

Dobór wkładek bezpiecznikowych stosowanych w zakładach górniczych jako zabezpieczenia przed skutkami zwarć i przeciążeń w instalacjach elektrycznych o napięciu znamionowym do 1 kV

mgr inż. Arkadiusz ADAMEK
Wyższy Urząd Górniczy w Katowicach
mgr inż. Andrzej BAUERER
inż. Janusz STAWIARSKI
Ośrodek Pomiarów i Automatyki S.A. w Zabrze

TREŚĆ: Obowiązujące przepisy [9] dotyczące prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych nakładają obowiązek wykonania doboru nastaw zabezpieczeń przed skutkami zwarć i przeciążeń w instalacjach elektroenergetycznych zgodnie z wymaganiami Polskich Norm. Dotyczy to również wkładek bezpiecznikowych w przypadku ich zastosowania w instalacjach elektrycznych. W artykule przedstawiono analizę porównawczą wymagań grupy norm górniczych PN-G-***, dotyczących instalacji elektrycznych w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, z normami elektrycznymi: PN-EN 50628:2016 [8] i PN-HD 60364-4-43:2024-04 [5], wprowadzającymi normy europejskie do stosowania w Polsce. Normy górnicze oraz normy elektryczne określają różne wymagania dotyczące tych samych zagadnień.

SŁOWA KLUCZOWE: instalacja elektryczna, wkładka bezpiecznikowa, bezpiecznik topikowy, charakterystyka czasowo-prądowa, zdolność wyłączenia

Bezpieczniki topikowe (wkładki bezpiecznikowe) są stosowanym powszechnie w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych rodzajem zabezpieczeń chroniącym instalację elektryczną do 1 kV przed skutkami zwarć i przeciążeń. Ze względu na ograniczoną przydatność jako zabezpieczeń chroniących przed skutkami przeciążeń są używane głównie do zabezpieczania przed skutkami zwarć silników i innych odbiorników: transformatorów, przekształtników i urządzeń rozdzielczych oraz kabli i przewodów. Są one łącznikami jednorazowego działania, przeznaczonymi do samoczynnego wyłączenia obwodów i odbiorników w przypadku przepływu prądów o wartościach większych niż prądy znamionowe wkładek bezpiecznikowych po upływie czasu zależnego od wartości prądu i typu wkładki bezpiecznikowej.

Charakterystyki czasowo-prądowe obecnie produkowanych wkładek bezpiecznikowych są odpowiednio kształtowane i dopasowane do konkretnych zastosowań. Bezpieczniki topikowe potrafią silnie ograniczyć prądy

zwarceniowe w instalacjach elektrycznych, w których są stosowane, zapewniając dużą zdolność wyłączenia z jednoczesnym zagwarantowaniem selektywności działania na kolejnych stopniach zabezpieczeń.

Aktualnie w zakładach górniczych stosowane są bezpieczniki topikowe, które producenci opisują klasą wkładki. Klasa wkładki bezpiecznikowej określa typ charakterystyki czasowo-prądowej bezpiecznika topikowego.

W przypadku bezpieczników topikowych do 1 kV zgodnie z normami [1, 2] klasa wkładki bezpiecznikowej jest scharakteryzowana dwiema literami, z których pierwsza oznacza zakres zdolności wyłączenia:

g – wkładka o pełnozakresowej zdolności wyłączenia, zdolna wyłączyć każdy prąd przetapiający topik, której zakres zdolności wyłączenia jest gwarantowany, począwszy od prądu przetapiającego topik w ciągu 1 h, co jest sprawdzane w trakcie badań, do znamionowego prądu wyłączalnego,

► Tab. 1. Dobór prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej w zależności od dopuszczalnej obciążalności przewodu elektroenergetycznego oraz stopnia niebezpieczeństwa wybuchu metanu podziemnego wyrobiska zakładu górniczego

► Table 1. Selection of the rated current of the fuse link depending on the permissible load capacity of the power cable and the degree of methane explosion hazard in the underground workings of the mining plant

Obciążalność długotrwała przewodu elektroenergetycznego co najmniej I_{dd} [A]	Pomieszczenia w polach niemetanowych i pomieszczenia ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu	7	12	19	24	30	38	41	47	59	74	94	118	147	188	236	295	372
	Pomieszczenia ze stopniem „b” i „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu	10	16	25	30	38	47	51	58	73	91	116	145	181	231	289	361	455
Największy dopuszczalny prąd znamionowy wkładki topikowej I_{nb} [A]		6	10	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315

a – wkładka o niepełnozakresowej zdolności wyłączania, tzn. taka, która wyłącza poprawnie prąd zawarty między najmniejszym prądem wyłączalnym I_{nwmin} (np. $4 \cdot I_{bn}$ – 4-krotność prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej) a prądem równym znamionowej zdolności wyłączania wkładki; nie gwarantuje ona poprawnego wyłączania małych prądów przeciążeniowych i w zasadzie powinien jej towarzyszyć w obwodzie aparat, stycznik z zabezpieczeniem przeciążeniowym, przejmujący to zadanie;

zaś druga litera kategorii użytkowania:

G – wkładka ogólnego przeznaczenia, do zabezpieczania przewodów, o charakterystyce czasowo-prądowej odpowiadającej dawnym wkładkom zwłocznym,

F – wkładka o charakterystyce szybkiej, wycofana z normalizacji międzynarodowej IEC oraz europejskiej EN, traktowana jako wykonanie przejściowe. W Polsce wkładki o charakterystyce szybkiej są nadal produkowane w oparciu o Polską Normę [3] bądź zakładowe warunki techniczne,

M – wkładka do zabezpieczania silników i urządzeń rozdzielczych,

R, S – wkładka do zabezpieczania prostowników lub urządzeń półprzewodnikowych,

Tr – wkładka do zabezpieczania transformatorów,

PV – wkładka do zabezpieczania paneli fotowoltaicznych,

Bat – wkładka do zabezpieczania baterii i systemów magazynowania energii w bateriach,

B – wkładka do zabezpieczania urządzeń w podziemiach kopalń.

Dobierając klasę wkładki bezpiecznikowej, trzeba kierować się informacjami, jakie niosą oba człony oznaczenia. W górnictwie wkładkę typu *a* używa się w obwodach, w których zastosowany jest rozrusznik (wyłącznik) stycznikowy z zabezpieczeniem przeciążeniowym i zwarciovym, a prądy mniejsze niż najmniejszy prąd wyłączalny zastosowanej wkładki wyłącza zabezpieczenie przeciążeniowe, zanim dojdzie do przetopienia topika wkładki bezpiecznikowej. Wkładkę typu *a*

stosuje się w obwodzie, aby ograniczyć prąd zwarciovym w celu ochrony aparatury, w tym stycznika, przed uszkodzeniem. Jeśli w obwodzie nie ma zabezpieczenia zwarciovego lub/i przeciążeniowego kabla lub przewodu, to należy stosować wkładkę ogólnego zastosowania typu *g*.

Dostępne na polskim rynku wkładki bezpiecznikowe mogą mieć inne oznaczenia zgodne z wcześniej stosowanymi oznaczeniami, takie jak: Bi-Wts – wkładka o działaniu szybkim, Bi-Wtz – wkładka o działaniu zwłocznym, Btp – wkładka o działaniu bardzo szybkim do zabezpieczeń urządzeń energoelektronicznych.

Bezpiecznik topikowy jako zabezpieczenie chroniące przed skutkami przeciążeń instalację elektryczną do 1 kV

W normie [4], stosowanej przy projektowaniu i eksploatacji zabezpieczeń elektroenergetycznych w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych, przewidziano wykorzystanie wkładek bezpiecznikowych jako zabezpieczeń chroniących linie kablowe o napięciu znamionowym nieprzekraczającym 1 kV przed skutkami przeciążeń. Dobór prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej w zależności od dopuszczalnej obciążalności przewodu elektroenergetycznego oraz stopnia niebezpieczeństwa wybuchu metanu zabezpieczanej strefy przedstawiono w tab. 1.

Jako zabezpieczenie od skutków przeciążeń kabli i przewodów stosowanych w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych mogą być stosowane wyłącznie wkładki bezpiecznikowe o pełnozakresowej zdolności wyłączania: gB, gF, gG.

W normie [5], powszechnie stosowanej w instalacjach elektrycznych niepodlegających przepisom górnictwa, zawarta jest procedura doboru prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej jako zabezpieczenia od skutków przeciążeń w instalacjach elektrycznych, która uwzględnia dodatkowo wymaganą skuteczność zabezpieczenia. Norma [5] określa dwa warunki dla

urządzenia zabezpieczającego przed skutkami przeciążeń: obciążalność długotrwała przewodu I_z (I_{dd}) powinna być nie mniejsza niż prąd znamionowy lub prąd nastawczy I_n aparatu stanowiącego zabezpieczenie przeciążeniowe; a ten z kolei, aby zapobiec zbędnym działaniom, powinien być nie mniejszy niż obliczeniowy prąd szczytowy obwodu I_B :

$$I_z \geq I_n \geq I_B \quad (1)$$

$$1,45 * I_z \geq I_2 \geq k_2 * I_n \text{ czyli } I_z \geq \frac{I_2}{1,45} \quad (2)$$

W przypadku wkładek bezpiecznikowych prąd I_2 jest najmniejszym prądem powodującym zadziałanie wkładki jako zabezpieczenia chroniącego od skutków przeciążeń, czyli jego górnym prądem probierczym I_f . Zgodnie z publikacją [6] wartość ta w stosunku do prądu znamionowego I_n , wynosi odpowiednio:

$$I_2 \geq k_2 * I_n \quad (3)$$

- $k_2 = 1,60$ – dla wkładek bezpiecznikowych gG o prądzie znamionowym 20 A i większym (wyłączenie przed upływem 1÷4 h, zależnie od prądu znamionowego),
- $k_2 = 1,90$ – dla wkładek bezpiecznikowych gG o prądzie znamionowym 6 A ÷ 16 A (wyłączenie przed upływem 1 h),
- $k_2 = 2,1$ – dla wkładek bezpiecznikowych gG o prądzie znamionowym poniżej 6 A (wyłączenie przed upływem 1 h).

