

**mgr inż. Andrzej Boczkowski**  
**Stowarzyszenie Elektryków Polskich**  
**Sekcja Instalacji i Urządzeń Elektrycznych**

## **Ochrona przed prądem przetężeniowym w instalacjach elektrycznych niskiego napięcia**

Przewody łączące odbiorniki energii elektrycznej ze źródłem zasilania powinny być chronione przed skutkami prądów przetężeniowych przez urządzenia zabezpieczające, samoczynnie wyłączające zasilanie w przypadku przeciążenia lub zwarcia.

Rozróżnia się trzy rodzaje urządzeń zabezpieczających:

- urządzenia zabezpieczające jednocześnie przed prądem przeciążeniowym i przed prądem zwarciovym (zabezpieczenia przeciążeniowo-zwarciove). Tego rodzaju urządzeniami mogą być:
  - wyłączniki wyposażone w wyzwalacze przeciążeniowe i wyzwalacze zwarciove,
  - wyłączniki współpracujące z bezpiecznikami topikowymi,
  - bezpieczniki z wkładką topikową ogólnego przeznaczenia z pełnozakresową charakterystyką wyłączenia.
- urządzenia zabezpieczające tylko przed prądem przeciążeniowym (zabezpieczenia przeciążeniowe). Tego rodzaju urządzeniami mogą być:
  - wyłączniki wyposażone w wyzwalacze przeciążeniowe,
  - bezpieczniki z wkładką topikową ogólnego przeznaczenia z pełnozakresową charakterystyką wyłączenia.
- urządzenia zabezpieczające tylko przed prądem zwarciovym (zabezpieczenia zwarciove). Tego rodzaju urządzeniami mogą być:
  - wyłączniki wyposażone w wyzwalacze zwarciove,
  - bezpieczniki z wkładką topikową ogólnego przeznaczenia z pełnozakresową charakterystyką wyłączenia,
  - bezpieczniki z wkładką topikową dobezpieczeniową z niepełnozakresową charakterystyką wyłączenia.

### **Zabezpieczenia przeciążeniowe**

Zabezpieczenia przeciążeniowe powinny być tak dobrane, aby wyłączenie zasilania (przerwanie przepływu prądu przeciążeniowego) nastąpiło zanim wystąpi niebezpieczeństwo uszkodzenia izolacji, połączeń, zacisków lub otoczenia na skutek nadmiernego wzrostu temperatury.

Zabezpieczenie przeciążeniowe przewodów powinno spełniać następujące warunki:

$$I_B \leq I_n \leq I_z$$
$$I_2 \leq 1,45I_z$$

gdzie:

- $I_B$  — prąd obliczeniowy w obwodzie elektrycznym (prąd obciążenia przewodów). Przyjmuje się prąd w przewodzie liniowym lub prąd w przewodzie neutralnym, gdy potrójne harmoniczne są większe niż prąd w przewodzie liniowym.
- $I_z$  — obciążalność prądowa długotrwała przewodu,
- $I_n$  — prąd znamionowy urządzeń zabezpieczających (lub nastawiony prąd urządzeń zabezpieczających),
- $I_2$  — prąd zadziałania urządzeń zabezpieczających.

Prąd zadziałania urządzeń zabezpieczających  $I_2$  należy określać jako krotność prądu znamionowego  $I_n$  wyłącznika lub bezpiecznika według zależności:

$$I_2 = k_2 I_n$$

gdzie:

- $k_2$  — współczynnik krotności prądu powodującego zadziałanie urządzenia zabezpieczającego przyjmowany jako równy:
- 1,6 ÷ 2,1 dla wkładek bezpiecznikowych,
  - 1,45 dla wyłączników nadprądowych o charakterystyce B, C i D.

Mniejsza wartość współczynnika  $k_2$  dla wyłączników w stosunku do bezpieczników oznacza, że wyłączniki mają lepiej dopasowane charakterystyki czasowo-prądowe do zabezpieczania przewodów przed przeciążeniem, co pozwala na stosowanie przewodów o mniejszej obciążalności prądowej długotrwałej, a więc o mniejszym przekroju, przy zabezpieczaniu ich wyłącznikami nadprądowymi.

