

Kryteria i algorytm decyzyjny ziemnozwarciowego zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii WN i NN

Criteria and decisive algorithm of a zero-sequence current directional ground fault protection on HV and LV overhead lines

Właściwe funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego (SEE) jest uwarunkowane m.in. poprawnym działaniem układów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej (EAZ). Dotyczy to zarówno zakłóceń, jak i normalnych stanów pracy SEE. W zakłóceńskich stanach pracy SEE od układów EAZ wymaga się szybkiej detekcji i właściwej identyfikacji zakłócenia oraz wypracowania decyzji stosownej do charakteru tego zakłócenia (tj. decyzji o konieczności wyłączenia obiektu objętego zakłóceniem lub decyzji o dopuszczeniu do dalszej jego pracy podczas zakłóceń zlokalizowanych poza tym obiektem). Natomiast w normalnych stanach pracy SEE oczekuje się, że nie wystąpią zbędne zadziałania układów EAZ, które prowadzą do nieuzasadnionych wyłączeń w SEE (patrz m.in. [1-3]).

W Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (KSE) do ochrony linii WN i NN przed skutkami zwarć zwykle wykorzystuje się zabezpieczenia odcinkowe (m.in. zabezpieczenia różnicowoprądowe), zabezpieczenia odległościowe i ziemnozwarciowe zabezpieczenia zerowoprądowe kierunkowe [4, 5]. Zabezpieczenia odcinkowe i odległościowe należą do grupy podstawowych zabezpieczeń przeznaczonych do ochrony linii przed skutkami zwarć. Natomiast zabezpieczenia zerowoprądowe kierunkowe traktuje się jako zabezpieczenia rezerwowe. Ich rolą jest wyłączenie linii objętej zwarciem doziemnym, która nie została wyłączona przez zabezpieczenia podstawowe [6, 7].

Idea działania zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii WN i NN polega na ciągłej obserwacji składowej zerowej napięcia i prądu występujących w linii przypisanej do

zabezpieczenia. Kontrola parametrów lub kombinacji parametrów sygnałów składowej zerowej pozwala na wykrycie zwarcia doziemnego.

Schemat blokowy zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii

W ziemnozwarciowych zabezpieczeniach zerowoprądowych kierunkowych linii WN i NN można wyróżnić dwa podstawowe bloki funkcyjne: blok algorytmów pomiarowe i blok algorytmów decyzyjnych. Schemat blokowy zabezpieczenia przedstawiono na rysunku 1.

Pierwszy blok funkcyjny zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii – blok algorytmów pomiarowych – jest predestynowany do akwizycji i przetwarzania sygnałów wejściowych oraz wyznaczania wielkości kryterialnych zabezpieczenia. Zbiór sygnałów wejściowych zabezpieczenia jest determinowany zastosowaną w tym zabezpieczeniu metodą wyznaczania składowej zerowej sygnałów trójfazowych.

Dla metody analogowego pomiaru składowej zerowej napięcia i prądu (patrz [8, 9]) sygnałami wejściowymi zabezpieczenia są: składowa zerowa napięcia ($3u_0$) i składowa zerowa prądu ($3i_0$) wyznaczane poza zabezpieczeniem. Sygnał napięciowy pozyskuje się z układu otwartego trójkąta połączeń uzwojeń wtórnych przekładników napięciowych, sygnał prądowy zwykle pozyskuje się z układu Holmgreena połączeń



Rys. 1. Uproszczona struktura bloków funkcyjnych zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego

uzwojeń wtórnych przekładników prądowych lub z odpowiedniego układu połączeń prądowych obwodów wtórnych pola linii.

Dla metody cyfrowego wyznaczania składowej zerowej napięcia i prądu (patrz [8, 9]) sygnałami wejściowymi są: napięcie trójfazowe (trzy sygnały: u_{L1} , u_{L2} , u_{L3}) i prąd trójfazowy (trzy sygnały: i_{L1} , i_{L2} , i_{L3}). Dopiero na ich podstawie zabezpieczenie samodzielnie wyznacza składową zerową napięcia i składową zerową prądu. Wybór metody wyznaczania składowej zerowej decyduje również o zestawie algorytmów pomiarowych stosowanych do obliczania wielkości kryterialnych zabezpieczenia. Algorytmy te scharakteryzowano w [8] i [9], przedstawiając również strukturę toru wyznaczania wielkości kryterialnych właściwe dla obu wymienionych metod.

