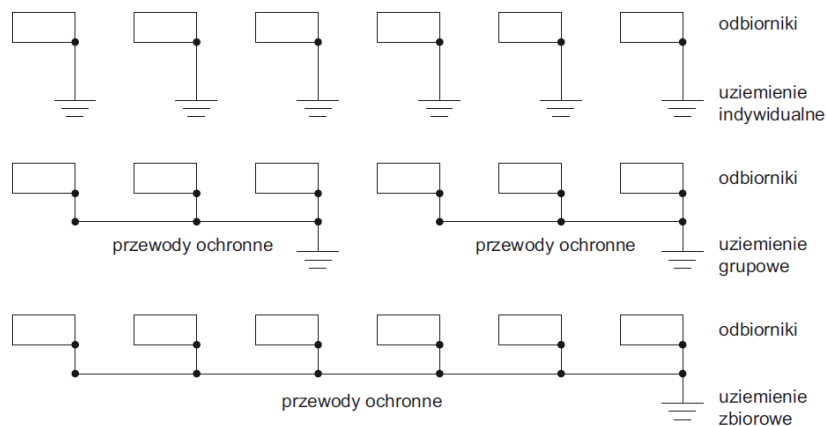
Objaśnienia: U<sub>o</sub> – nominalne napięcie ac lub dc przewodu liniowego względem ziemi

W normie [1] nie zostały określone czasy samoczynnego wyłączenia dla instalacji wykonanej w układzie zasilania IT. Stan ten nie jest przypadkiem. Wynika on ze specyfiki instalacji wykonanej w układzie zasilania IT, w której pojedyncze zwarcie nie stwarza zagrożeń gdyż prądy zamykają się przez rezystancje oraz reaktancje o dużej wartości występujące pomiędzy przewodami ziemią. Obwód prądów zwarciovych przy pojedynczym zwarciu w obwodzie wykonanym w układzie IT przedstawia **rys. 1**.



**Rys. 1:** Obwód prądu zwarciovego w instalacji wykonanej w układzie zasilania IT przy pojedynczym zwarciu [4]

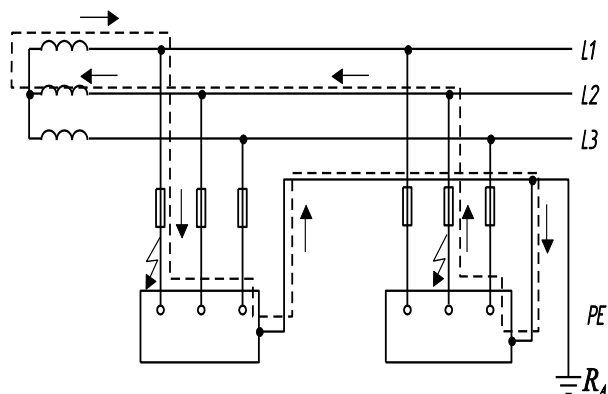
W przypadku podwójnych zwarc, w zależności od sposobu uziemienia (rysunek 2) poszczególnych odbiorników, układ zasilania ulega samoczynnemu przekształceniu w układ TN lub układ TT.



**Rys. 2:** Sposoby uziemienia odbiorników zasilanych w układzie IT [4]

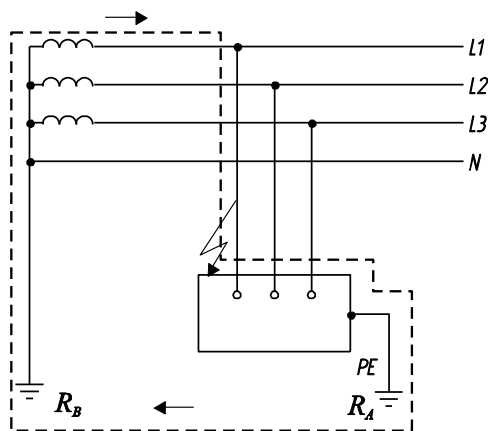
W przypadku przyjęcia uziemienia zbiorowego, podwójne zwarcie w obwodzie o układzie zasilania IT, zasilanym ze wspólnego źródła powoduje automatyczne przejście w układ zasilania TN. Podobna sytuacja zachodzi przy podwójnym zwarciu odbiorników objętych jedną sekcją uziemienia grupowego. Natomiast przy podwójnym zwarciu odbiorników posiadających uziemienie indywidualne lub należących do osobnych sekcji uziemień grupowych układ zasilania IT automatycznie przechodzi w układ TT.