Urządzenia zabezpieczające przed przeciążeniem powinny być zainstalowane przed punktem, w którym następuje:

- zmiana przekroju przewodów na mniejszy,
- zmiana rodzaju przewodów na przewody o mniejszej obciążalności prądowej długotrwałej,
- zmiana sposobu ułożenia przewodów lub budowy instalacji, pogarszająca warunki chłodzenia.

Urządzenia zabezpieczające przewód przed przeciążeniem mogą być instalowane wzdłuż trasy tego przewodu, jeżeli na odcinku trasy pomiędzy miejscem, w którym nastąpiła zmiana (przekroju i rodzaju przewodów, sposobu ułożenia przewodów lub budowy instalacji), a miejscem umieszczenia urządzenia zabezpieczającego nie ma ani odgałęzienia, ani gniazd wtyczkowych i jest spełniony przynajmniej jeden z dwóch warunków:

- odcinek jest zabezpieczony przed zwarcie,
- długość odcinka nie przekracza 3 m i jest on tak prowadzony, aby zredukować do minimum ryzyko powstania zwarcia oraz jest tak zainstalowany, aby zredukować do minimum ryzyko powstania pożaru lub niebezpieczeństwa dla ludzi.

Zabezpieczenia przed prądem przeciążeniowym nie są wymagane w następujących przypadkach:

- przewody znajdujące się za miejscem zmniejszenia obciążalności prądowej długotrwałej (zmiana przekroju, rodzaju, sposobu ułożenia przewodów lub budowy instalacji) przewodów są skutecznie chronione przed prądem przeciążeniowym przez zabezpieczenie zainstalowane po stronie zasilania,
- w przewodach nie przewiduje się występowania prądów przeciążeniowych, a przewody te nie mają żadnych rozgałęzień, przyłączonych gniazd wtyczkowych i są skutecznie zabezpieczone przed prądami zwarciovymi,
- w złączu instalacji, w którym dystrybutor stosuje urządzenie zabezpieczające przed przeciążeniem i zgadza się aby zabezpieczało ono część instalacji między złączem a głównym punktem rozdzielczym instalacji, który jest wyposażony w kolejne zabezpieczenie przed przeciążeniem,
- w przypadku obwodów telekomunikacyjnych, sterowniczych, sygnalizacyjnych i podobnych.

Zaniechanie stosowania urządzeń zabezpieczających przed przeciążeniem jest dozwolone w przypadku następujących obwodów, w których nieoczekiwane rozłączenie mogłoby spowodować niebezpieczeństwo lub uszkodzenie:

- obwody wzbudzenia maszyn wirujących,
- obwody zasilania magnesów dźwigowych,
- obwody wtórne przekładników prądowych,
- obwody zasilające urządzenia gaszące pożar,
- obwody zasilające urządzenia bezpieczeństwa (alarm włamaniowy, alarmy gazowe, itd.)

W takich przypadkach należy rozważyć potrzebę zapewnienia alarmu przeciążeniowego.

### **Zabezpieczenia zwarciovowe**

Zabezpieczenia zwarciovowe powinny być tak dobrane, aby wyłączenie zasilania (przerwanie przepływu prądu zwarciovego) nastąpiło zanim wystąpi niebezpieczeństwo uszkodzeń cieplnych i mechanicznych w przewodach lub ich połączeniach.

Przewidywana (spodziewana) wartość prądu zwarciovego w miejscu instalowania zabezpieczeń powinna być określona metodami obliczeniowymi lub za pomocą pomiarów. Urządzenia zabezpieczające przed zwarciami powinny być zainstalowane przed punktem, w którym następuje:

- zmiana przekroju przewodów na mniejszy,
- zmiana rodzaju przewodów na przewody o mniejszej obciążalności prądowej długotrwałej,
- zmiana sposobu ułożenia przewodów lub budowy instalacji, pogarszająca warunki chłodzenia.

Dopuszcza się inne usytuowanie zabezpieczeń zwarciovych w następujących przypadkach:

- w części przewodu pomiędzy punktem zmniejszenia przekroju przewodu lub innej zmiany a miejscem usytuowania urządzenia zabezpieczającego nie powinno być żadnych obwodów odgałęźnych ani gniazd wtyczkowych, a ta część przewodu powinna:
  - nie przekraczać 3 m długości,
  - być instalowana w taki sposób, aby zredukować do minimum ryzyko powstania zwarcia,
  - nie być umieszczona w pobliżu materiałów łatwopalnych.