Dla ziemnozwarciowego zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii do zbioru wielkości kryterialnych zalicza się: wartość składowej zerowej prądu (I_0) oraz wartość przesunięcia fazowego między wektorami składowej zerowej napięcia i prądu (ϕ_0). Wymienione wielkości stanowią sygnały wejściowe bloku funkcyjnego algorytmy decyzyjne zabezpieczenia (patrz rys. 1).

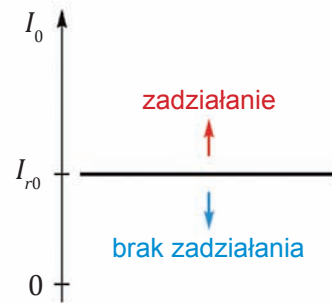
Blok algorytmy decyzyjne zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii WN i NN jest predestynowany do identyfikacji stanu pracy chronionej linii i wypracowania decyzji zezwalającej lub niezezwalającej na dalszą pracę tej linii w strukturze SEE. Do kontroli warunków pracy chronionej linii wykorzystuje się dwa kryteria, tj. kryterium nadprądowe i kryterium kątowoprądowe. Selektywne działanie zabezpieczenia wymaga jednoczesnego stosowania obu kryteriów decyzyjnych.

Nadprądowe kryterium decyzyjne zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii

Kryterium nadprądowe służy do kontrolowania wartości składowej zerowej prądu wyznaczanej w bloku funkcyjnym algorytmy pomiarowe zabezpieczenia ziemnozwarciowego. Realizacja tego kryterium polega na sprawdzaniu czy I_0 znajduje się poniżej lub powyżej nastawionego progu zadziałania zabezpieczenia (I_{r0}). Parametr I_{r0} dzieli możliwy zakres wartości składowej zerowej prądu płynącego chronioną linią na dwa przedziały, tj. przedział $0 - I_{r0}$ i przedział $I_{r0} - \infty$. Pierwszy z tych przedziałów odpowiada normalnym warunkom pracy chronionej linii (brak zwarcia doziemnego), drugi przedział – nienormalnym warunkom pracy tej linii (zaistnienie zwarcia doziemnego). Tym samym wzrost wartości składowej zerowej prądu „płynącego” w miejscu zainstalowania zabezpieczenia ponad próg I_{r0} świadczy o zaistnieniu zwarcia doziemnego w układzie sieciowym z chronioną linią. Pozwala to na detekcję wystąpienia tego zakłócenia. Zatem relacja logiczna kryterium nadprądowego algorytmu decyzyjnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego jest następująca: zadziałaj gdy $I_0 > I_{r0}$, nie zadziałaj gdy $I_0 < I_{r0}$. Relację tak sformułowanego kryterium zobrazowano na rysunku 2.

Sygnał wyjściowy bloku elementarnego kryterium nadprądowe (*decyzja I0* – patrz rys. 3), w ramach bloku funkcyjnego algorytmy decyzyjne zabezpieczenia ziemnozwarciowego, może przyjmować wartości logiczne „0” lub „1” (zakładając dwustanową postać sygnałów decyzyjnych zabezpieczenia). Przypo-

ządkowanie tych wartości do wyniku porównania obserwowanej wartości składowej zerowej prądu I_0 i progu zadziałania zabezpieczenia I_{r0} zamieszczono w tabeli 1. Wartości logiczne zestawiono również z odpowiadającymi im stanami pracy chronionej linii.

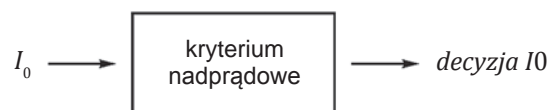


Rys. 2. Charakterystyka nadprądowego kryterium decyzyjnego zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego

Tabela 1

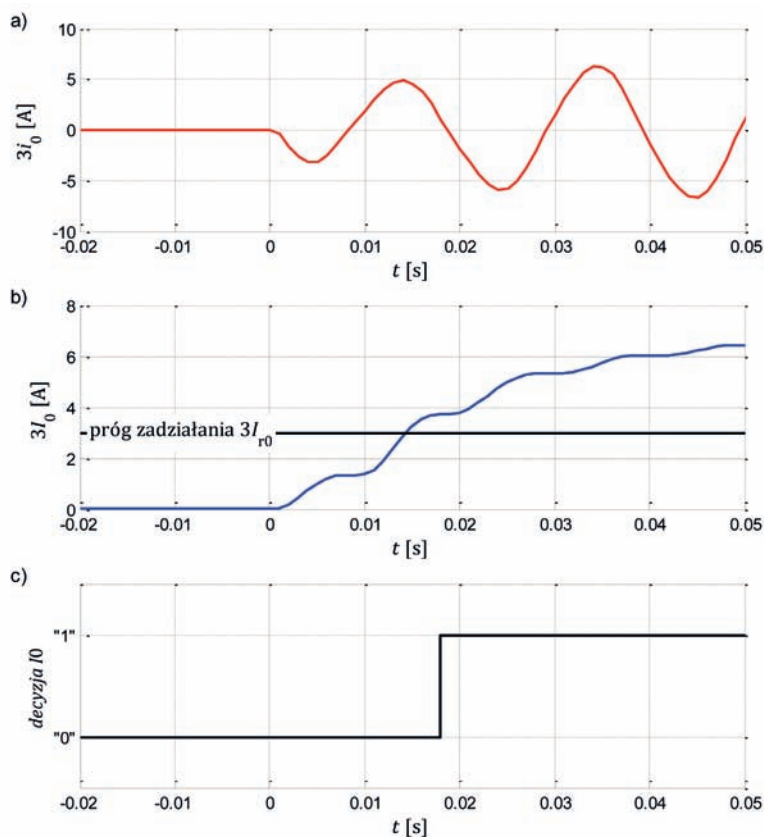
Sygnały decyzyjne kryterium nadprądowego zabezpieczenia ziemnozwarciowego

Wartość logiczna sygnału decyzyjnego <i>decyzja I0</i>	Wynik porównania I_0 i progu zadziałania I_{r0}	Zidentyfikowany stan pracy linii
„0”	$I_0 < I_{r0}$	normalne warunki pracy
„1”	$I_0 > I_{r0}$	zwarcie doziemne



Rys. 3. Ilustracja bloku elementarnego kryterium nadprądowego bloku funkcyjnego algorytmy decyzyjne zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego

Kryterium nadprądowe algorytmu decyzyjnego zabezpieczenia ziemnozwarciowego pozwala na wykrycie zaistnienia stanu pracy układu sieciowego, któremu towarzyszy wzrost wartości składowej zerowej prądu „płynącego” w miejscu zainstalowania zabezpieczenia I_0 ponad próg I_{r0} . Wówczas sygnał decyzyjny kryterium *decyzja I0* przyjmuje wartość logiczną „1” (patrz tab. 1). Przykładową detekcję zwarcia doziemnego zaistniałego w linii 220 kV, opartą na kryterium nadprądowym, przedstawiono na rysunku 4. Wykorzystano rzeczywiste przebiegi czasowe sygnałów wejściowych układów EAZ zarejestrowane podczas zwarcia spowodowanego zerwaniem izolatora (patrz rys. 4a). Sygnały wewnętrzne zabezpieczenia, tj. sygnał wielkości kryterialnej $3I_0$ (patrz rys. 4b) i sygnał wyjściowy kryterium nadprądowego algorytmu decyzyjnego zabezpieczenia *decyzja I0* (patrz rys. 4c), uzyskano na drodze symulacyjnej. W tym celu opracowano model ziemnozwarciowego zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii sieci przesyłowej. Model ten odwzorowuje rzeczywiste zabezpieczenia elektroenergetyczne linii WN i NN (patrz m.in. [6, 7]). Również próg zadziałania zabezpieczenia I_{r0} odpowiada nastawieniu aktywnemu w układzie EAZ rozpa-trywanej linii.