Obciążalność długotrwała przewodu I_z (I_{dd}) powinna wynosić:

$$I_z \geq \frac{k_2 * I_n}{1,45} \quad (4)$$

Ze względu na konieczny margines, zgodnie z publikacją [6], rzędu 25% między granicznym prądem niezadziałania wkładki I_{nf} , a prądem znamionowym I_n (I_{nb}), jakim wolno długotrwanie obciążyć kabel lub przewód (na ogół $I_{nf}/I_{nb} = 1,25$), wkładka bezpiecznikowa nie może pełnić roli zabezpieczenia od skutków przeciążeń odbiornika. Może ona jednak spełniać tę rolę w odniesieniu do przewodów pod warunkiem nieznacznego ich przewymiarowania. Dotyczy to tylko wkładek bez-

piecznikowych o pełnozakresowym wyłączaniu bądź wkładek bezpiecznikowych ogólnego przeznaczenia typu g; bezpieczniki topikowe o niepełnozakresowym wyłączaniu typu a nie gwarantują wyłączenia prądu przeciążeniowego.

W tab. 2 zestawiono wyniki obliczeń obciążalności długotrwałej przewodu I_z (I_{dd}) dla instalacji elektrycznych zgodnie z normą [5] w zależności od prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej I_n (I_{nb}) i przyjętego prądu probierczego I_2 wkładki.

Celem porównania wyników obliczeń w zakresie zabezpieczania kabli i przewodów od przeciążeń z wykorzystaniem norm [4] i [5] można dodatkowo wprowadzić dwa wskaźniki:

- n – stopień wykorzystania przewodu rozumiany jako stosunek największego prądu, jaki można w nim dopuścić długotrwanie (prądu znamionowego urządzenia zabezpieczającego I_n), do obciążalności długotrwałej przewodu I_z , który wg koncepcji IEC przyjmuje wartość $n \leq 1,00$.

$$n = \frac{I_n}{I_z} \quad (5)$$

- S – stopień zabezpieczenia, czyli stosunek górnego prądu probierczego urządzenia zabezpieczającego I_2 do obciążalności długotrwałej przewodu I_z , który według koncepcji IEC przyjmuje wartości $S \leq 1,45$.

$$S = \frac{I_2}{I_z} \quad (6)$$

W tab. 3 zestawiono stopnie wykorzystania przewodu z uwzględnieniem właściwych norm [4, 5] z następującymi założeniami:

- wartość stopnia wykorzystania przewodu n wg normy [5],
- wartość stopnia wykorzystania przewodu w pomieszczeniach niezagrożonych wybuchem metanu n_a oraz wartość stopnia wykorzystania przewodu w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem metanu n_c wg normy [4].

► Tab. 2. Wyniki obliczeń prądu obciążalności długotrwałej przewodu I_z (I_{dd}) dla instalacji powierzchniowych w obiektach budowlanych w zależności od prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej I_n (I_{nb}) i przyjętego prądu probierczego I_2 wkładki

► Table 2. Results of the calculation of the long-term current carrying capacity of the conductor I_z (I_{dd}) for surface installations in buildings depending on the rated current of the fuse link I_n (I_{nb}) and the assumed test current I_2 of the fuse link

I_n (I_{nb}) [A]	6	10	16	20	25	32	35	40	50	63
I_z (I_{dd}) co najmniej, [A]	7,9	13,1	21,0	22,1	27,6	35,3	38,6	44,1	55,2	69,5
I_n (I_{nb}) [A]	80	100	125	160	200	250	315			
I_z (I_{dd}) co najmniej, [A]	88,3	110,3	137,9	176,6	220,7	275,9	347,6			

► Tab. 3. Zestawienie stopni wykorzystania przewodu eksploatowanego zgodnie z wymaganiami właściwych norm [4, 5]

► Table 3. Summary of the utilization rates of the cable operated in accordance with the requirements of the relevant standards [4, 5]

I_n (I_{nb}) [A]	6	10	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125
n	0,76	0,76	0,76	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
n_a	0,86	0,83	0,84	0,83	0,83	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
n_c	0,60	0,63	0,64	0,67	0,66	0,68	0,69	0,69	0,68	0,69	0,69	0,69	0,69
I_n (I_{nb}) [A]	160	200	250	315									
n	0,91	0,91	0,91	0,91									
n_a	0,85	0,85	0,85	0,85									
n_c	0,69	0,69	0,69	0,69									

W tab. 4 zestawiono stopnie zabezpieczenia przewodu z uwzględnieniem właściwych norm [4, 5] z następującymi założeniami:

- wartość stopnia zabezpieczenia S przewodu wg normy [5],
- wartość stopnia zabezpieczenia przewodu w pomieszczeniach niezagrożonych wybuchem metanu S_a oraz wartość stopnia zabezpieczenia przewodu w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem metanu S_c wg normy [4].