Przypadki te nie dotyczą instalacji znajdujących się w pomieszczeniach zagrożonych pożarem

lub wybuchem i w pewnych pomieszczeniach, dla których szczegółowe przepisy określają odrębne warunki.

Urządzenie zabezpieczające może być umieszczone po stronie zasilania zmniejszonego przekroju przewodu lub innej wprowadzonej zmiany, pod warunkiem że ma ono taką charakterystykę działania, że chroni przed zwarciami oprzewodowanie znajdujące się po stronie obciążenia.

Nie jest wymagane stosowanie zabezpieczeń zwarciovych w następujących przypadkach:

- przewody łączące prądnice, transformatory, prostowniki, baterie akumulatorowe z tablicami sterowniczymi, urządzeniami zabezpieczającymi umieszczonymi w tych tablicach,
- obwody których rozłączenie może spowodować niebezpieczeństwo dotyczące działania instalacji w przypadkach takich jakie wymieniono przy zaniechaniu stosowania urządzeń zabezpieczających przed przeciążeniem,
- niektóre obwody pomiarowe,
- złącze instalacji, w którym dystrybutor instaluje co najmniej jedno urządzenie zapewniające zabezpieczenie przed zwarciami i zgadza się, aby takie urządzenie zabezpieczało część instalacji między złączem a głównym jej punktem rozdzielczym, w którym jest ustalone dalsze zabezpieczenie zwarciovowe.

Przypadki te mogą być brane pod uwagę jeżeli oprzewodowanie jest wykonane w ten sposób, aby zredukować do minimum ryzyko powstania zwarcia oraz nie jest ono zlokalizowane w pobliżu materiałów łatwopalnych.

Znamionowa zdolność wyłączania urządzeń zabezpieczających nie powinna być mniejsza niż spodziewany maksymalny prąd zwarcia w miejscu zainstalowania urządzenia.

Mniejsza znamionowa zdolność wyłączania jest dopuszczalna, jeżeli po stronie zasilania jest zainstalowane inne urządzenie zabezpieczające, mające niezbędną zdolność wyłączania. W tym przypadku, charakterystyki urządzeń powinny być skoordynowane tak, aby energia przepływająca przez te dwa urządzenia nie przekraczała tej, którą mogą wytrzymać bez uszkodzenia zarówno urządzenia po stronie obciążenia, jak i przewody chronione przez to urządzenie.

Czas przerwania przepływu prądu zwarciovego powinien być taki, aby temperatura przewodów nie przekroczyła wartości dopuszczalnej temperatury granicznej, jaką mogą osiągnąć przewody przy zwarciu.

Dla prądów zwarciovych o czasie trwania nie przekraczającym 5 s, czas potrzebny do podwyższenia temperatury przewodu od temperatury dopuszczalnej długotrwale do temperatury granicznej dopuszczalnej przy zwarciu, można w przybliżeniu obliczyć ze wzoru:

$$t = \left( k \cdot \frac{S}{I} \right)^2$$

gdzie:

- $t$  — czas trwania zwarcia w sekundach,
- $S$  — przekrój przewodu w mm<sup>2</sup>,
- $I$  — wartość skuteczna prądu zwarciovego w A,
- $k$  — współczynnik liczbowy o wartości podanej w tablicy, odpowiadający jednosekundowej dopuszczalnej gęstości prądu podczas zwarcia, uwzględniający rezystywność, współczynnik temperaturowy i pojemność