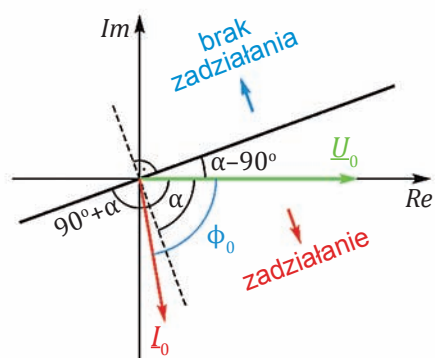
Rys. 4. Detekcja zwarcia doziemnego przez kryterium nadprądowe zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii (zakłócenie w 0 s)

Dla rozpatrywanego przypadku zwarcia doziemnego nadprądowe kryterium decyzyjne zabezpieczenia wykryło zakłócenie po 18 ms od chwili jego wystąpienia – wówczas $decyzja I_0 = „1”$. Szybkość wykrycia zwarcia jest determinowana m.in. dynamiką zmian wielkości kryterialnej oraz parametrami elementów toru przetwarzania sygnałów zabezpieczenia (przede wszystkim wynika to ze stosowania pełnokresowych filtrów cyfrowych, których stan quasi-ustalony odpowiedzi filtru po skokowej zmianie sygnału wejściowego pojawia się po 20 ms). Dodatkowo, w układach EAZ jest stosowana procedura weryfikacji trwałości zmiany stanu dwustanowego sygnału decyzyjnego – sprawdza się czy stan ten utrzymuje się co najmniej przez kilka następujących po sobie próbek sygnału (przy częstotliwości próbkowania sygnałów równej 1000 Hz wprowadza to opóźnienie czasowe generacji decyzji wynoszące kilka ms).

Kątowoprądowe kryterium decyzyjne zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii

Kryterium kątowoprądowe służy do kontrolowania wartości przesunięcia fazowego między wektorami składowej zerowej napięcia i prądu (ϕ_0). Znajomość tej wielkości kryterialnej pozwala określić kierunek przepływu składowej zerowej prądu przez miejsce zainstalowania zabezpieczenia. Relacja logiczna tego kryterium jest następująca: pozwól zadziałać, gdy prąd płynie „w przód”, tj. w kierunku od zabezpieczenia w głąb linii chronionej, blokuj zadziałanie, gdy prąd płynie „w tył”, tj. w kierunku od linii chronionej do zabezpieczenia. Charakterystykę działania zabezpieczenia wynikającą z tego kryterium decyzyjnego przedstawiono na rysunku 5. W celu rozróżnienia kierunku przepływu składowej zerowej prądu przez miejsce zainstalowania zabezpieczenia dokonuje się podziału płaszczyzny zespolonej na dwa obszary, tj. obszar działania

(wówczas występuje przepływ prądu zwarciego „w przód”) oraz obszar blokowania (wówczas występuje przepływ prądu zwarciego „w tył”). Powstałe obszary rozdziela prosta przechodząca przez początek układu współrzędnych. Nachylenie prostej determinuje kąt charakterystyczny zabezpieczenia α . Jest to kąt zawarty między prostą prostopadłą do prostej granicznej a osią rzeczywistą płaszczyzny zespolonej (patrz rys. 5). Obszar działania definiuje przedział zadziałania zabezpieczenia z uwagi na kątowoprądowe kryterium decyzyjne. Przedział zadziałania określa, jakie wartości kąta ϕ_0 odpowiadają kierunkowi „w przód” przepływu prądu zwarciego, dla których dopuszcza się zadziałanie zabezpieczenia. Wartości graniczne tego przedziału to $\alpha - 90^\circ$ oraz $90^\circ + \alpha$, co oznaczono na rysunku 5.



Rys. 5. Charakterystyka kątowoprądowego kryterium decyzyjnego zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego

Realizacja kryterium kątowoprądowego polega na sprawdzeniu czy wartość obserwowanej wielkości kryterialnej (ϕ_0) znajduje się wewnątrz lub na zewnątrz nastawionego przedziału zadziałania zabezpieczenia. Zależnie od wyniku porównania sygnał decyzyjny $decyzja \phi_0$ (sygnał wyjściowy bloku elementarnego kryterium kątowoprądowego bloku funkcyjnego algorytmu decyzyjne zabezpieczenia) może przyjmować wartości logiczne „0” lub „1” (patrz tab. 2).

Wykorzystanie kryterium kątowoprądowego do określania kierunku przepływu składowej zerowej prądu przez miejsce zainstalowania zabezpieczenia ziemnozwarciowego przedstawiono na przykładzie zwarcia doziemnego zaistniałego w KSE w linii 220 kV. Jest to zdarzenie sieciowe, które rozpatrywano również dla kryterium nadprądowego (patrz rys. 4).

