

Dobór zabezpieczeń dla wyłączników sterowanych radiowo w liniach elektroenergetycznych średniego napięcia SN

JEL: L96 DOI: 10.24136/atest.2018.412

Data zgłoszenia: 19.11.2018 Data akceptacji: 15.12.2018

W artykule zaprezentowano analizę technologiczno-konstrukcyjną wyłącznika średniego napięcia SN typu GVR RECLOSER sterowanego zdalnie oraz odpowiedniego doboru jego zabezpieczeń.

Słowa kluczowe: sterowanie radiowe, telematyka, wyłącznik średnich napięć SN.

Wstęp

Sieć elektroenergetyczna średniego napięcia SN to sieć elektroenergetyczna, w której napięcie elektryczne wynosi od 1kV do 60kV. Średnie napięcie jest szeroko stosowane w sieciach elektroenergetycznych do przesyłania na średnie odległości jak również rozdziału energii elektrycznej. Jest używane jako napięcie pośrednie, pomiędzy napięciem wysokim używanym do przesyłu energii na duże odległości, a napięciem niskim doprowadzanym do odbiorcy końcowego. W Polsce sieć elektroenergetyczna średniego napięcia SN jest jednym z elementów w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym (KSE).

Wyłączniki średnich napięć (SN) obsługują typowe sieci rozdzielcze w aglomeracjach miejskich, sieci terenowe oraz sieci w zakładach przemysłowych, w tym w elektrowniach [8].

Z punktu widzenia ich obciążeń i narażeń napięciowych, prądowych, łączeniowych, środowiskowych można mówić przede wszystkim o typowych wyłącznikach rozdzielczych pracujących przy średnim i niskim poziomie wymienionych obciążeń i narażeń, przy wymaganej niskiej częstotliwości łączeń a zatem i trwałości łączeniowej – właśnie w sieciach rozdzielczych miejskich i terenowych [2].

Z kolei w sieciach obsługujących zakłady przemysłowe, huty i elektrownie obok łączenia linii kablowych, napowietrznych, transformatorów – występuje konieczność łączenia silników, również wysokonapięciowych, baterii kondensatorów, pieców lukowych, generatorów a także hydrogeneratorów. Zadania takie obejmują problematykę dużych częstotliwości łączeń i wymaganej wysokiej trwałości łączeniowej, skrajnie wysokich obciążeń i narażeń prądowych i łączeniowych - w tym również bardzo wysokich, sięgających 5 kV/ps wartości stromości przebiegów początkowego przejściowego napięcia powrotnego – Initial Transient Recovery Voltage – ITRV [14].

Sięgający już ponad 130 lat okres rozwoju elektroenergetyki światowej to również okres powstawania i rozwoju kolejnych rodzajów i generacji wyłączników SN – poczynając od najprostszych konstrukcji pełno olejowych, następnie magneto wydmuchowych, małoolejowych, gazowydmuchowych, pneumatycznych do współcześnie rozwijanych wyłączników próżniowych i sześciofluorkowych [14].

Można wyróżnić pewne własności/cechy szczególne omawianych wyłączników – charakterystyczne dla ich poszczególnych rodzajów i wyznaczających punkty charakterystyczne/zwrotne ich rozwoju [8]:

– Zależność lub niezależność poszczególnych stosowanych technik wyłączania/gaszenia łuku od natężenia wyłączanego

prądu. Do grupy układów gaszeniowych o intensywności niezależnej od natężenia prądu łuku należą tylko układy pneumatyczne i należące również do historii rozwoju wyłączników układy dwuciśnieniowe sześciofluorkowe. W pozostałych układach natężenie prądu łuku wyłączeniowego wpływa przede wszystkim na czas palenia się łuku; w przedziale tzw. prądów krytycznych występuje niedopuszczalne wydłużanie czasu lukowego eliminowane drogą podmuchu autopneumatycznego w wyłącznikach magneto-wydmuchowych lub mechanicznego wtłoku oleju w komorach wyłączników małoolejowych. W próżniowych komorach gaszeniowych postać wyładowania lukowego (rozproszona-dyfuzyjna lub ściągnięta) zależy od natężenia prądu łuku.

