

Nowe bezpieczniki topikowe o charakterystyce szybkiej gF firmy ETI Polam

Roman Kłopotcki

Prawidłowo dobrane bezpieczniki topikowe stanowią jeden z najważniejszych warunków bezpiecznego użytkowania i nadzoru instalacji elektrycznej. W artykule opisano nowe rozwiązanie firmy ETI Polam dla instalacji przemysłowych – bezpieczniki topikowe niskostratne, o charakterystyce czasowo-prądowej szybkiej – gF. Innowacją tej konstrukcji wkładek są ich elektryczne parametry użytkowe, szczególnie współczynnik k o niskiej wartości.

Wkładki topikowe przemysłowej konstrukcji i wielkości wymiarowych WT-1 i WT-00 o charakterystyce szybkiej gF są przeznaczone do zabezpieczania przewodów instalacji elektroenergetycznych przed prądami przeciążeniowymi i zwarciovymi. Są to aparaty zabezpieczające, które powinny być obsługiwane tylko przez osoby upoważnione, ponieważ nie posiadają technicznych rozwiązań uniemożliwiających ich zamianę w podstawach bezpiecznikowych. Znamionowa zdolność zwarciovą wkładek topikowych szybkich o charakterystyce gF wynosi 110 kA.

Charakterystyka gF

Charakterystyka czasowo-prądowa szybka (t-I) wkładek gF opisana jest dwiema literami, z których:

- g – oznacza zakres zdolności wyłączenia wkładki. Wkładka ogólnego stosowania, której zdolność wyłączenia zawarta jest poczynając od prądu przepalającego element topikowy w ciągu jednej godziny, aż do znamionowej zdolności wyłączenia włącznie,
- F – oznacza kategorię użytkowania wkładki.

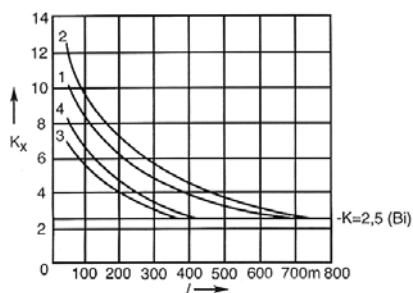
Przedstawione charakterystyki poszczególnych prądów znamionowych wkładek szybkich gF mają postać pasmową. Każda charakterystyka (rys. 3) jest ograniczona dwiema krzywymi: od dołu – linią najmniejszych czasów przedłukowych t_p , od

góry – linią największych czasów wyłączenia t_w . Zaznaczona na osi odciętych wartość prądu I_{nf} – jest to probierczy dolny ($1,25 I_n$) prąd graniczny, który nie powoduje przepalenia elementu topikowego wkładki w czasie 1 h. Linia pionowa odpowiadająca wartości I_{nf} jest asymptotą ograniczającą charakterystykę pasmową wkładki topikowej. Wśród charakterystycznych wartości prądu istnieje jeszcze prąd probierczy górny I_f – który musi przepalić topik wkładki w czasie krótszym niż 1 h. Jego wartość wynosi $I_f = 1,6 I_n$. W czasie projektowania instalacji elektroenergetycznych należy posługiwać się charakterystykami czasowo-prądowymi pasmowymi bezpieczników, odczytując wartości prądów z górnej krzywej charaktery-

styki, czyli maksymalne prądy wyłączenia. Wartości te w sieci 230 / 400 V do ochrony przed dotykiem pośrednim za pomocą samoczynnego wyłączenia zasilania, powinny być odczytane dla czasów nie dłuższych niż 5 s, 0,4 s, i 0,2 s. Wartości te są odczytane z charakterystyki pasmowej i przedstawione w tabeli nr 1.



