

Rezerwowanie zabezpieczeń zwarciovych w kopalnianych sieciach średniego napięcia

W artykule przedstawiono trudności związane z rezerwowaniem zabezpieczeń przed skutkami zwarć międzyfazowych w końcowych odcinkach dołowych sieci średniego napięcia. Trudności te mogą wynikać z wymagań normatywnych dotyczących czasu działania zabezpieczeń w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem oraz stosunkowo niewielkich wartości prądów zwarciovych w porównaniu z prądami roboczymi. Zaprezentowano przykładowe wyniki obliczeń ilustrujące problemy doboru nastaw zabezpieczeń zwarciovych oraz przedstawiono sposób wyeliminowania tych problemów przez zastosowanie stacji transformatorowych z wyłącznikiem po stronie GN.

słowa kluczowe: zabezpieczenia zwarciove, kopalniane sieci elektroenergetyczne, układy elektroenergetyczne, elektroenergetyka kopalniana, górnicze sieci, automatyka zabezpieczeniowa w elektroenergetyce.

1. WPROWADZENIE

Bezpieczeństwo i niezawodność pracy sieci elektroenergetycznych zależy w dużej mierze od prawidłowości działania układów eliminacji stanów zakłóceń. Przyczyną niewłaściwej pracy zabezpieczeń mogą być m.in. uszkodzenia przekładników prądowych, obwodów pomiarowych i zasilających, przekładników, wyzwalaczy i wyłączników. Uszkodzenia te mogą powodować brak zadziałania zabezpieczenia i w konsekwencji – utrzymywanie się stanu zakłóceń, co może mieć bardzo poważne skutki w postaci powstania zagrożenia pożarowego, wybuchowego, porażeniowego i oparzeniowego oraz kosztownych i mogących powodować długotrwałe przerwy w zasilaniu zniszczeń fragmentów instalacji lub aparatury [3]. Nieprawidłowa praca zabezpieczeń może również powodować zadziałania zbędne obniżające poziom ciągłości zasilania, co w przypadku obiektów podstawowych zakładów górniczych również może mieć istotne znaczenie dla bezpieczeństwa.

Odpowiednią niezawodność zabezpieczeń można uzyskać poprzez m.in. [4, 6]:

- właściwy dobór poszczególnych elementów układów zabezpieczeniowych,
- okresową kontrolę sprawności działania zabezpieczeń,
- rezerwowanie lokalne, czyli dublowanie elementów układu zabezpieczeniowego (zabezpieczeń lub wyłączników) w ramach danego obiektu, np. rozdzielnic,
- rezerwowanie zdalne, czyli zdolność układu zabezpieczeniowego danego obiektu do reagowania na określone zakłócenia występujące w sąsiednim fragmencie układu.

2. OGÓLNE ZASADY PRZEPISY DOTYCZĄCE REZERWOWANIA ZABEZPIECZEŃ ZWARCIOVYCH W SIECIACH KOPALNIANYCH

Ze względu na konieczność zainstalowania dodatkowego wyposażenia realizacja rezerwowania lokalnego w warunkach sieci górniczych może być utrudniona lub wręcz niemożliwa z powodu szczupłości miejsca. Najpowszechniej stosowanym rodzajem

rezerwowania (a w sieciach kopalnianych często jedynym możliwym) jest rezerwowanie zdalne, którego podstawową zaletą jest możliwość wykorzystania istniejącej aparatury – zabezpieczenie zwarciove może pełnić jednocześnie funkcję zabezpieczenia podstawowego swojej strefy oraz zabezpieczenia rezerwowego strefy sąsiedniej. Zabezpieczenie rezerwowe powinno zadziałać jedynie wtedy, gdy zabezpieczenie podstawowe nie zadziała, po upływie najkrótszego czasu koniecznego do wykrycia niezadziałania zabezpieczenia podstawowego. Z tego względu podstawową zasadą wykorzystywaną do zapewnienia rezerwowania jest tzw. stopniowanie czasowe, czyli różnicowanie czasu zadziałania zabezpieczeń poszczególnych fragmentów sieci, wprowadzane głównie ze względu na konieczność zapewnienia odpowiedniej selektywności. W elektroenergetyce przyjmuje się, że zabezpieczenie rezerwowe