- Stosowanie układów samosprężnych, tj. niewymagających wcześniejszego przygotowywania i gromadzenia czynnika gaszeniowego, np. sprężonego powietrza. Technika okazała się wysoce skuteczna w przypadku gazu SF6 – jednak dla wyłączenia większych prądów konieczne stały się napędy o wielkich mocach mechanicznych (elektrohydrauliczne). Skutecznym rozwiązaniem stały się sześciofluorkowe komory gaszeniowe z termoeekspansją - wykorzystujące energię łuku dla zapewnienia przepływu gazu gaszeniowego. W przedziale SN wykorzystano technikę łuku wirującego w SF6. Ponieważ zarówno efekt termoeekspansji jak i wspomaganie polem magnetycznym od prądu łuku okazały się skuteczne w przedziale większych prądów – koniecznym okazało się pewne sprężanie gazu zapewniające poprawne przerywanie prądów o mniejszych natężeniach.
- Stopień urzeczywistnienia idei wyłącznika bezobsługowego o dostatecznie wysokiej trwałości łączeniowej – również w przedziale prądów zwarciovych. Z tą cechą wiążą się oczywiście wymagane w trakcie eksploatacji zabiegi obsługowe – dotyczące przede wszystkim układów stykowo-gaszeniowych oraz napędów.
- Wpływ wyłącznika na środowisko w postaci hałaśliwości jego działania, ew. zanieczyszczania środowiska medium gaszeniowo - izolacyjnym, przenikaniem do środowiska produktów toksycznych.
- Hermetyczność budowy układów gaszeniowych/biegunów wyłączników.

Na tle powyższych uwag oczywista staje się konkluzja, że dominującą pozycję wśród wyłączników SN osiągnęły wyłączniki próżniowe, ale również styczniki, rozłączniki oraz reclosery (tj. łączniki przeznaczone do wielokrotnego SPZ – zwykle z wydłużanymi czasami przerw bezprądowych w kolejnych cyklach łączenia. Stosowane przede wszystkim w sieciach terenowych o układzie promieniowym) - wyposażone w takie układy gaszeniowe. Łączniki z układami gaszeniowymi wykorzystujące SF6 posiadają istotne zalety łączeniowe i elektroizolacyjne – ale niższe, porównaniu z układami próżniowymi są ich trwałości łączeniowe; ich dalszemu rozpowszechnianiu przeciwdziałają względy środowiskowe [17].

Głównym celem artykułu jest analiza wykorzystywania i doboru zabezpieczeń dla wyłączników w liniach średniego napięcia na przykładzie praktycznym zastosowania napowietrznego wyłącznika

typu GVR RECLOSER sterowanego zdalnie w sieciach elektroenergetycznych SN.

1. Charakterystyka techniczna elementów wyłącznika SN typu GVR RECLOSER sterowanego zdalnie

Wyłącznik typu GVR RECLOSER sterowany zdalnie (Rys. 1.) wykorzystywany jest do sieli napowietrznych, głównie sieci dystrybuujących prąd elektryczny średniego napięcia. Wyłącznik tego typu charakteryzuje się niezawodnością, która istnieje dzięki nowatorskim rozwiązaniom technologicznym i wykorzystaniem materiałów najwyższych jakości.



Rys. 1. Wyłącznik typu GVR RECLOSER sterowany zdalnie wyposażony w systemy telematyczne [29]

Prezentowany typ samoczynnego wyłącznika sterowanego radiowo dla sieci średniego napięcia posiada układ telematyczny oraz specjalistyczne zabezpieczenie ExSimon jest wykorzystywane w napowietrznych liniach średniego napięcia. Wyłącznik ten należy do większej części systemu automatyzacyjnego dyspozytorskiego, który umożliwia rekonfigurację i kontrolę bezprzewodową nad daną siecią SN. Dzięki sterowaniu zdalnemu wyłącznik jest regulowany bezprzewodowo z dyspozytorni lub kanału inżynierskiego. Wyłącznik typu GVR RECLOSER sterowany zdalnie oraz systemu sterownika z zabezpieczeniem i technologii radiowej/bezprzewodowej pozwala zakładom energetycznym na przesyłanie zasilania do odbiorców bez większych usterek czy zawirowań na linii napowietrznej. System natychmiastowo lokalizuje powstałe awarie oraz zmniejsza diametralnie koszty obsługi urządzeń na sieciach SN. Wyłącznik tego typu pozwala na dwudziestoletnie działanie bezobsługowe i maksymalną liczbę połączeń w granicach ± 30000 tysięcy.

Uzyskanie tak wysokich parametrów niezawodnego funkcjonowania wyłącznika sterowanego zdalnie linii SN możliwe było dzięki:

- ultranowoczesnemu napędowi magnetycznemu o konstrukcji jednocewkowej, dzięki któremu istnieje możliwość sterowania wyłącznikiem bez względu na płynące napięcie sieci SN;
- brak powstawania produktów rozpadowych gazu SF₆ w momencie wyłączania i przerywania łuku elektrycznego w próżni;
- idealnemu dopasowaniu montażowemu na słup i mocnej nierdzewnej aluminiowej obudowie;
- odpowiednio skonstruowanym przepustom z EPDM, które charakteryzują się odpornością na zewnętrzne uszkodzenia;
- redukcji zbędnych elementów głównie tych ruchomych, jakie występują w innych konwencjonalnych rozwiązaniach.