cieplną materiału przewodu, odpowiednią temperaturę początkową i końcową,

**Tablica Wartość współczynnika k przewodów**

Właściwości	Rodzaj izolacji przewodu							
	PVC Termoplastyczny		PVC Termoplastyczny 90 °C		EPR XLPE Termoutwardzalny	Guma 60 °C Termoutwardzalny	Mineralna	
	≤ 300	> 300	≤ 300	> 300			z powłoką	bez powłoki
Przekrój przewodu mm <sup>2</sup>								
Temperatura początkowa °C	70		90		90	60	70	105
Temperatura końcowa °C	160	140	160	140	250	200	160	250
Materiał przewodu:								
Miedź	115	103	100	86	143	141	115	135 - 115 <sup>a</sup>
Aluminium	76	68	66	57	94	93	-	-
Połączenia cynowe w przewodach miedzianych	115	-	-	-	-	-	-	-
<sup>a</sup> Ta wartość powinna być stosowana do dostępnych przewodów gołych								
<p>Uwaga 1 Inne wartości k są rozpatrywane w odniesieniu do:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- drobnych przewodów (szczególnie dla przekroju o powierzchni mniejszej niż 10 mm<sup>2</sup>);</li> <li>- innych typów połączeń w przewodach;</li> <li>- przewodów gołych.</li> </ul> <p>Uwaga 2 Nominalny prąd zabezpieczeń zwarciovych może być większy niż obciążalność prądowa kabla.</p> <p>Uwaga 3 Powyższe współczynniki są oparte na IEC 60724</p> <p>Uwaga 4 Patrz załącznik A do HD 60364-5-54 dotyczący metody obliczania współczynnika k.</p>								

Dla czasów działania urządzeń zabezpieczających, mniejszych od 0,1 s, gdy asymetria prądu jest znaczna, i dla prądu granicznego urządzenia, iloczyn  $k^2 S^2$  powinien mieć wartość większą od wartości energii  $I^2 t$ , którą według producenta może przenieść urządzenie zabezpieczające.

### **Zabezpieczenia przeciążeniowo-zwarciove**

Zabezpieczenia przeciążeniowo-zwarciove mogą być wykonane dwoma sposobami:

- przez wspólne urządzenie. Jeżeli zabezpieczenie przed prądem przeciążeniowym ma zdolność przerywania przepływu prądu o wartości nie mniejszej od wartości spodziewanego prądu zwarciovego, mogącego wystąpić w miejscu wymaganego zainstalowania zabezpieczenia zwarciovego, to może być ono traktowane jako zabezpieczenie przed prądem zwarciowym przewodów znajdujących się za tym zabezpieczeniem, patrząc od strony zasilania,
- przez osobne urządzenia. Wymagania dotyczące zabezpieczeń przeciążeniowych i zabezpieczeń zwarciowych powinny mieć tak skoordynowane charakterystyki, aby energia przenoszona przez zabezpieczenie zwarciove, nie przekraczała energii, którą może bez uszkodzenia wytrzymać zabezpieczenie przeciążeniowe.

### **Zabezpieczenia przewodów liniowych**

Zabezpieczenie przed prądem przetężeniowym powinno być stosowane we wszystkich przewodach liniowych i w zasadzie powinno przerywać prąd tylko w przewodzie, w którym przetężenie wystąpiło.

Przerywanie prądu we wszystkich przewodach liniowych jest wymagane w przypadkach, gdy przerwa prądu w jednym przewodzie może spowodować powstanie zagrożenia, np. w przypadku silników trójfazowych.

### **Zabezpieczenie przewodu neutralnego N w układzie sieci TT i TN**

Jeżeli przekrój przewodu neutralnego N jest co najmniej równoważny przekrojowi przewodów liniowych i spodziewany prąd w przewodzie neutralnym nie przekroczy wartości prądu w przewodach liniowych, nie jest konieczne wykrywanie przeciążeń w przewodzie neutralnym ani instalowanie urządzeń wyłączających ten przewód.

Jeżeli przekrój przewodu neutralnego N jest mniejszy niż przekrój przewodów liniowych, jest konieczne instalowanie urządzenia wykrywającego przeciążenie w przewodzie neutralnym, dostosowanego do przekroju tego przewodu, a to wykrycie powinno spowodować wyłączenie przewodów liniowych, lecz nie konieczne przewodu neutralnego.

W obydwu przypadkach przewód neutralny powinien być zabezpieczony przed prądem zwarciowym. Zabezpieczenie to może być zrealizowane przez zabezpieczenie przetężeniowe w przewodach liniowych. W tym przypadku nie jest konieczne stosowanie zabezpieczenia przetężeniowego w przewodzie neutralnym ani urządzenia wyłączającego ten przewód.