Rys. 1. Dwie wielkości bezpieczników topikowych niskostratnych, o charakterystyce czasowo-prądowej szybkiej – gF



Rys. 2. Zależność $k = f(I)$ dla sieci:

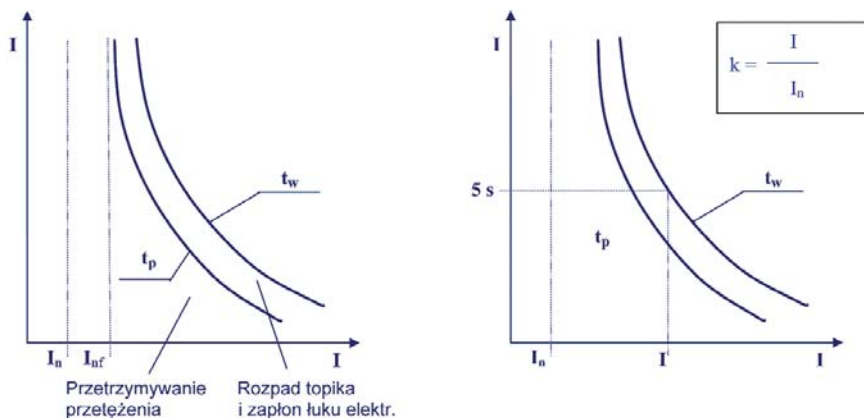
1. $I_{bn} = 63 \text{ A}$, $S_{Tr} = 63 \text{ kVA}$,
2. $I_{bn} = 63 \text{ A}$, $S_{Tr} = 160 \text{ kVA}$,
3. $I_{bn} = 100 \text{ A}$, $S_{Tr} = 63 \text{ kVA}$,
4. $I_{bn} = 100 \text{ A}$, $S_{Tr} = 160 \text{ kVA}$

Współczynnik k

Bardzo ważnym parametrem określającym przydatność wkładki o charakterystyce gF do zabezpieczania obwodu jest jej współczynnik – k (rys. 2). Jest to krotność prądu znamionowego wkładki topikowej, przy którym czas jej wyłączenia jest krótszy od 5 s. Jak widać na charakterystykach oraz w tabeli nr 1, wszystkie wkładki topikowe o charakterystyce szybkiej gF posiadają bardzo niski współczynnik $k_{maks.} < 2,5$

dla prądów znamionowych 20 A do 100 A i $k_{maks.} < 3$ dla prądów od 125 do 250 A. Rzeczywista wartość współczynnika wynosi $k = 2,1 - 2,5$.

Oznacza to, że wkładka topikowa wyłączy prąd zwarciový nie większy niż $(2,1 - 2,5) I_n$ w czasie krótszym niż 5 s. Jest to niezwykle istotne przy zabezpieczaniu sieci elektrycznych długich (np. wiejskich) z przewodami o małych przekrojach, z transformatorami o niskich mocach zwarciových, gdzie prądy zwarciové w miejscu dość odległym od punktu zasilania osiągają wartość niewiele większą od prądu znamionowego wkładek topikowych, które tę linię zabezpieczają. Takich prądów zwarciových wkładka topikowa o charakterystyce gG lub innej, o większym współczynniku k niż 2,5, może nie wyłączyć, a przez to nie zapewni skutecznej ochrony przeciwporażeniowej. Obszar zasilania przez stację transformatorową jest związany z kryterium doboru przekroju przewodów na skuteczność zerowania (tzw. szybkie wyłączenie). Jako zabezpie-



Rys. 3. Charakterystyka t-I pasmowa bezpiecznika topikowego i graficzna interpretacja współczynnika k

Tabela 1. Największe prądy wyłączenia wkładek dla czasów – 0,2 s, 0,4 s, 5 s, oraz wartości współczynników k

I_n	I_{max} dla $t \leq n \times \text{godz.}(I_2)$			I_{max} dla 0,2 s		I_{max} dla 0,4s		I_{max} dla 5s		I_{max} dla $t \leq n \times \text{godz.}(I_2)$		
	A	Godz.	1,6	A	k	A	k	A	k	A	s	k
20	32	1	1,6	85	4,2	74	3,7	50	2,5	40	18	2
25	40	1		110	4,4	93	3,7	62,5	2,5	50	13	
32	51,2	1		140	4,3	120	3,7	80	2,5	64	10	
40	64	1		160	4,0	145	3,7	100	2,5	80	5	
50	80	1		220	4,4	190	3,8	125	2,5	100	30	
63	100,8	1		270	4,3	230	3,6	157,5	2,5	126	10	
80	128	2		380	4,7	320	4,0	200	2,5	160	90	
100	160	2		495	4,9	405	4,0	250	2,5	200	400	
125	200	2		600	4,8	520	4,1	365	2,9	250	33	
160	256	2		730	4,5	660	4,1	465	2,9	320	180	
200	320	3	950	4,7	830	4,1	600	3,0	400	55		
250	400	3	1460	5,8	1230	4,9	742	2,9	500	200		