niejako z definicji jest zabezpieczeniem wolniejszym od zabezpieczenia podstawowego. Rozwiązanie powyższe sprawdza się w sieciach o niezbyt skomplikowanej strukturze, np. pracujących w układzie promieniowym (do takich sieci można zaliczyć większość kopalnianych sieci SN). W przypadku starszych zabezpieczeń elektromechanicznych i wyłączników zwykle stosuje się krok czasowy 0,5 s, dla nowszych (cyfrowych) – 0,3 s [4, 5].

Zgodnie z wymaganiami normy [1] zabezpieczenia zwarciove rezerwowe powinny być stosowane w sieciach kopalnianych o napięciu nominalnym powyżej 1 kV. W tab. 1. przedstawiono określoną w tej normie najdłuższą dopuszczalną zwłokę zabezpieczeń zwarciowych przekaźnikowych w zależności od elementu sieci, który jest zabezpieczany, oraz zagrożenia metanowego panującego w strefie zabezpieczanej.

Tabela 1.

Najdłuższa dopuszczalna zwłoka (w sekundach) zabezpieczenia zwarciowego przekaźnikowego [1]

Zabezpieczany element sieci	Najdłuższa dopuszczalna zwłoka zabezpieczenia zwarciowego, s			
	zabezpieczenie podstawowe		zabezpieczenie rezerwowe	
	pomieszcz. bezpieczne	pomieszcz. niebezpieczne	pomieszcz. bezpieczne	pomieszcz. niebezpieczne
Linie (kable) szybowe i w sieci rozdzielczej	1,6	0	2,0	0,5
Linie zasilające silniki	0	0	1,6	0,5
Linie zasilające transformatory	0,6	0	1,6	0,5

W rzeczywistych górniczych sieciach rozdzielczych SN problemy rezerwowania mogą być powodowane wymaganiami związanymi z czasem działania zabezpieczeń oraz trudnościami doboru wartości nastawczej prądu. Jeżeli strefa podstawowa zabezpieczenia znajduje się w pomieszczeniu bezpiecznym, istnieje możliwość realizacji rezerwowania z wykorzystaniem stopniowania czasowego, nawet jeżeli strefa rezerwowa znajduje się w pomieszczeniu niebezpiecznym. Jeżeli jednak strefa podstawowa znajduje się w pomieszczeniu zagrożonym wybuchem, to z uwagi na konieczność bezzwłocznego wyłączenia zwarć pełne rezerwowanie zdalne z wykorzystaniem stopniowania czasowego jest niemożliwe. Może to w konsekwencji powodować niewybiórcze działanie zabezpieczeń. Częściową wybiórczość w takiej sytuacji może zapewnić stosowanie zabezpieczeń zwarciowych dwustopniowych. Przy odpowiednim doborze nastaw prądowych pierwszy stopień (bezzwłoczny) może służyć jako zabezpieczenie podstawowe, natomiast drugi – jako zabezpieczenie rezerwowe (ze zwłoką np. $0,3 \div 0,5$ s).

Trudności doboru nastawy prądu zabezpieczenia rezerwowego pojawiają się w sytuacji, gdy minimal-