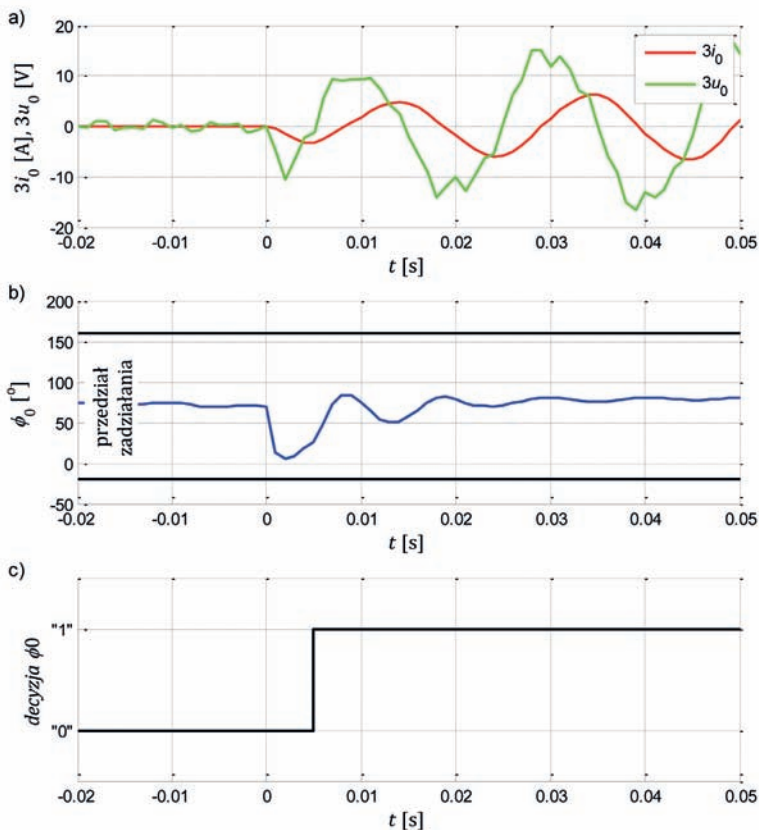
Na rysunku 6 zamieszczono zarejestrowane rzeczywiste sygnały wejściowe zabezpieczenia niezbędne do wyznaczenia wielkości kryterialnej kryterium kątowoprądowego (patrz rys. 6a), obliczoną wielkość kryterialną ϕ_0 (patrz rys. 6b) i sygnał decyzyjny $decyzja \phi_0$ (patrz rys. 6c) kryterium

pochodzące z modelu zabezpieczenia ziemnozwarciowego. Dla rozpatrywanego zwarcia doziemnego kątowoprądowe kryterium decyzyjne wypracowało sygnał decyzyjny zezwalający na zadziałanie zabezpieczenia po 5 ms od chwili wystąpienia zakłócenia – wówczas *decyzja* $\phi_0 = „1”$.

Tabela 2

Sygnaly decyzyjne kryterium kątowoprądowego zabezpieczenia ziemnozwarciowego

Wartość logiczna sygnału decyzyjnego <i>decyzja</i> ϕ_0	Wynik porównania ϕ_0 i przedziału zadziałania	Zidentyfikowany kierunek przepływu prądu
„0”	$(\alpha - 90^\circ) > \phi_0 > (90^\circ + \alpha)$	„w tył”
„1”	$(\alpha - 90^\circ) < \phi_0 < (90^\circ + \alpha)$	„w przód”



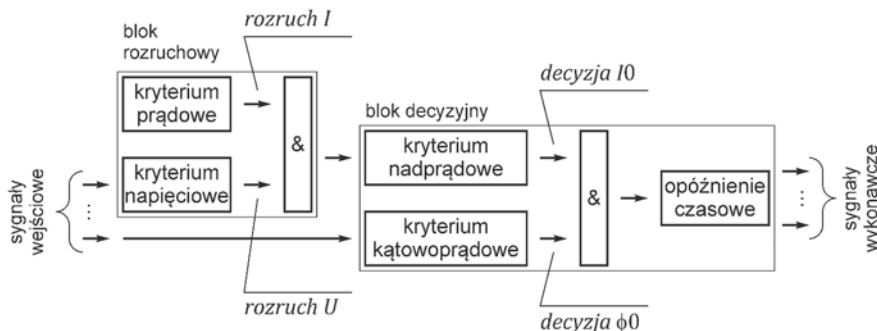
Rys. 6. Detekcja zwarcia doziemnego przez kryterium kątowoprądowe zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii (zakłócenie w 0 s)

Algorytmy decyzyjne

W strukturze bloku funkcyjnego algorytmy decyzyjne zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii (patrz schemat blokowy na rys. 1) można wyróżnić dwa podstawowe bloki: blok rozruchowy oraz blok decyzyjny. Każdy z tych bloków składa się z kilku bloków elementarnych, co zobrażowano na rysunku 7.