Tabela 2. Wartości całek Joule'a (przedłukowych i wyłączenia) i strat mocy ΔP

In	00			1		
	ΔP	$I^2 t_p$	$I^2 t_c$	ΔP	$I^2 t_p$	$I^2 t_c$
A	W	A ² s	A ² s	W	A ² s	A ² s
20	4,2	390	820	4,7	390	820
25	4,5	640	1210	5,6	640	1210
32	6,0	820	2500	6,6	820	2500
40	7,4	1210	4000	8,5	1210	4000
50	8,3	2500	5750	9,6	2500	5750
63	11,3	4000	9000	12,6	4000	9000
80	15,1	5750	13700	13,5	5750	13700
100	17,8	9000	21200	16,2	9000	21200
125	19,0	13700	36000	19,0	13700	36000
160				23,2	21200	64000
200				24,0	36000	104000
250				30,0	64000	185000

czenie obwodów stosuje się bezpieczniki topikowe i one narzucają długość obwodu linii niskiego napięcia, a zarazem obszar objęty jedną stacją transformatorową. Wiąże się to bezpośrednio z kosztami elektryfikacji lub kapitalnego remontu sieci, zwłaszcza, że do każdej nowej stacji transformatorowej trzeba zbudować odcinek linii średniego napięcia o długości około 500 m. Zastosowanie bezpieczników topikowych szybkich o współczynniku k większym od 2,5, tzn. na poziomie 3,5 – 4,5, oznacza zwiększenie prądów szybkiego wyłączenia, a tym samym skracanie czasów wyłączenia zwarć w sieciach niskiego napięcia. To z kolei pro-

wadzi do skrócenia zabezpieczanych obwodów i znacznego zwiększania kosztów budowy sieci lub ich remontu. Na wykresie (rys. 2) pokazano zależność prądu zwarcia jednofazowego (dokładniej – stosunku do prądu znamionowego bezpiecznika) od długości obwodu dla transformatora o mocy $Q_{tr} = 160$ kVA i przekroju przewodu $S_{Al} = \text{mm}^2$ i $I_{bn} = 100$ A. Z powyższego wykresu wyraźnie widać, jak zwiększenie współczynnika k bezpiecznika wpływa na skrócenie zabezpieczanych obwodów. Przykładowo zwiększenie współczynnika k z 2,5 do 4 ($I_{bn} = 100$ A) powoduje skrócenie obwodu z 420 m do około 250 m.

Norma N-SEP-E-001

Obecnie obowiązuje norma N-SEP-E-001 – Sieci elektroenergetyczne niskiego napięcia. Ochrona przeciwporażeniowa. Regulacja ta wprowadziła nowe wymagania stawiane środkom ochrony przy uszkodzeniu (przy dotyku pośrednim) w liniach pracujących w układzie TN. W punkcie 10.3 w/w normy dopuszcza się czas samoczynnego wyłączenia zwarć doziemnych w liniach niskiego napięcia dłuższy od 5 s, jeżeli spełnione będą dwa warunki. Jednym z nich jest, aby prąd wyłączający zabezpieczenia był równy co najmniej 2-krotnej wartości prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej. Oznacza to jeszcze niższy współczynnik $k = 2$.