ny prąd zwarcia ma zbyt małą wartość w porównaniu z maksymalnym prądem roboczym. W normie [1] dopuszczono możliwość skrócenia strefy zabezpieczanej przez zabezpieczenie rezerwowe, jeżeli zabezpieczenie to nie może zapewnić wyłączenia zwarć za transformatorami i na liniach wyposażonych w dławiki lub na końcu następnego odcinka. Wymaganie dotyczące rezerwowania zawarto również w normie [2], dotyczącej instalacji zasilających kompleksy ścianowe o napięciu nominalnym powyżej 1 kV – zabezpieczenie zwarciove usytuowane na początku linii sieci (czyli zazwyczaj w stacji transformatorowej zasilającej sieć o napięciu powyżej 1 kV) powinno być zabezpieczeniem rezerwowym zabezpieczenia, którego strefą zabezpieczaną jest odcinek sieci zasilający bezpośrednio maszynę przodkową wraz z silnikami tej maszyny (czyli zabezpieczenia w rozruszniku kopalnianym). Biorąc jednak pod uwagę fakt, że zabezpieczenie w stacji transformatorowej powinno być zabezpieczeniem bezzwłocznym (zgodnie z normą [1]), rezerwowanie to nie polega na wprowadzeniu zwłoki w działaniu zabezpieczenia, ale na odpowiednim doborze wartości nastawczej prądu – tak, aby zabezpieczenie reagowało na zakłó-

czenia w sąsiedniej strefie. Może to powodować niewybiórcze działanie zabezpieczeń.

Przy doborze nastaw prądowych zabezpieczeń zwarciovych należy również uwzględnić m.in. współczynniki czułości k_{cz} i bezpieczeństwa k_b . Współczynnik czułości, definiowany jako stosunek najmniejszej wartości prądu zwarciovego podlegają-

cego wyłączeniu do wartości nastawczej prądu zabezpieczenia, dla zabezpieczenia rezerwowego ma mniejszą wartość niż dla zabezpieczenia podstawowego. Minimalne dopuszczalne wartości współczynników czułości określone w normach [1] i [2] przedstawiono w tab. 2.

Tabela 2.

Wartości współczynnika czułości zabezpieczeń zwarciovych w sieciach kopalnianych [1, 2]

Rodzaj pomieszczeń, w których znajduje się strefa zabezpieczana	Najmniejsza dopuszczalna wartość współczynnika czułości k_{cz} zabezpieczenia	
	podstawowego	rezerwowego
Pomieszczenia niezagrożone wybuchem	1,3	1,2
Pomieszczenia zagrożone wybuchem	1,5	1,3
Sieć zasilająca bezpośrednio maszynę przodkową o napięciu powyżej 1 kV	2,0	1,5

Współczynnik bezpieczeństwa, czyli pewności niewystąpienia zbędnego zadziałania, jest to stosunek wartości nastawczej prądu zabezpieczenia do maksymalnego prądu roboczego (przy którym zabezpieczenie nie powinno działać). W sieciach dołowych wartość współczynnika k_b przyjmuje się, w zależności od rodzaju zabezpieczanego obiektu, równą od 1,2 do 2,0 [1].

3. OGRANICZENIA ZWIĄZANE Z MOŻLIWOŚCIĄ REZERWOWANIA W RZECZYWISTYCH SIECIACH DOŁOWYCH

W rzeczywistych kopalnianych sieciach rozdzielczych średniego napięcia, szczególnie w końcowych odcinkach, realizacja rezerwowania zdalnego może stwarzać następujące problemy:

- niewybiórcze działanie zabezpieczeń w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem metanu ze względu na konieczność stosowania zabezpieczeń bezzwłocznych,
- konieczność skrócenia strefy działania zabezpieczenia rezerwowego powodowaną zbyt małą wartością minimalnego prądu zwarciovego w stosunku do maksymalnego prądu roboczego w miejscu zainstalowania zabezpieczenia.

Poniżej przedstawiono trzy przykłady końcowych fragmentów sieci rozdzielczej średniego napięcia (o napięciu nominalnym $U_n=6000$ V) ilustrujące powyższe problemy oraz wybrane wyniki obliczeń prądów zwarciovych i wartości nastawczych zabezpieczeń (podano wartości po stronie pierwotnej przekładni-

ków prądowych). Dla uproszczenia i zwiększenia przejrzystości analizy uwzględniono tylko jeden lub dwa wybrane odpływy z rozdzielnic. W rzeczywistych układach większa liczba odpływów powoduje większe wartości maksymalnych prądów roboczych, co zawęża możliwości doboru nastaw zabezpieczeń i jeszcze bardziej potęguje opisywane problemy doboru zabezpieczeń. We wszystkich analizowanych przypadkach przyjęto następujące założenia:

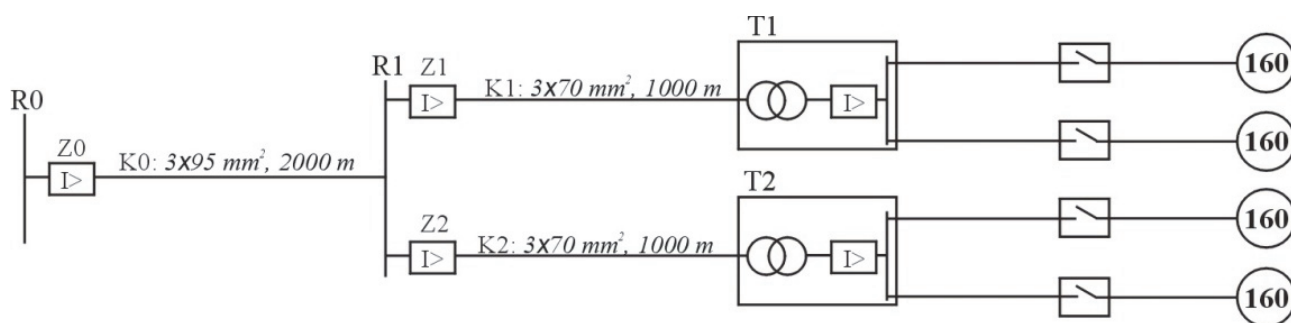
- wartość mocy zwarciovej na szynach rozdzielnic $R0 S_z=70$ MVA,
- współczynnik obciążenia odbiorników $k_o=0,9$,
- znamionowy prąd rozruchowy silników $I_{rn}=6 \cdot I_n$,
- współczynnik bezpieczeństwa (pewności niewystąpienia zbędnego zadziałania) $k_b=1,2$,
- w sieci o napięciu nominalnym 6 kV zastosowano kable typu YHKGXSekyn,
- współczynnik schematowy $k_s=1$ (przyjęto, że przekładniki prądowe zasilające zabezpieczenia zwarciove pracują w układzie pełnej lub niepełnej gwiazdy),
- transformatory cechują się grupą połączeniową Yy ,
- sieci znajdują się w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem.

W pierwszym z analizowanych przykładów zabezpieczenie Z0 w rozdzielnicy R0 zabezpiecza odpływ zasilający rozdzielnicę R1, z której, poprzez odpływy z zabezpieczeniami Z1 i Z2, zasilane są stacje transformatorowe T1 i T2. Stacje te zasilają sieć odbiorczą o napięciu nominalnym 1 kV.

Wyniki obliczeń nastaw zabezpieczeń zwarciovych przedstawiono w tab. 3.

Jak wskazują wyniki obliczeń przedstawione w tab. 3., zabezpieczenie Z0 może pełnić funkcję zabezpieczenia rezerwowego dla zabezpieczeń Z1 i Z2 (w całej strefie podstawowej tych zabezpieczeń), jednakże ze względu na to, że jego podstawowa strefa zabezpieczana znajduje się w pomieszczeniu zagrożonym wybuchem, zabezpieczenie to musi być bezzwłoczne. Jeżeli zabezpieczenie Z0 będzie jedno-stopniowe, może reagować nieselektywnie w przypadku zwarć w odpływach zasilanych z rozdzielnic R1. Częściową wybiórczość może zapewnić zabezpieczenie dwustopniowe. Prąd nastawczy członu bezzwłocznego powinien być wówczas wybrany z górnej części przedziału możliwych nastaw zabez-

pieczenia podstawowego (co oznacza mniejszą wartość współczynnika czułości), natomiast nastawa członu zwłocznego (o czasie zwłoki do 0,5 s) powinna mieścić się w zakresie podanym dla zabezpieczenia rezerwowego. Jednocześnie należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że konsekwencje nieselektywnego działania zabezpieczeń zwarciovych w końcowych fragmentach układu elektroenergetycznego kopalni są niewielkie, gdyż zasilane z rozdzielni końcowej odbiorniki z reguły realizują ten sam proces technologiczny. Jeżeli rozdzielnice R0, R1 oraz linia K0 znajdowałyby się w pomieszczeniu niezagrożonym wybuchem, zwłoka w działaniu zabezpieczenia Z0 zapewniłaby w pełni jego selektywne działanie.