Bezpiecznik topikowy jako zabezpieczenie chroniące przed skutkami zwarc instalację elektryczną do 1 kV

Wkładki bezpiecznikowe są najczęściej wykorzystywane jako zabezpieczenia chroniące instalację elektryczną przed skutkami zwarc. Zabezpieczenie zwarcowe powinno zapewnić ochronę w przypadku wystąpienia zwarcia w dowolnej części chronionej strefy. Prawidłowość doboru wkładek bezpiecznikowych jako zabezpieczeń zwarcowych w instalacjach elektrycznych zgodnie z normą [4] można określić z wykorzystaniem tzw. czułości zabezpieczenia. Zgodnie z pkt 2.6.2 normy [4] czułość zabezpieczeń zwarcowych topikowych stosowanych w sieciach elektroenergetycznych o napięciu znamionowym do 1 kV podziemnych wyrobisk zakładów górniczych należy określić za pomocą stosunku minimalnego

prądu zwarcowego, obliczonego wg załącznika A. p.A.1, normy [4] do prądu znamionowego wkładki bezpiecznikowej. Wartości tej czułości nie powinny być mniejsze niż podane w tabeli 5.

Dla wkładek bezpiecznikowych klasy aM norma [4] nie podaje wymaganych współczynników czułości. Takie wkładki są najczęściej stosowane jako ograniczniki prądu zwarcowego dla dobezpieczenia aparatury elektrycznej łączeniowej, w szczególności styczników.

Nieco inne jest podejście w zakresie zabezpieczania instalacji elektrycznych z wykorzystaniem wkładek bezpiecznikowych w przypadku zapisów norm [7] oraz [8]. W obu normach określono maksymalny czas trwania zwarcia w przypadku instalacji elektrycznych zabezpieczonych wkładkami bezpiecznikowymi nieprzekraczający 0,1 s. W pkt 2.6.2.1 normy [7] jest on określony jako maksymalny całkowity czas od chwili zainicjowania zwarcia do chwili zaniku prądu do zera – dla zestawu bezpiecznik topikowy oraz współpracująca z nim aparatura łączeniowa. W pkt 24.4.5 normy [8] jest on określony jako czas wyłączenia zabezpieczanej strefy przez wkładkę bezpiecznikową.

Celem porównania wymagań w zakresie zabezpieczania instalacji elektrycznych zakładów górniczych wkładkami bezpiecznikowymi; zgodnie z założeniami przyjętymi w normie [4] – wymagany współczynnik czułości zabezpieczenia i zgodnie z założeniami określonymi w normach [7] i [8] – czas trwania zwarcia nieprzekracza-

► Tab. 4. Zestawienie stopni zabezpieczenia przewodu eksploatowanego zgodnie z wymaganiami właściwych norm [4, 5]

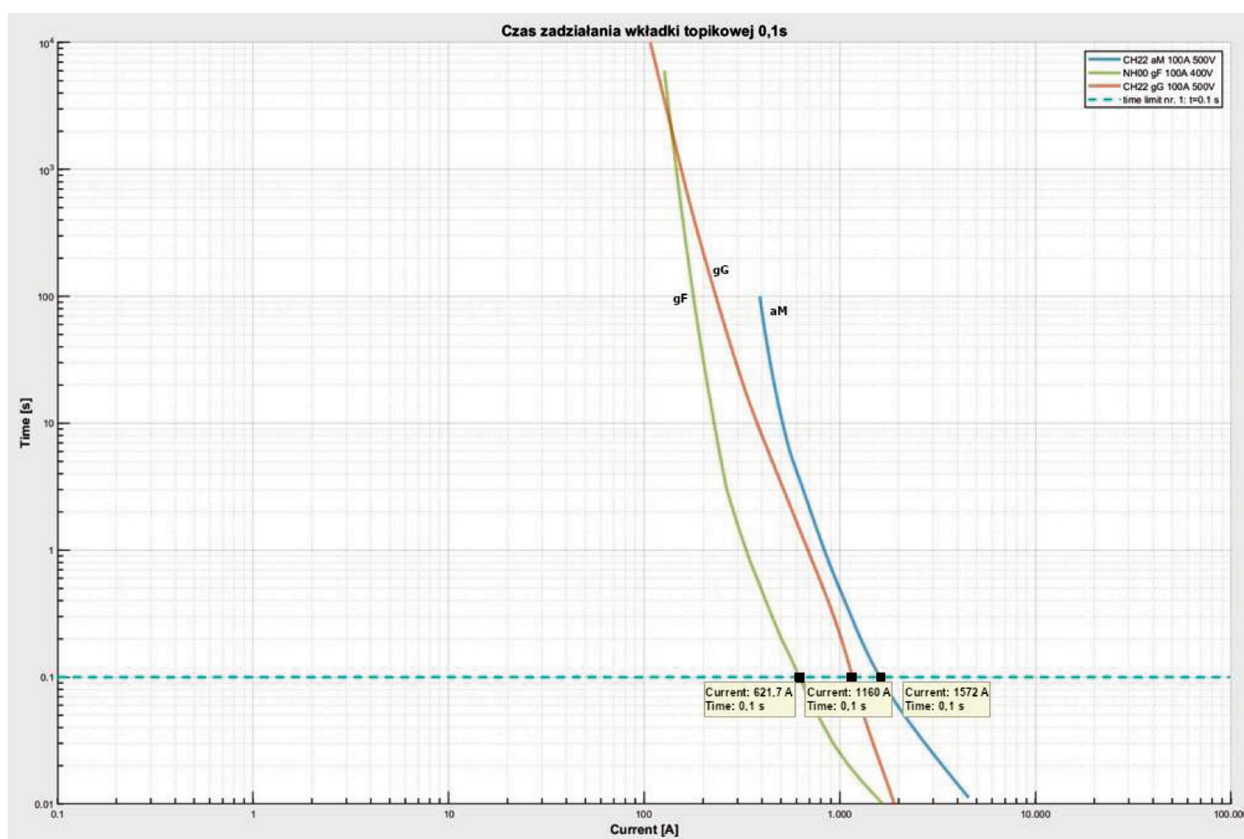
► Table 4. Summary of the protection levels of the cable operated in accordance with the requirements of the relevant standards [4, 5]