Wartości współczynników k , oraz największych prądów zadziałania wszystkich prądów znamionowych bezpieczników o charakterystyce gF podano w tabeli nr. 1

Całka Joule'a $I^2 t$ wkładek topikowych gF

Całka Joule'a wkładki topikowej jest miarą energii cieplnej (A²s) wydzielanej w obwodzie dotkniętym zwarcie:

$$E_c = \int_0^{t_c} i_c^2 dt$$

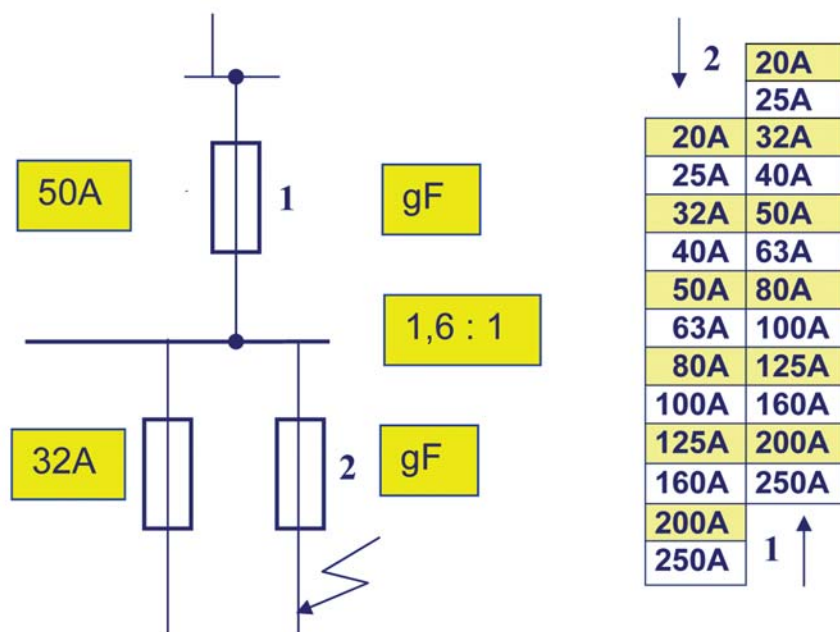
Energia ta przepływa przez bezpiecznik i pozostałe zabezpieczone elementy obwodu. Bezpiecznik decyduje zarówno o czasie likwidacji zwarcia t_c , jak i o przebiegu prądu zwarciego. Tabela 2 przedstawia wartości cieplnych całek Joule'a wkładek o charakterystyce gF:

- $I^2 t_p$ w czasie przedłukowym (czas przetrzymywania przetężenia) – do czasu zapalenia się łuku elektrycznego na elemencie topikowym wkładki,
- $I^2 t_w$ w czasie wyłączenia (czas rozpadu topika i zapłonu łuku elektrycznego) – do czasu całkowitego wyłączenia zwarcia przez wkładkę.

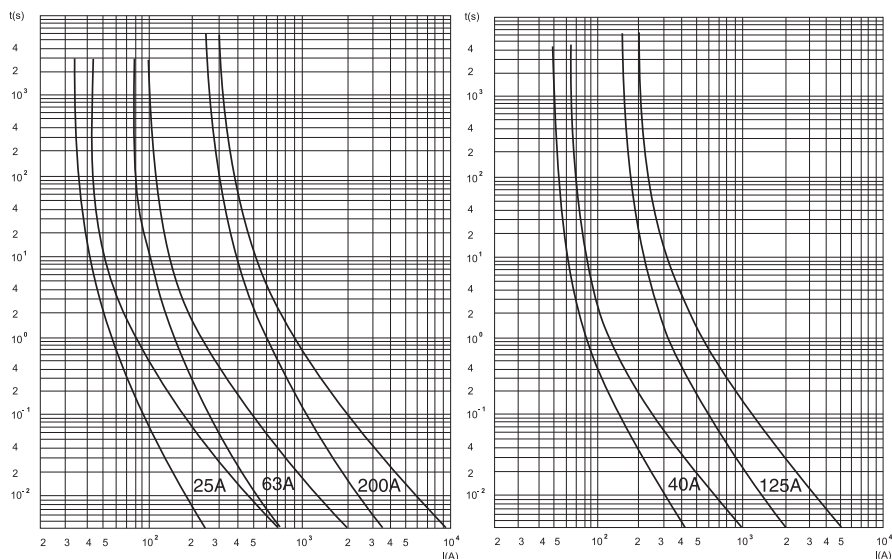
Element topikowy wkładki zawiera w swojej geometrii kilka przewężeń – miejsc o zmniejszonym przekroju poprzecznym, przygotowanych do jego przepalenia. Przekrój poprzeczny elementu topikowego S_z w miejscach przewężeń, odpowiada jego całce Joule'a przedłukowej i decyduje o zdolności ograniczania prądu zwarcia przez bezpiecznik.