Rys. 1. Przykładowy schemat fragmentu sieci dolowej. Stacje transformatorowe o mocy $S_{nT1}=S_{nT2}=630$ kVA i przekładni 6000/1050 V; silniki zasilane z jednego transformatora uruchamiane są jednocześnie

Tabela 3.

Prądy zwarciove i obliczeniowe zakresy możliwych wartości nastawczych zabezpieczeń zwarciovych dla schematu z rys. 1.

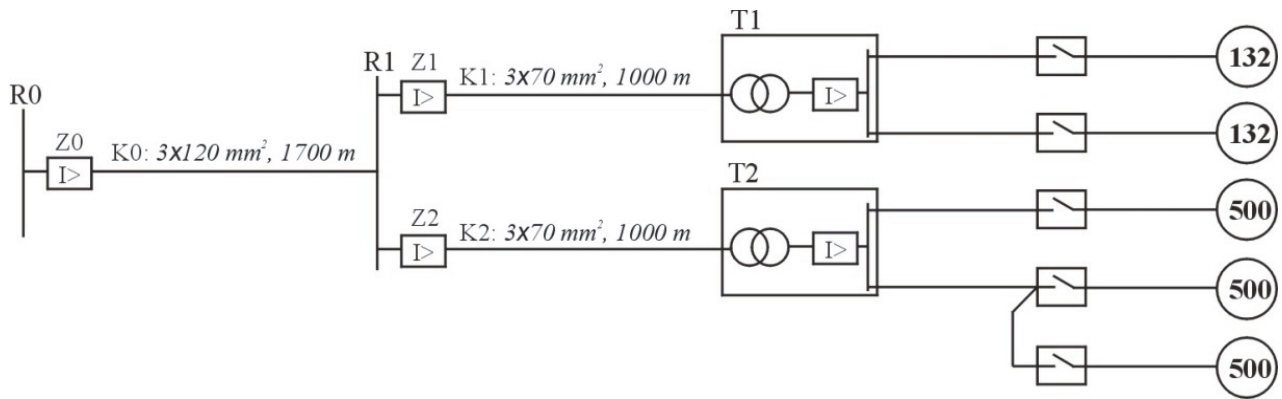
Zabezpieczenie	Wartość minimalna prądu zwarciovego w podstawowej strefie [A]	Zakres możliwych nastaw zabezpieczenia zwarciovego [A]		Maksymalna możliwa wartość współczynnika czułości zabezpieczenia	
		podstawowego	rezerwowego	podstawowego	rezerwowego
Z0	2882	260 ^{*)} – 1922	260 ^{*)} – 535	11,08	2,68
Z1	3980 ^{**)} (696)	223 – 464	–	3,12	–
Z2	3980 ^{**)} (696)	223 – 464	–	3,12	–

^{*)} wartość minimalna, w przypadku większej liczby odpływów z rozdzielnic R1 dolna granica przedziału możliwych nastaw będzie wyższa,

^{**)} przy zwarciu po stronie wtórnej transformatora, w nawiasie wartość prądu po stronie 6 kV.

W schemacie jak na rys. 1. wartość współczynnika czułości zabezpieczeń Z1 i Z2 wynika z konieczności reagowania na zwarcia po stronie wtórnej transformatorów T1 i T2 – większość stacji transformatorowych eksploatowanych w górnictwie nie posiada wyłącznika po stronie GN. W niektórych przypadkach może to utrudniać dobór nastawy zabezpieczenia zwarciovego i uniemożliwiać realizację rezerwowania. Przykłady takich sieci przedstawiono na rys. 2. i 3.