$I_n (I_{nb}) [A]$	6	10	16	20	25	32	35	40	50	63	80	100	125
S	1,44	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
S_a	1,63	1,58	1,60	1,33	1,33	1,35	1,37	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
S_c	1,14	1,19	1,22	1,07	1,05	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11	1,10	1,10	1,10
$I_n (I_{nb}) [A]$	160	200	250	315									
S	1,45	1,45	1,45	1,45									
S_a	1,36	1,36	1,36	1,35									
S_c	1,11	1,11	1,11	1,11									

► Tab. 5. Wymagana normą [4] najmniejsza wartość czułości zabezpieczenia zwarcowego topikowego z uwzględnieniem rodzaju wkładki topikowej oraz stopnia niebezpieczeństwa wybuchu metanu pomieszczenia w zabezpieczanej strefie

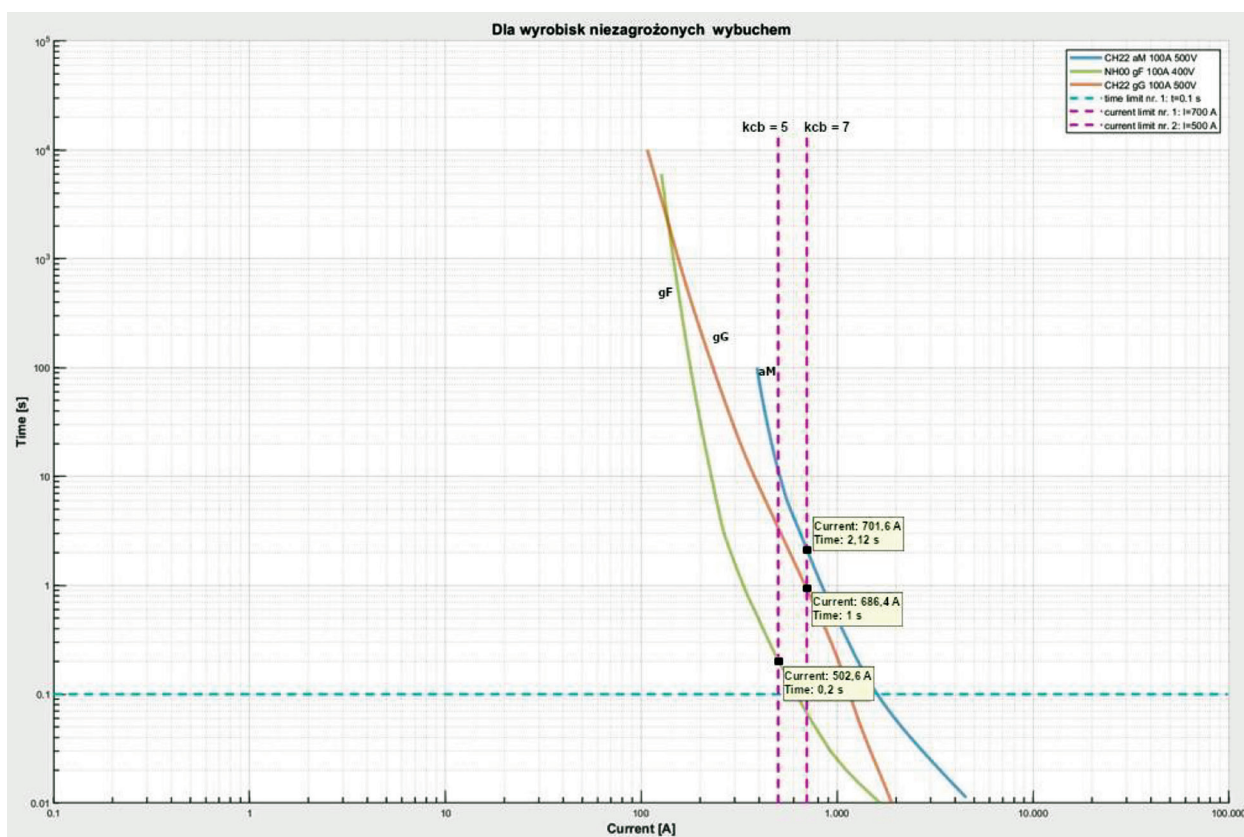
► Table 5. The minimum value of the short-circuit fuse protection sensitivity required by the standard [4], taking into account the type of fuse link and the degree of methane explosion hazard in the room in the protected zone