$$\int_0^{t_p} i_c^2 dt = S_z^2 K$$

K – jest parametrem stałym, stałą Meyera, która charakteryzuje właściwości fi-



Rys. 4. Warunek wybiórczości zwarciowej jest spełniony, jeżeli cieplna całka Joule'a wyłączenia $I^2 t_w$ wkładki, która powinna wyłączyć – 2 jest równa cieplnej całce Joule'a przedłukowej wkładki, która powinna przetrzymać zwarcie – 1



Rys. 5. Przykładowe charakterystyki czasowo-prądowe t-I wkładek topikowych gF

zyczne metalowej taśmy topika (miedzi lub srebra). Ciepłna całka Joule’a bezpiecznika dobrze nadaje się do analizy zwarciowej selektywności zabezpieczeń, tj. dla czasów krótszych niż 0,1 s.

Koordinacja zabezpieczeń topikowych o charakterystyce szybkiej – gF

Zabezpieczenia topikowe o różnych prądach znamionowych i wielkościach pracują najczęściej w instalacji elektroenergetycznej połączone szeregowo (rys. 4). Wybiórcza współpraca zabezpieczeń jest w pełni zapewniona wtedy i tylko wtedy, gdy spośród bezpieczników dotkniętych zwarcie lub przeciążeniem wyłączy bezpiecznik zainstalowany najbliżej przy miejscu zakłócenia, wyłączając tylko uszkodzony odcinek sieci, przy zapewnieniu ciągłości zasilania innych obwodów. Wymóg wybiórczej współpracy zabezpieczeń wynika z norm IEC (np. IEC 269-2, IEC 269-1). Dwa bezpieczniki o tej samej charakterystyce współpracują wybiórczo, jeżeli stosunek ich prądów znamionowych jest równy 1,6, przy czym wartości prądów znamionowych muszą rosnać w kierunku zasilania.

Powyższy warunek jest spełniony dzięki wspomnianej powyżej konstrukcji elementów topikowych wkładek, gwarantujących wymagane wartości całek Joule’a. Warunek wybiórczości zwarciowej jest spełniony, jeżeli ciepłna całka Joule’a wyłączenia $I^2 t_w$ wkładki, która powinna wyłączyć – 2 jest równa ciepłnej całce Joule’a przedłukowej wkładki, która powinna przetrzymać zwarcie – 1. Pokazano to w tabeli 2. Ukośnymi liniami porównano odpowiednie wartości całek Joule’a wkładek, których prądy znamionowe znajdują się w stosunku 1,6.

Graficzna ilustracja powyższego warunku jest przedstawiona na rysunku 4.

W przypadku, gdy szeregowo połączone wkładki topikowe posiadają inne charakterystyki wyłączenia $t - I$ niż gF, ich wybiórcza współpraca jest również możliwa, ale musi być zachowany stosunek ich prądów znamionowych, jak pokazano w tabeli 3.

inż. Roman Kłopotcki
Autor jest pracownikiem firmy ETI Polam



Tabela 3. Przykłady możliwości współpracy wybiórczej wkładek o różnych charakterystykach

Wkładka 2	Wkładka 1	I_{n2} / I_{n1}
gF	gG	1 : 1
gG	gG	1 : 1,6
gG	gF	1 : 2,5
aM	gG	1 : 3



KONTAKT

ETI-Polam Sp. z o.o.

ul. Jana Pawła II 18
06-100 Pułtusk
tel. (23) 691 93 00
fax (23) 692 32 12
e-mail: etipolam@etipolam.com.pl
www.etipolam.com.pl