We fragmencie sieci przedstawionym na rys. 2. duża wartość maksymalnego prądu obciążenia w odpływie do transformatora T2 (wynikająca z dużej mocy transformatora i zasilanych z niego odbiorników) przy niewielkiej wartości minimalnego prądu zwarciovego w odpływie do transformatora T1 ogranicza strefę rezerwową zabezpieczenia Z0, które nie może pełnić roli zabezpieczenia rezerwowego dla zabezpieczenia Z1 przy zwarciach po stronie wtórnej transformatora T1.



Rys. 2. Przykładowy schemat fragmentu sieci dołowej. Stacje transformatorowe: $S_{nT1}=400$ kVA, 6000/1050 V; $S_{nT2}=1750$ kVA, 6000/3300 V; silniki o mocy 132 kW uruchamiane są jednocześnie, pozostałe posobnie

Tabela 4.

Prądy zwarciove i obliczeniowe zakresy możliwych wartości nastawczych zabezpieczeń zwarciowych dla schematu z rys. 2.

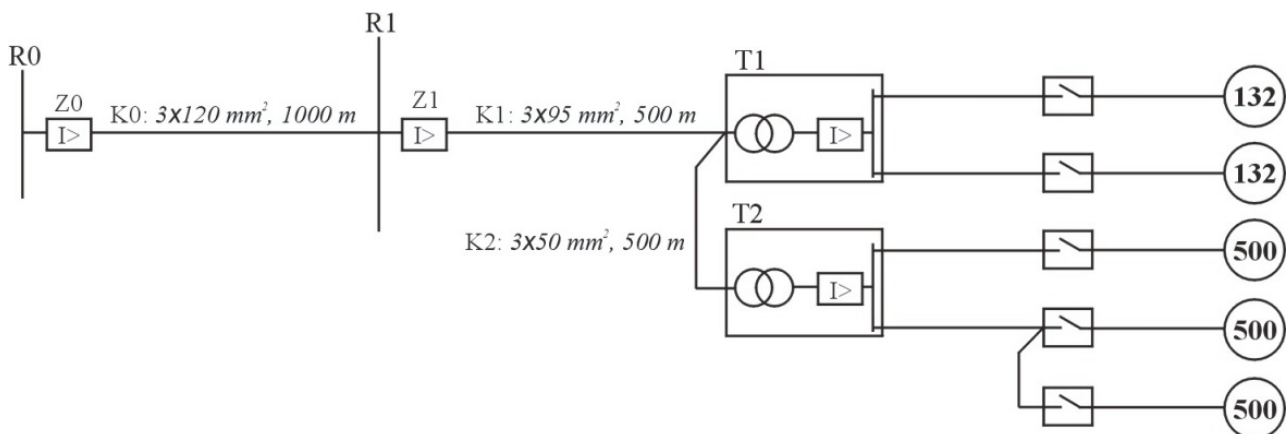
Zabezpieczenie	Wartość minimalna prądu zwarciowego w podstawowej strefie, [A]	Zakres możliwych nastaw zabezpieczenia zwarciowego, [A]		Maksymalna możliwa wartość współczynnika czułości zabezpieczenia	
		podstawowego	rezerwowego	podstawowego	rezerwowego
Z0	3202	528 – 2134	528-1140 ^{*)}	6,06	2,81 ^{*)}
Z1	2725 ^{**)} (477)	190 – 318	–	2,51	–
Z2	2697 ^{**)} (1483)	528 – 988	–	2,81	–

^{*)} ograniczenie strefy zabezpieczenia rezerwowego – nie obejmuje ona strony DN transformatora T1,

^{**)} wartość prądu zwarciowego przy zwarciu po stronie wtórnej transformatora, w nawiasie wartość prądu po stronie 6 kV.

W krańcowym przypadku, przy magistralnym zasilaniu stacji transformatorowych (mających możliwość zasilania przelotowego), może okazać się, że dobór nastawy zabezpieczenia podstawowego jest niemożliwy. Może to mieć miejsce w sytuacji, w której jedna stacja cechuje się niewielką mocą

znamionową i duża impedancja transformatora ogranicza wartość prądu zwarciowego, natomiast druga stacja zasila odbiorniki o dużej wartości prądu roboczego maksymalnego. Przykład takiego fragmentu sieci przestawiony jest na rys. 3.