Na blok decyzyjny składają się przede wszystkim bloki elementarne nadprądowe kryterium decyzyjnego i kątowoprądowe kryterium decyzyjnego. Kryterium nadprądowe jest predestynowane do detekcji zaistnienia zwarcia doziemnego. Funkcjonalność ta jest realizowana poprzez kontrolowanie wartości składowej zerowej prądu. Natomiast kryterium kątowoprądowe, kontrolując wartość przesunięcia fazowego między wektorami składowej zerowej napięcia i prądu, określa kierunek przepływu prądu zwarciego. Dopuszcza do zadziałania zabezpieczenia jedynie dla zwarć zlokalizowanych „z przodu” zabezpieczenia. Spełnienie tego wymogu selektywnego działania zabezpieczenia determinuje konieczność jednoczesnego kontrolowania obu kryteriów decyzyjnych. Tym samym jedynie dla zdarzeń sieciowych, dla których sygnały decyzyjne opisane warunkami logicznymi kryterium nadprądowego i kątowoprądowego przyjmują wartość logiczną „1”, możliwe jest zadziałanie zabezpieczenia. Stąd obecność bloku elementarnego iloczynu logicznego w strukturze bloku decyzyjnego. Wówczas sygnał decyzji końcowej może być dystrybuowany do elementów wykonawczych (wyłącznik, sygnalizacja itd.), przy czym uwzględnia się ewentualne opóźnienie czasowe zadziałania zabezpieczenia zależne od przyjętej funkcjonalności układów EAZ chronionej linii i obiektów sąsiadujących.

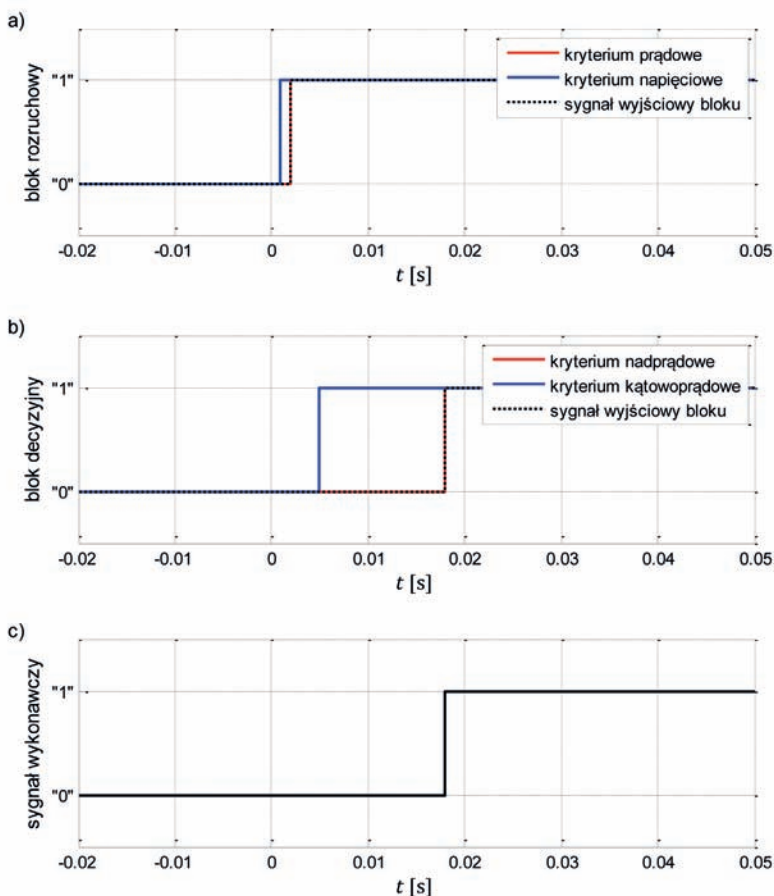
Rozpoczęcie procesu wypracowywania decyzji o zadziałaniu lub niezadziałaniu zabezpieczenia jest poprzedzone kontrolą wartości wejściowych sygnałów napięciowego i prądowego. Sprawdzenie to jest realizowane w bloku rozruchowym. Rolą tego bloku jest niedopuszczenie