Rodzaj pomieszczeń, w których znajduje się strefa zabezpieczana	Rodzaj wkładki topikowej	Najmniejsza dopuszczalna wartość stosunku (k_{cb}) minimalnego prądu zwarcowego (I_{min}) do prądu znamionowego wkładki topikowej (I_{nb}) dla wkładek o prądach znamionowych		
		od 2 A do 50 A	od 63 A do 200 A	powyżej 200 A
Pomieszczenia w polach niemetanowych oraz pomieszczenia ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu	szybka	4	5	6
	zwłoczna	6	7	8
Pomieszczenia ze stopniem „b” i „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu	szybka	7	8	9
	zwłoczna	9	10	11



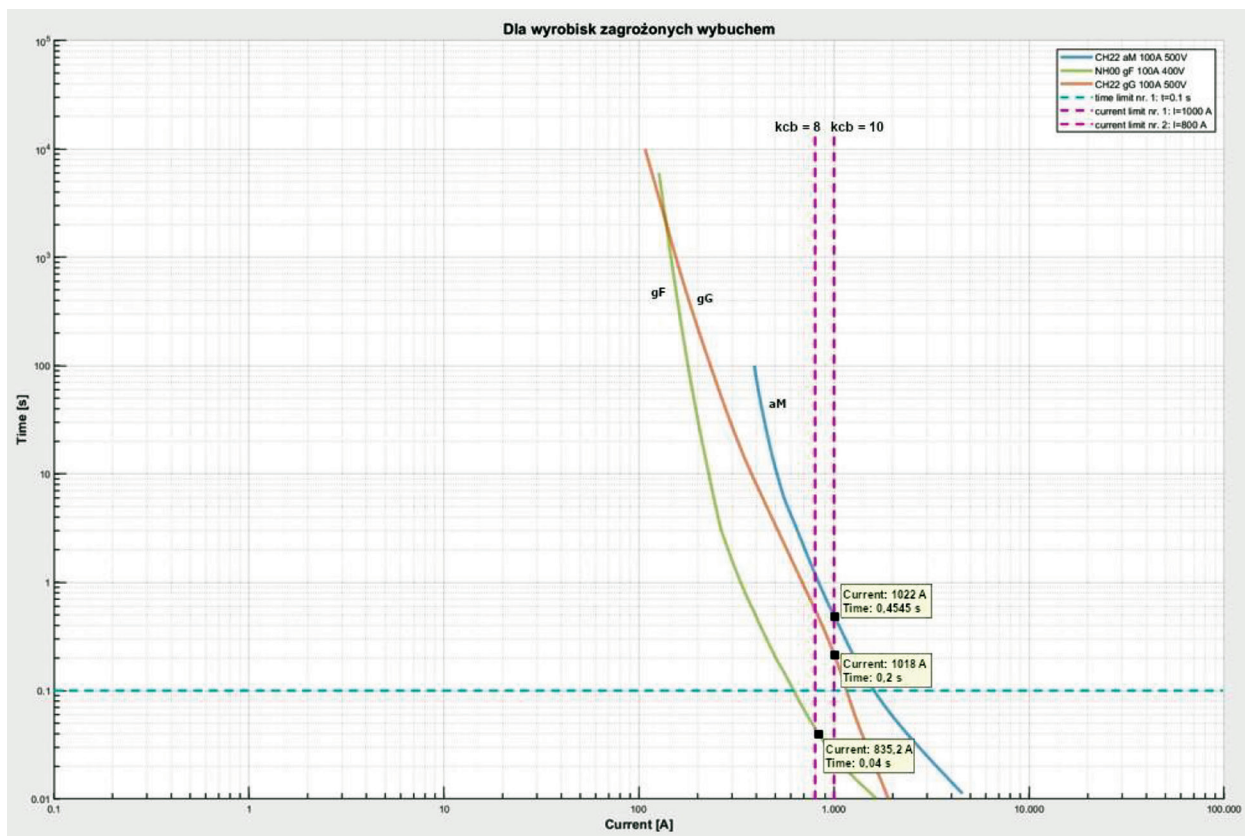
► Rys. 1. Charakterystyka czasowo-prądowa wkładek bezpiecznikowych klasy gG, gF i aM z uwzględnieniem wartości czasu działania wkładki: 0,1 s