Podczas projektowania ocena tego stanu i przyjęcie właściwych wymagań określonych w tabeli 1 należy do projektanta. Przykład obwodu zwarciovego w układzie IT, w którym wszystkie odbiorniki zasilane ze wspólnego źródła posiadają uziemienie zbiorowe, przedstawia **rys. 3**.



**Rys. 3:** Obwód prądu żwirowego w układzie zasilania IT, w którym wszystkie odbiorniki zasilane ze wspólnego źródła posiadają uziemienie zbiorowe przy podwójnym zwarciu [4].

W układzie zasilania TT prądy zwarciovie zamykają się przez rezystancję uziemienia  $R_A$  oraz  $R_B$ , których wartość jest znacznie większa od rezystancji przewodów zasilających. Skutkuje to pojawieniem się dzielnika napięciowego, w którym do chwili wyłączenia zasilania na odbiorniku objętym zwarcieniem z ziemią pojawia się napięcie niemal pełne napięcie fazowe. Stan ten stwarza większe zagrożenie niż występuje w układzie zasilania TN, w którym impedancja przewodów zasilających oraz odprowadzających prądy zwarciovie do źródła zasilania mają zbliżone wartości co skutkuje niemal równomiernym podziałem napięć na przewodach zasilających i przewodach odprowadzających prądy zwarciovie do źródła zasilania. Obwód prądów zwarciovych w układzie zasilania TT przedstawia **rysunek 4**.



**Rys. 4:** Obwód prądu zwarciovego w układzie zasilania TT [4]

Duże wartości rezystancji uziomów powodują, że mogą powstać trudności w spełnieniu wymagań samoczynnego wyłączenia. Konieczne jest stosowanie wyłączników różnicowoprądowych, których stosowanie w obwodach zasilających urządzenia przeciwpożarowej jest zabronione. **Zatem układ zasilania TT w praktyce nie może być wykorzystany do zasilania urządzeń przeciwpożarowych** [3]. Zgodnie z normą [1] dla układu zasilania TT obowiązują następujące zależności do oceny skuteczności samoczynnego wyłączenia:

- przy zabezpieczeniu wyłącznikiem różnicowoprądowym

$$R_A \leq \frac{U_L}{I_{\Delta n}} \quad (1)$$

- przy zabezpieczeniu bezpiecznikiem topikowym lub wyłącznikiem nadprądowym

$$I_{k1} = \frac{U_0}{Z_{k1}} \geq I_a \quad (2)$$

gdzie:

$R_A$  – rezystancja uziemienia ochronnego, w  $[\Omega]$

$U_L$  – dopuszczalne napięcie dotykowe, określone w normie [1], w  $[V]$

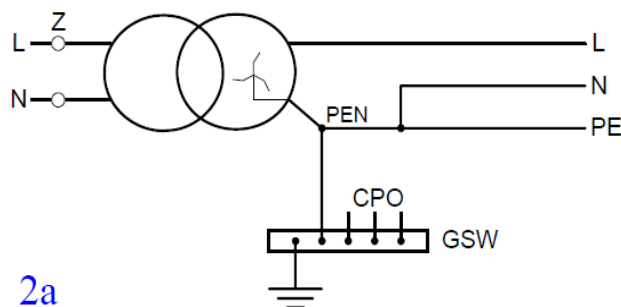
$I_{\Delta n}$  – znamionowy prąd różnicowy wyłącznika różnicowoprądowego, w  $[A]$

$U_0$  – napięcie pomiędzy przewodem fazowym a ziemią, w  $[V]$

$Z_{k1}$  – impedancja obwodu zwarciovego, uwzględniająca rezystancje uziemienia  $R_A$  oraz  $R_B$ , w  $[\Omega]$

$I_a$  – prąd wyłączający zasilanie w czasie nie dłuższym od określonego w tabeli 1, w  $[A]$