Rys. 7. Schemat blokowy toru wypracowania decyzji zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego

do zbędnych, nieuzasadnionych zadziałań zabezpieczenia. Może to nastąpić wskutek błędów wyznaczania wielkości kryterialnych, jeśli sygnały wejściowe zabezpieczenia mają niewielkie wartości (rzędu kilku procent poziomu znamionowego). Zadanie to jest wykonywane przez kryterium prądowe (kontrola wartości składowej zerowej prądu) i kryterium napięciowe (kontrola wartości składowej zerowej napięcia). Blok rozruchowy dopuszcza do dalszej realizacji procesu wypracowywania decyzji wówczas, gdy $I_0 > 5\%$ prądu znamionowego przekładników prądowych i $U_0 > (1 - 10)\%$ napięcia znamionowego przekładników napięciowych. Przedstawione wartości progowe odzwierciedlają nastawienia rzeczywistych zabezpieczeń ziemnozwarciowych linii WN i NN. Dopiero po spełnieniu obu kryteriów (*rozruch I = „1”* i *rozruch U = „1”*) blok rozruchowy aktywuje blok decyzyjny. Weryfikacja jednoczesnego spełnienia prądowego i napięciowego kryteriów rozruchowych odbywa się w bloku elementarnym iloczynu logicznego (patrz rys. 7).

Na rysunku 8 zilustrowano proces wypracowywania decyzji o wyłączeniu linii przez ziemnozwarciowe zabezpieczenie zerowoprądowe kierunkowe. Wykorzystano do tego wcześniej scharakteryzowany przykład zwarcia doziemnego, które miało miejsce w linii 220 kV KSE. Na rysunku tym zamieszczono przebiegi czasowe sygnałów cząstkowych i wyjściowego bloku rozruchowego (patrz rys. 8a), przebiegi czasowe sygnałów cząstkowych i wyjściowego bloku decyzyjnego (patrz rys. 8b) oraz wypracowany sygnał wykonawczy (patrz rys. 8c), pochodzące z modelu zabezpieczenia ziemnozwarciowego. Zaznacza się, że w celu ułatwienia interpretacji wyników nie uwzględniono wprowadzanego w układach rzeczywistych opóźnienia czasowego zadziałania zabezpieczeń ziemnozwarciowych.



Rys. 8. Sygnały decyzji cząstkowych i końcowej algorytmu decyzyjnego zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii (zakłócenie w 0 s)

Wpływ metody wyznaczania składowej zerowej na poprawność detekcji zwarć

W układach EAZ opartych na technice cyfrowej, które realizują funkcję ziemnozwarciowego zabezpieczenia zerowoprądowego kierunkowego linii sieci WN i NN, można korzystać z dwóch metod pozyskiwania składowej zerowej sygnałów trójfazowych. Stosuje się metodę analogowego pomiaru składowej zerowej napięcia i prądu lub metodę cyfrowego wyznaczania składowej zerowej napięcia i prądu. Metoda analogowego pomiaru składowej zerowej napięcia i prądu to metoda charakteryzująca się zewnętrznym wyznaczaniem składowej zerowej, tj. poza zabezpieczeniem. Natomiast metoda cyfrowego wyznaczania składowej zerowej napięcia i prądu to metoda, w której składowa zerowa jest wyznaczana samodzielnie przez zabezpieczenie, tj. wewnątrz zabezpieczenia.

W [8] dokonano analizy porównawczej wpływu wyboru metody na poprawność wyznaczania wielkości kryterialnych zabezpieczenia. Wykazano, że dla zwarć doziemnych występujących w liniach WN i NN rezultaty uzyskane dla obu wymienionych metod są praktycznie identyczne (niewielkie różnice można uznać za pomijalne). Dla zakłóceń zwarciowych rozpatrywanych w [8] maksymalna różnica wartości wielkości kryterialnych zabezpieczenia dla porównywanych metod nie przekraczała 1%. Zdarzenia te wykorzystano również w analizie porównawczej identyfikującej wpływ wyboru metody wyznaczania składowej zerowej na poprawność detekcji zwarć. Sprawdzano wykrycie zakłócenia przez zabezpieczenie oraz czas jego detekcji. Wyniki przeprowadzonej weryfikacji zamieszczono w tabeli 3.