► Fig. 1. Time-current characteristics of gG, gF and aM fuse-links taking into account the value of the insertion time: 0.1 s



► Rys. 2. Charakterystyka czasowo-prądowa wkładek bezpiecznikowych klasy gG, gF i aM zabezpieczających strefę w wyrobiskach niezagrażonych wybuchem metanu, z uwzględnieniem właściwych wg normy [4] prądów probierczych

► Fig. 2. Time-current characteristics of fuse links of classes gG, gF and aM protecting the zone in workings not at risk of methane explosion, taking into account the test currents appropriate to the standard [4]



► Rys. 3. Charakterystyka czasowo-prądowa wkładek bezpiecznikowych klasy gG, gF i aM zabezpieczających strefę w wyrobiskach zagrożonych wybuchem metanu, z uwzględnieniem właściwych wg normy [4] prądów pobierczych

► Fig. 3. Time-current characteristics of fuse links of classes gG, gF and aM protecting the zone in workings at risk of methane explosion, taking into account the test currents appropriate to the standard [4]

jący 0,1 s; przeprowadzono analizę porównawczą charakterystyk czasowo-prądowych wkładek bezpiecznikowych o prądzie znamionowym 100 A reprezentujących różne klasy. Wykorzystano w tym celu darmową aplikację ETISON CURVES, dostępną na koncernowej stronie producenta.

Na rys. 1 przedstawiono charakterystykę czasowo-prądową dla trzech różnych klas wkładek bezpiecznikowych o wartości znamionowej 100 A z uwzględnieniem wartości prądu powodującego zadziałanie wkładki z czasem 0,1 s.

Na rys. 2 przedstawiono charakterystykę czasowo-prądową, dla trzech różnych klas wkładek bezpiecznikowych o wartości znamionowej 100 A, zabezpieczających strefę w pomieszczeniu niezagrożonym wybuchem metanu ze stopniem „a” niebezpieczeństwa wybuchu metanu, z uwzględnieniem prądów pobierczych odpowiednio 500 A ($5 \times I_{nb(100A)}$) dla wkładki szybkiej i 700 A ($7 \times I_{nb(100A)}$) dla wkładki zwłocznej.

Na rys. 3 przedstawiono charakterystykę czasowo-prądową dla trzech różnych klas wkładek bezpiecznikowych o wartości znamionowej 100 A, zabezpieczających strefę w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem metanu ze stopniem „b” i „c” niebezpieczeństwa wybuchu metanu, z uwzględnieniem prądów pobierczych odpowiednio 800 A ($8 \times I_{nb(100A)}$) dla wkładki szybkiej i 1000 A ($10 \times I_{nb(100A)}$) dla wkładki zwłocznej. Umożliwia to wyznaczenie czasów działania danej wkładki

bezpiecznikowej przy wymaganej normą [4] czułości zabezpieczenia dla danej strefy.

Analiza porównawcza wykazuje, że kryteria doboru wkładek bezpiecznikowych jako zabezpieczeń chroniących instalacje przed skutkami zwarć przedstawione w normie [4] nie zawsze są równoważne z kryteriami zawartymi w normach [7] i [8]. Zastosowanie współczynników czułości wg normy [4] może nie gwarantować wyłączenia zwarcia w zabezpieczanej strefie w czasie do 0,1 s.

Wnioski

Obowiązujące przepisy [9], dotyczące prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych, nakładają obowiązek doboru nastaw zabezpieczeń przed skutkami zwarć i przeciążeń w instalacjach elektroenergetycznych zgodnie z wymaganiami Polskich Norm. Zbiór Polskich Norm zawiera jednak grupę norm PN-G-***, dotyczącą eksploatacji instalacji elektrycznych w podziemiach kopalń, oraz normy elektryczne: PN-EN 50628:2016 [8] i PN-HD 60364-4-43:2024-04 [5]. Normy te mogą określać różne wymagania dotyczące tych samych zagadnień. Przy projektowaniu instalacji elektrycznych do 1 kV w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych prostszym rozwiązaniem jest posługiwanie się normą PN-G-42042:1998 [4], gdzie określony jest wymagany minimalny współczynnik czułości wkładki bezpiecznikowej,

w zależności od minimalnego prądu zwarcowego oraz prądu znamionowego samej wkładki, potwierdzający prawidłowość doboru zabezpieczenia jako chroniącego przed skutkami zwarć. Jednakże zastosowanie wartości współczynników czułości dla danej wkładki zgodnie z normą [4] może nie gwarantować wyłączenia zwarcia w zabezpieczanej strefie w wymaganym normami [7] i [8] czasie do 0,1 s.