Wykrywanie przeciążenia przewodu neutralnego powinno być zapewnione w wielofazowym obwodzie, w którym zawartość harmonicznych prądów liniowych jest taka, że spodziewane jest przekroczenie obciążalności prądowej przewodu neutralnego. Wykrywanie przeciążenia powinno być kompatybilne z charakterem prądu w przewodzie neutralnym i powinno spowodować rozłączenie przewodów liniowych, ale niekonieczne przewodu neutralnego.

## **Rozłączanie i załączanie przewodu neutralnego**

Jeżeli przewiduje się rozłączanie i załączanie przewodu neutralnego, to rozłączanie przewodu neutralnego nie powinno nastąpić wcześniej niż przewodów fazowych, a załączanie przewodu neutralnego powinno nastąpić jednocześnie lub wcześniej niż przewodów fazowych.

## **Selektywność (wybiórczość) zabezpieczeń**

Urządzenia zabezpieczające powinny działać w sposób selektywny (wybiórczy), to znaczy w przypadku uszkodzeń wywołujących przetężenie powinno działać tylko jedno zabezpieczenie, zainstalowane najbliżej miejsca uszkodzenia w kierunku źródła zasilania. Działanie zabezpieczenia powinno spowodować wyłączenie uszkodzonego odbiornika lub obwodu, zachowując ciągłość zasilania odbiorników i obwodów nieuszkodzonych. Zabezpieczenia przetężeniowe działają selektywnie (wybiórczo), jeżeli ich pasmowe charakterystyki czasowo-prądowe nie przecinają się ani nie mają wspólnych obszarów działania.

## **Literatura**

- Boczkowski A., Siemek S., Wiaderek B.: Nowoczesne elementy zabezpieczeń i środki ochrony przeciwporażeniowej w instalacjach elektrycznych do 1 kV. Wskazówki do projektowania i montażu. Warszawa COBR „Elektromontaż” 1992.
- Boczkowski A., Cendrowski St., Giera M., Lenartowicz R.: Instalacje elektryczne. Warunki techniczne z komentarzami. Wymagania odbioru i eksploatacji. Przepisy prawne i normy. Wydanie III. Warszawa, COBO-Profil 1999.
- Boczkowski A.: Wymagania techniczne dla instalacji elektrycznych niskiego napięcia w budynkach. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2008.
- Gąsowski H., Jabłoński W., Niestępski S., Wolski A.: Komentarz do normy PN-IEC 60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”. Tom 1. Warszawa, COSIW SEP, 2001.
- Jabłoński W., Niestępski S., Wolski A.: Komentarz do normy PN-IEC 60364 „Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych”. Tom 2. Warszawa, COSIW SEP 2004.
- Markiewicz H.: Instalacje elektryczne. Wydanie VIII. Warszawa, WNT 2008.
- Instalacje elektryczne i teletechniczne. Poradnik monterów i inżynierów elektryków. Warszawa, Verlag Dashofer. Książka systematycznie aktualizowana.
- Modernizacja instalacji elektrycznych w budynkach mieszkalnych. Wytyczne projektowania. Wrocław, PCPM 2006.
- Wiatr J., Orzechowski M.: Poradnik projektanta elektryka. Wydanie V. Warszawa, Dom Wydawniczy Medium 2012.
- PN-HD 60364-4-43:2012 Instalacje elektryczne niskiego napięcia. Część 4-43. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym.
- PN-IEC 60364-4-473:1999 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Stosowanie środków ochrony zapewniających bezpieczeństwo. Środki ochrony przed prądem przetężeniowym.
- PN-IEC 60364-5-523:2001 Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Dobór i montaż wyposażenia elektrycznego. Obciążalność prądowa długotrwała

przewodów.

- N SEP-E-002 Norma SEP. Instalacje elektryczne w obiektach budowlanych. Instalacje elektryczne w obiektach mieszkalnych. Podstawy planowania.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75 z 2002 r., poz. 690; Dz. U. nr 33 z 2003 r., poz. 270; Dz. U. nr 109 z 2004 r., poz. 1156; Dz. U. nr 201 z 2008 r., poz. 1238; Dz. U. nr 228 z 2008 r., poz. 1514; Dz. U. nr 56 z 2009 r., poz. 461; Dz. U. nr 239 z 2010 r., poz.1597; Dz. U. z 2012 r., poz. 1289).