Spełnienie warunku samoczynnego wyłączenia w czasie nieprzekraczającym **0,2 s**, przy zabezpieczeniu bezpiecznikami topikowymi lub wyłącznikami nadprądowymi o prądzie znamionowym większym od **16 A** jest zatem w praktyce niemożliwe. Ponieważ w obwodach zasilających urządzenia przeciwpożarowe nie można stosować wyłączników różnicowoprądowych ze względu na to, że w czasie pożaru ulegająca degradacji izolacja powodowała by niekontrolowane wyłączenia zasilania, które prowadziły by do pozbawienia funkcji zasilanych urządzeń. W takiej sytuacji jedynym rozwiązaniem jest wykonanie obwodów zasilających urządzenia przeciwpożarowe w układzie zasilania **TN**. W tym celu konieczne jest galwaniczne oddzielenie tych obwodów od reszty obwodów występujących w budynku. Można to wykonać przy zastosowaniu transformatora izolacyjnego o mocy dobranej do mocy zapotrzebowanej przez zasilane odbiorniki o grupie połączeń **YNzn5**. Z punktu neutralnego uzwojenia połączonego w zygzak należy wyprowadzić i uziemić przewód PEN układu **TN**. W roli uziemienia wystarczy uziom fundamentowy obiektu budowlanego. Schemat przejścia z układu zasilania **TT** w układ **TN** stanowiący wyspę zasilania obwodów urządzeń przeciwpożarowych przedstawia **rys. 5**.



**Rys. 5:** Schemat przejścia z układu zasilania TT w układ TN do zasilania urządzeń ppoż.[2]

Przyłączenie obwodów przeciwpożarowych do transformatora oddzielającego o przekładzie  $\vartheta = 1:1$ ,

wymaga sprawdzenia skuteczności samoczynnego wyłączenia zgodnie z zasadami określonymi w normie [2]:

$$I_{k1} = \frac{U_0}{Z_{k1}} \geq I_a \quad (3)$$

W przypadku instalacji transformatora trójfazowego prąd zwarcia jednofazowego można obliczyć z wykorzystaniem metody składowych symetrycznych, szczegółowo opisanej w rozdziale 5 Poradnika Projektanta Elektryka [4]:

$$I_{k1 \min} = \frac{0,95 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n}{\sqrt{(R_k + R_{k(0)})^2 + (X_k + X_{k(0)})^2}} \geq I_a \quad (4)$$

gdzie:

$R_k$  – składowa zgodna/ przeciwna rezystancji, w  $[\Omega]$

$R_{k(0)}$  – składowa zerowa rezystancji, w  $[\Omega]$

$X_k$  – składowa zgodna/ przeciwna reaktancji, w  $[\Omega]$

$X_{k(0)}$  – składowa zerowa reaktancji, w  $[\Omega]$

**Uwaga**

*Składowa zgodna i przeciwna jest jednakowa dla wszystkich elementów statycznych poza maszynami wirującymi.*

Jeśli impedancja obwodu zwarciovego jest zdominowana przez urządzenie o stosunku  $Z_{k(0)}/Z_k$  wyraźnie mniejszym od jedności (transformator o grupie połączeń Yzn lub Dzn), to prąd zwarcia jednofazowego może okazać się większy niż prąd zwarcia trójfazowego obliczany w tym samym miejscu sieci. Jako największy spodziewany prąd zwarciovego początkowy, przyjmowany za podstawę doboru obciążalności zwarciovego urządzeń, należy wtedy przyjmować prąd  $I_{k1 \max}$ , obliczony według poniższego wzoru:

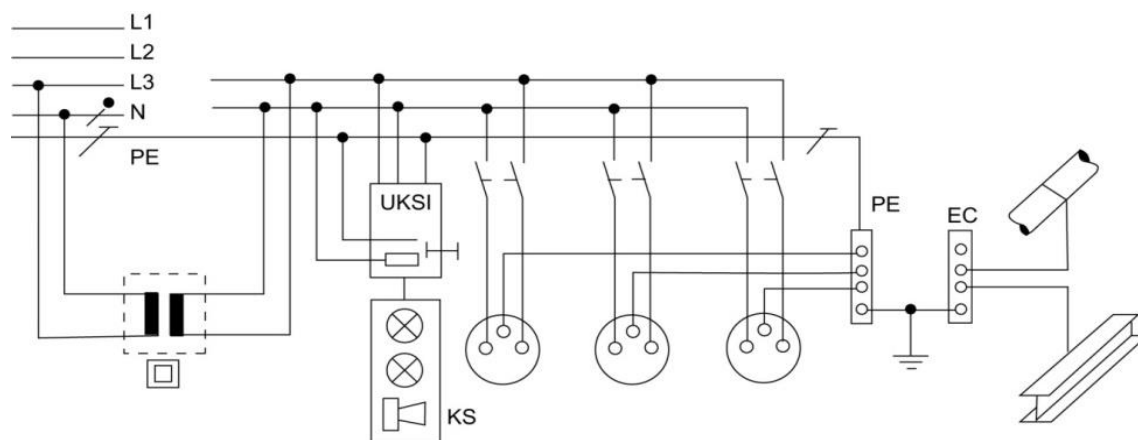
$$I_{k1 \max} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_n}{\sqrt{(R_k + R_{k(0)})^2 + (X_k + X_{k(0)})^2}} \quad (5)$$

Na podstawie uzyskanych wyników należy obliczyć prąd zwarciovego udarowy, prąd zwarciovego wyłączeniowy i prąd zwarciovego zastępczy cieplny, który jest niezbędny dla doboru zabezpieczeń. Metodykę doboru zabezpieczeń znajdzie czytelnik w rozdziale 6 Poradnika Projektanta Elektryka [4]. W przypadku małych obiektów, gdzie moc urządzeń przeciwpożarowych jest niewielka, zasadnym wydaje się zasilanie tych odbiorników w **układzie zasilania IT**. Warunkiem uzyskania skutecznej ochrony przeciwporażeniowej jest objęcie wszystkich odbiorników zasilanych, z tego samego transformatora separacyjnego, wspólnym uziemieniem. W przypadku pojedynczego zwarcia praca uszkodzonego odbiornika nie stwarza zagrożenia, a podwójne zwarcie gwarantuje przejście w **układ TN**, w którym należy spełnić następujący warunek samoczynnego wyłączenia w czasie nie dłuższym od określonego w normie **PN-HD 60364-4-41**:

$$I_{k1} = \frac{U_0}{2 \cdot \sqrt{(R_T + R_g)^2 + X^2}} \geq I_a \quad (6)$$

Najlepszym rozwiązaniem w tym przypadku jest zastosowanie jednofazowych elektromedycznych transformatorów separacyjnych wykonanych w II klasie ochronności, Schemat układu zasilania jest niemal identyczny jak układ zasilania sali operacyjnej w Bloku Operacyjnym Szpitala.

Widoczny na **rys. 6** Układ Kontroli Stanu Izolacji (UKSI) jest możliwy do wykorzystania jedynie w czasie normalnej eksploatacji. Służy on do sygnalizacji optycznej oraz akustycznej, zmniejszania się rezystancji izolacji co pozwala na szybką reakcję służb eksploatacyjnych w celu usunięcia występującego uszkodzenia. W czasie pożaru jego funkcja nie spełnia swoich zadań. Niemniej konstrukcja układu zasilania przy wystąpieniu podwójnego zwarcia powoduje automatyczne przejście układu w układ zasilania TT, co przy poprawnie dobranych przewodach oraz zabezpieczeniach umożliwia wyłączenie jednego z uszkodzonych obwodów, umożliwiając normalną pracę drugiemu uszkodzonemu odbiornikowi. Warunkiem, oprócz spełnienia wymagań określonych wzorem (2), jest stosowanie zespolonych zabezpieczeń obejmujących dwa przewody zasilające każdy z odbiorników, dzięki czemu jest zagwarantowane pełnoobwodowe wyłączenie obwodu objętego zwarcie