Tabela 3

Poprawność i szybkość detekcji zwarć doziemnych dla metody analogowego pomiaru składowej zerowej (metoda analog) i metody cyfrowego wyznaczania składowej zerowej (metoda cyfr)

Linia objęta zdarzeniem	Przyczyna zdarzenia	Detekcja zwarcia		Czas detekcji zwarcia	
		metoda analog	metoda cyfr	metoda analog	metoda cyfr
Linia 220 kV	zerwanie izolatora	tak	tak	18 ms	18 ms
Linia 400 kV	uszkodzenie przewodu odgromowego	tak	tak	11 ms	11 ms

Wnioski dotyczące wyboru metody wyznaczania składowej zerowej

Na podstawie uzyskanych wyników przeprowadzonej symulacyjnej analizy porównawczej metod wyznaczania składowej zerowej, implementowanych

w ziemnozwarciowych zabezpieczeniach zerowoprądowych kierunkowych linii sieci WN i NN, wnioskując się, że niezależnie od stosowanej metody wyznaczania składowej zerowej (metoda analogowego pomiaru składowej zerowej napięcia i prądu lub metoda cyfrowego wyznaczania składowej zerowej napięcia i prądu) nie obserwuje się różnic w identyfikacji stanu pracy chronionej linii oraz szybkości wypracowania decyzji wykonawczych przez zabezpieczenie.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Winkler W, Wiszniewski A.: Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych, WNT, Warszawa 2004.
- [2] Żydanowicz J.: Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa, WNT, Warszawa 1985.
- [3] Korniluk W., Woliński K.: Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Białostockiej, Białystok 2012.

- [4] PSE S.A., Standardowa Specyfikacja Funkcjonalna. 2.3. Elektroenergetyczna automatyka zabezpieczeniowa, pomiary i układy obwodów wtórnych, Warszawa 2010.
- [5] Instrukcje Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej operatorów sieci dystrybucyjnych KSE, stan na rok 2015.
- [6] PSE S.A., Standardowa Specyfikacja Funkcjonalna. Zabezpieczenie ziemnozwarciowe zerowoprądowe kierunkowe, Warszawa 2010.
- [7] Zabezpieczenie napowietrznych linii przesyłowych 400 kV. Applications for SIPROTEC Protection Relays, Siemens PTD EA, 2005.
- [8] Rzepka P., Szabliski M.: Nowe możliwości pomiarowe w zabezpieczeniach ziemnozwarciowych linii WN w sieciach o skutecznym uziemieniu punkcie neutralnym. *Automatyka, elektryka, zaktócenia* 2015, nr 3 (21), s. 18-30.
- [9] Szafran J., Wiszniewski A.: Algorytmy pomiarowe i decyzyjne cyfrowej automatyki elektroenergetycznej. WNT, Warszawa, 2001.



Energoelektronika.pl

WORTAL



- nowości z branży
- porady specjalistów
- przegląd prasy branżowej
- katalogi firm i producentów
- opisy urządzeń i podzespołów
- kalendarium ważnych wydarzeń
- słownik techniczny angielsko-polski i polsko-angielski

WORTAL BRANŻOWY

www.energoelektronika.pl

Seminaria techniczne

- 26.01.2017 - Kielce - edycja 49
- 23.02.2017 - Olsztyn - edycja 50
- 23.03.2017 - Katowice - edycja VII
- 20.04.2017 - Piła - edycja 51
- 16.05.2017 - Rzeszów - edycja 52
- 13.06.2017 - Elbląg - edycja 53
- 21.09.2017 - Siedlce - edycja 54
- 24-25.10.2017 - Wrocław (2 dni) - edycja VIII
- 23.11.2017 - Kraków - edycja 55
- 06.12.2017 - Zielona Góra - edycja 56

PRAKTYCZNE SZKOLENIA

Programowanie sterowników
PLC Simens S7-1200



DRUKOWANY BIULETYN BRANŻOWY



NEWSLETTER (11.000 ODBIORCÓW)



Energoelektronika.pl tel. (+48) 22 70 35 290/291, fax (+48) 22 70 35 101
marketing@energoelektronika.pl, www.energoelektronika.pl