Rys. 3. Przykładowy schemat fragmentu sieci dołowej. Stacje transformatorowe: $S_{nT1}=630$ kVA, 6000/1050 V; $S_{nT2}=1750$ kVA, 6000/3300 V; silniki o mocy 132 kW uruchamiane są jednocześnie, pozostałe posobnie

Tabela 5.

Prądy zwarciove i obliczeniowe zakresy możliwych wartości nastawczych zabezpieczeń zwarciowych dla schematu z rys. 3.

Zabezpieczenie	Wartość minimalna prądu zwarciowego w podstawowej strefie [A]	Zakres możliwych nastaw zabezpieczenia zwarciowego [A]		Maksymalna możliwa wartość współczynnika czułości zabezpieczenia	
		podstawowego	rezerwowego	podstawowego	rezerwowego
Z0	3728	564 – 2485	<i>dobór niemożliwy</i>	6,61	<i>dobór niemożliwy</i>
Z1	4322 (756)	<i>dobór niemożliwy</i>	–	<i>dobór niemożliwy</i>	–

Jak wynika z obliczeń, wartość maksymalna prądu roboczego płynącego przez zabezpieczenie Z1 (podczas rozruchu silnika o mocy 500 kW) wynosi 470 A, natomiast wartość prądu przy zwarcio po stronie wtórnej transformatora T1 wynosi 756 A. Po uwzględnieniu współczynników czułości i bezpieczeństwa dobór nastawy zabezpieczenia Z1 jest niemożliwy.

Problemy z doбором lub rezerwowaniem zabezpieczeń zwarciowych mogą zostać w znacznym stopniu wyeliminowane poprzez zastosowanie stacji transformatorowych wyposażonych w zabezpieczenia

zwarciove i wyłączniki po stronie GN. Strefa zabezpieczenia znajdującego się w rozdzielnicy nie obejmuje wówczas strony dolnego napięcia transformatora, co pozwala na uzyskanie większych wartości minimalnych prądów zwarciowych w zabezpieczanej strefie. W tab. 6-8. zestawiono wyniki obliczeń prądów zwarciowych i nastaw zabezpieczeń dla sieci przedstawionych na rys. 1-3. przy założeniu, że stacje transformatorowe wyposażone są w zabezpieczenia zwarciove i wyłącznik po stronie górnego napięcia.

Tabela 6.

Prądy zwarciove i obliczeniowe zakresy możliwych wartości nastawczych zabezpieczeń zwarciowych dla schematu z rys. 1. przy stacjach transformatorowych z wyłącznikiem po stronie GN

Zabezpieczenie	Wartość minimalna prądu zwarciowego w podstawowej strefie [A]	Zakres możliwych nastaw zabezpieczenia zwarciowego [A]		Maksymalna możliwa wartość współczynnika czułości zabezpieczenia	
		podstawowego	rezerwowego	podstawowego	rezerwowego
Z0	2882	260 – 1922	260 – 1737	11,08	8,68
Z1	2259	223 – 1506	223 – 535	10,13	3,12
Z2	2259	223 – 1506	223 – 535	10,13	3,12
T1 (GN)	3980 (696)	223 – 464	–	2,68	–
T2 (GN)	3980 (696)	223 – 464	–	2,68	–

Tabela 7.

Prądy zwarciove i obliczeniowe zakresy możliwych wartości nastawczych zabezpieczeń zwarciowych dla schematu z rys. 2. przy stacjach transformatorowych z wyłącznikiem po stronie GN

Zabezpieczenie	Wartość minimalna prądu zwarciowego w podstawowej strefie [A]	Zakres możliwych nastaw zabezpieczenia zwarciowego [A]		Maksymalna możliwa wartość współczynnika czułości zabezpieczenia	
		podstawowego	rezerwowego	podstawowego	rezerwowego
Z0	3202	528 – 2135	528 – 1855	6,06	4,63
Z1	2466	190 – 1644	190 – 366	12,98	2,51
Z2	2412	528 – 1608	528 – 1222	4,57	2,81
T1 (GN)	2725 (477)	190 – 318	–	2,51	–
T2 (GN)	2697 (1483)	528 – 988	–	2,81	–

Tabela 8.