**Rys. 6:** Schemat instalacji ppoż. zasilanej w układzie IT

**UKSI** – układ kontroli stanu izolacji (reagujący na zmniejszenie się poziomu izolacji poniżej 50 kΩ), z przyciskiem kontrolnym, **KS** – kaseta ze wskaźnikiem świetlnym i akustycznym (lampka zielona – stan prawidłowy, lampka pomarańczowa i brzęczyk – stan awaryjny), **PE** – przewód ochronny – szyna połączeń ochronnych urządzeń elektrycznych, **EC** – szyna połączeń wyrównawczych

Bardzo dużo kontrowersji budzi przyjęte wymaganie dla warunku samoczynnego wyłączenia w układzie IT przy podwójnym zwarcie. Jeśli warunek samoczynnego wyłączenia zasilania w każdym obwodzie z osobna zaostrzy się, przyjmując dwukrotną wartość prądu wyłączającego ( $2I_a$ ) to przy dowolnej kombinacji zwarcia dwufazowego, co najmniej jedno z pobudzonych zabezpieczeń nadprądowych zadziała w wymaganym czasie. Stąd wymagania określające warunek samoczynnego wyłączenia przy podwójnym zwarcie:

- z przewodem neutralnym

$$I_k = \frac{U_0}{2 \cdot Z_S} \geq I_a$$

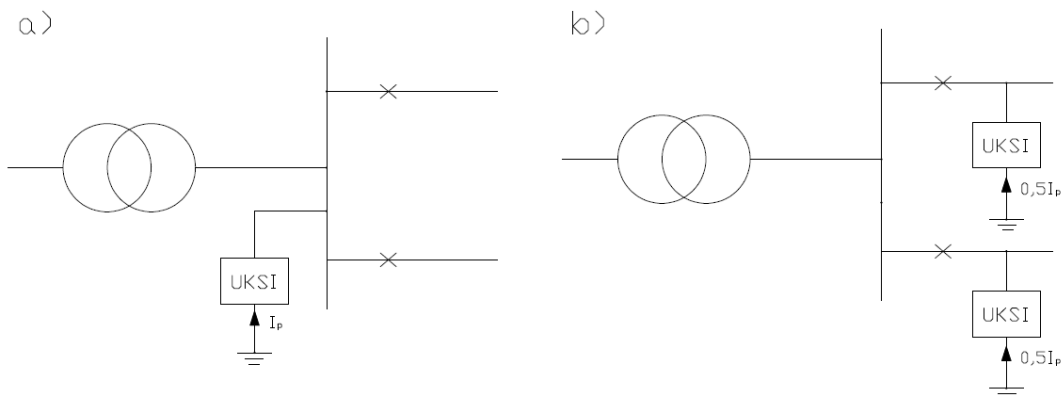
- bez przewodu neutralnego

$$I_k = \frac{U_n}{2 \cdot Z_S} \geq I_a$$

W przeciwnym przypadku należało by rozpatrywać następującą ilość przydatków, które podlegały by ocenie:

$$C = \binom{N}{2} = \frac{N!}{2!(N-2)!}$$

Przy wyspowym zasilaniu w układzie IT należy pamiętać, że dla wszystkich obwodów zasilanych z jednego transformatora należy stosować jeden wspólny UKSI. Zastosowanie UKSI w każdym obwodzie osobno jest nieoprawne i prowadzi do błędnych wskazań. Poprawne i nieoprawne przyłączenie UKSI przedstawia rys. 7.



**Rys. 7:** Poprawny sposób przyłączenia UKSI: a); niepoprawny sposób przyłączenia UKSI: b).

W obwodach ppoż. UKSI w czasie pożaru staje się nieprzydatny, co potwierdza poprawność wymagań postawionych w zakresie samoczynnego wyłączenia przy podwójnym zwarceniu.

#### Literatura:

- [1] PN-HD 60364-4-41: 2009 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-41: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed porażeniem elektrycznym.
- [2] E. Musiał – Współistnienie układów TN oraz TT: [www.epismo-aez.pl](http://www.epismo-aez.pl)
- [3] N SEP-E 005 Dobór przewodów elektrycznych do zasilania urządzeń przeciwpożarowych, których funkcjonowanie jest niezbędne w czasie pożaru.
- [4] J. Wiatr, M. Orzechowski – Poradnik Projektanta Elektryka – wydanie VI – 2021; Grupa Medium Sp. z o. o. Sp. K