Pewnym ułatwieniem może być wykorzystanie w tym zakresie przeznaczonych dla zakładów górniczych programów wspomagających projektowanie instalacji elektrycznych do 1 kV, zwłaszcza jeżeli mają one np. możliwość opcjonalnego doboru wkładek bezpiecznikowych zgodnie z wymaganiami normy [4] lub według charakterystyk czasowo-prądowych wkładek przy założonym czasie wyłączenia zwarcia. Możemy stwierdzić, że zastosowanie wkładek bezpiecznikowych jako zabezpieczeń chroniących przed skutkami przeciążeń nie zapewnia wysokiego stopnia wykorzystania przewodów i kabli. Wysoki stopień wykorzystania przewodów i kabli ($n = 1$) jest osiągalny przy zastosowaniu elektronicznych lub termobimetalowych zabezpieczeń przeciążeniowych. Zastosowanie wkładek bezpiecznikowych jako zabezpieczenia chroniącego przed skutkami zwarć jest korzystne ze względu na ograniczenie prądu zwarcowego, ale w niektórych przypadkach może nie zapewnić wymaganej czułości zadziałania.

Podsumowanie

Przepisy [9] obowiązujące przy prowadzeniu ruchu w wyrobiskach podziemnych zakładów górniczych nakładają konieczność doboru nastaw zabezpieczeń chroniących przed skutkami zwarć i przeciążeń w instalacjach elektroenergetycznych zgodnie z wymaganiami Polskich Norm. Zbiór Polskich Norm zawiera jednak grupę norm PN-G-***, dotyczącą instalacji elektrycznych w podziemiach kopalniach, oraz normy elektryczne: PN-EN 50628:2016 [8] i PN-HD 60364-4-43:2024-04 [5]. Mogą one określać różne wymagania dotyczące tych samych zagadnień.

Przy projektowaniu instalacji elektrycznych do 1 kV w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych prostszym rozwiązaniem jest posługiwanie się normą PN-G-42042:1998 [4], gdzie określony jest wymagany minimalny współczynnik czułości wkładki bezpiecznikowej, w zależności od minimalnego prądu zwarcowego oraz prądu znamionowego wkładki, potwierdzający prawidłowość doboru zabezpieczenia w postaci wkładki bezpiecznikowej jako zabezpieczenia zwarcowego. Jednakże zastosowanie wartości współczynników czułości zgodnie z normą PN-G-42042:1998 [4] może nie gwarantować wyłączenia zwarcia w zabezpieczanej strefie w wymaganym normami PN-G-50003:2003 [7] i PN-EN 50628:2016 [8] czasie do 0,1 s.

Selection of fuse links used in mining plants as protection against the effects of short circuits and overloads in electrical installations with a rated voltage of up to 1 kV

Abstract: The applicable regulations regarding the operation of underground mining plants impose the obligation to select protection settings against the effects of short circuits and overloads in electrical power installations in accordance with the requirements of Polish Standards. The selection of protection settings against the effects of short circuits and overloads in power installations also applies to fuse links. In the article, the authors presented a comparative analysis of the requirements of the PN-G-*** group of mining standards regarding electrical installations in underground mine workings, with the electrical standards: PN-EN 50628:2016 and PN-HD 60364-4-43:2024-04, which introduce European standards for use in Poland. Mining standards and electrical standards specify different requirements for the same issues. When designing electrical installations up to 1 kV in underground mine workings, a simpler solution is to use the PN-G-42042:1998 standard, which specifies the required minimum sensitivity coefficient of the fuse link, depending on the minimum short-circuit current and the rated current of the fuse link, confirming the correct selection of protection in the form of a fuse link as short-circuit protection. However, the use of sensitivity coefficient values in accordance with the PN-G-42042:1998 standard may not guarantee the disconnection of a short circuit in the protected zone within the time required by the PN-G-50003:2003 [3] and PN-EN 50628:2016 [4] standards within 0.1 s.

Literatura

1. PN-EN 60269-1:2010: Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe – Część 1: Wymagania ogólne.
2. PN-EN 60269-4:2005 Bezpieczniki topikowe niskonapięciowe – Część 4: Wymagania dodatkowe dotyczące wkładek topikowych do zabezpieczania przyrządów półprzewodnikowych.
3. PN-E-93100-01:1987 Sprzęt elektroinstalacyjny. Instalacyjne bezpieczniki topikowe gwintowe na znamionowe napięcia do 1000 V i prądy znamionowe do 200 A. Postanowienia ogólne.
4. PN-G-42042:1998: Środki ochronne i zabezpieczające w elektroenergetyce kopalnianej. Zabezpieczenia zwarciove i przeciążeniowe. Wymagania i zasady doboru.
5. PN-HD 60364-4-43:2024-04: Instalacje elektryczne niskiego napięcia – Część 4-43: Ochrona dla zapewnienia bezpieczeństwa. Ochrona przed prądem przetężeniowym.
6. Markiewicz H.: Instalacje elektryczne, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 2003.
7. PN-G-50003:2003: Ochrona pracy w górnictwie. Urządzenia elektryczne górnicze. Wymagania i badania.
8. PN-EN 50628:2016, wersja angielska: Instalacje elektryczne w podziemnych wyrobiskach zakładów górniczych.
9. Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych (Dz.U. z 2017 r. poz. 1118 z późn. zm.).