Prądy zwarciovie i obliczeniowe zakresy możliwych wartości nastawczych zabezpieczeń zwarciovych dla schematu z rys. 3 przy stacjach transformatorowych z wyłącznikiem po stronie GN

Zabezpieczenie	Wartość minimalna prądu zwarciovego w podstawowej strefie [A]	Zakres możliwych nastaw zabezpieczenia zwarciovego [A]		Maksymalna możliwa wartość współczynnika czułości zabezpieczenia	
		podstawowego	rezerwowego	podstawowego	rezerwowego
Z0	3728	564 – 2485	564 – 2041	6,61	4,71
Z1	2654	564 – 1769	564 – 582	4,71	1,34
T1 (GN)	4322 (756)	210 – 504	–	3,60	–
T2 (GN)	2843 (1563)	534 – 1042	–	2,93	–

Jak wynika z rezultatów obliczeń przedstawionych w tab. 6-8., zastosowanie stacji transformatorowych z wyłącznikiem po stronie GN powoduje skrócenie strefy podstawowej i rezerwowej zabezpieczeń w sieci SN, przez co łatwiej można spełnić wymagania normy [3] w zakresie doboru nastaw zabezpieczeń zwarciovych.

4. WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych w niniejszym artykule obliczeń i analiz sformułować można następujące wnioski oraz uwagi końcowe:

- w rzeczywistych sieciach, szczególnie w sytuacjach, w których zabezpieczenie rezerwowe obejmuje swoim działaniem stronę wtórną transformatorów SN/nn, należy liczyć się z koniecznością skrócenia strefy działania zabezpieczenia rezerwowego, co w przypadku uszkodzenia zabezpieczenia podstawowego może stwarzać możliwość długotrwałego utrzymywania się zwarcia,
- w przypadku przelotowego zasilania stacji transformatorowych, zwłaszcza przy dużych różnicach mocy znamionowych stacji, należy liczyć się z brakiem możliwości doboru nastawy prądowej zabezpieczenia podstawowego w roz-

dzielnicy zasilającej stacje, jeżeli strefa zabezpieczana obejmuje stronę wtórną transformatorów,

- zastosowanie stacji transformatorowych wyposażonych w wyłączniki i zabezpieczenia zwarciovie po stronie GN w praktyce likwiduje problemy opisane w powyższych punktach,
- ze względu na wymagania normy [3] dotyczące czasu działania zabezpieczeń zwarciovych realizacja rezerwowania w przypadku sieci w pomieszczeniach zagrożonych wybuchem wiąże się z możliwością niewybiórczego działania zabezpieczeń.

Literatura

1. PN-G-42042:1998. *Środki ochronne i zabezpieczające w elektroenergetyce kopalnianej – Zabezpieczenia zwarciovie i przeciążeniowe – Wymagania i zasady doboru.*
2. PN-G-42070:2000. *Elektroenergetyka kopalniana. Sieci elektroenergetyczne o napięciu znamionowym powyżej 1 kV zasilające maszyny przodkowe. Wymagania.*
3. Boron S., Cholewa A., Gawor P.: *O potrzebie rezerwowania zabezpieczeń elektroenergetycznych w kopalnianych sieciach SN.* W: *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Górnictwo*, z. 274, s. 157-166, Gliwice 2006.
4. Winkler W., Wiszniewski A.: *Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych*, WNT, Warszawa 1999.
5. Żydanowicz J.: *Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa*, WNT, Warszawa 1985.
6. Żydanowicz J., Namiotkiewicz M.: *Automatyka zabezpieczeniowa w elektroenergetyce*, WNT, Warszawa 1983.

Artykuł został zrecenzowany przez dwóch niezależnych recenzentów.