Wysoka niezawodność prezentowanego wyłącznika SN służącego do gaszenia łuku elektrycznego w próżni oraz odznaczającego się bardzo wysoką wytrzymałością dielektryczną w sterowaniu medium w danej jednostce niewymagającej obsługi wynika z zastosowania specjalnych komór próżniowych oraz wykorzystania gazu SF₆, który służy do wypełnienia wnętrza wyłącznika, aby zminimalizować możliwość przedostawania się do wnętrza zanieczyszczeń.

Podkreślić należy, iż zastosowany w wyłączniku gaz SF₆ odpowiedzialny jest za prawidłową izolację wnętrza wyłącznika, przez co nie bierze udziału w gaszeniu zainicjowanego łuku energetycznego

– i nie powstają przy tym odpady. Taka konstrukcja wyłącznika sprawia, iż jego żywotność jest wyższa niż ta, która deklarowana jest w normie ANSI i IEC.

W wyłączniku zastosowano napęd magnetyczny z magnesów neodymowych (NdFeB), który charakteryzuje się bardzo stabilnym funkcjonowaniem oraz konstrukcją, która zawiera mniej elementów ruchomych. Wyłącznik zbudowany jest także z izolatorów EPDM, które są bardzo rygorystycznie kontrolowane oraz ich parametry są sprawdzane podczas oddziaływania mgły solnej i reakcji na prądy powierzchniowe oraz wpływ ataku erozji według obowiązującej normy IEC 1109.

W Tab. 1. przedstawiono podstawowe parametry technologiczne wyłącznika GVR Recloser sterowanego zdalnie.

Tab. 1. Podstawowe parametry technologiczne wyłącznika GVR Recloser sterowanego zdalnie [29]

Typ	GVR 27	GVR 38	
Napięcie znamionowe U_n	kV	27	38
Prąd znamionowy ciągły I_n	A	630	630
Prąd znamionowy wyłączeniowy I_k	kA	12,5	8
Prąd znamionowy złączeniowy I_p	kA	31,2	25
Częstotliwość znamionowa f_n	Hz	50	50
Napięcie udarowe piorunowe wytrzymywane U_{pr} (1,2/50 μ s)	kV	125 do ziemi i międzyfazowo 150 między otwartymi stykami	150 do ziemi i międzyfazowo 170 między otwartymi stykami
W środowisku suchym	kV	60	70
W deszczu	kV	50	60
Znamionowe ciśnienie gazu SF ₆ (w przybliżeniu) P		atmosferyczne	0,3 bar (nadciśnienie)
Masa SF ₆	kg	0,6	0,6
Trwałość mechaniczna		30 000	30 000
Ilość cykli łączeniowych przy wartości prądu wyłączeniowego ≤ 2000 A		10 000	10 000
Zakres temperatur pracy		-40°C + +50°C	
Masa	kg	145	155

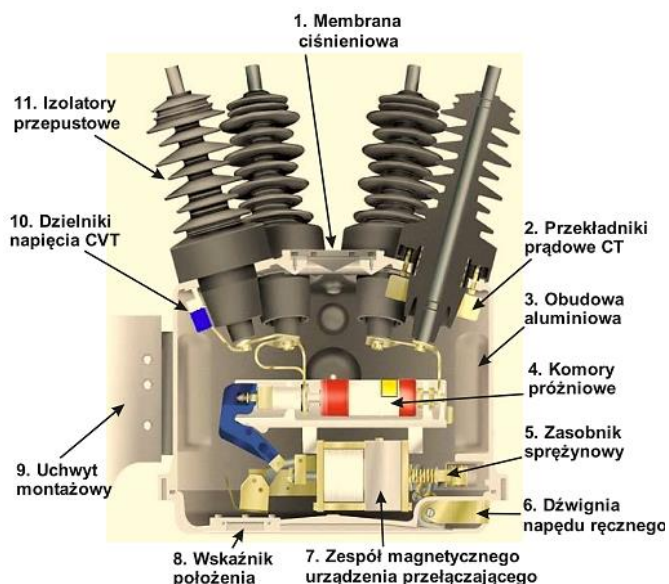
2. Opis budowy elementów wyłącznika GVR RECLOSER sterowanego zdalnie

Prezentowany wyłącznik GVR RECLOSER sterowany zdalnie posiada w swojej konstrukcji wyłącznik trójfazowy próżniowy zautomatyzowany, także mechanizm inicjujący opakowany w szczelnej aluminiowej kopule/obudowie. D obudowy włączony jest gaz SF₆, dzięki któremu można osiągnąć prawidłową izolację wewnętrzną oraz w ten sposób istnieje stała kontrola wewnętrznych elementów elektryczno-mechanicznych.

Komory próżniowe odpowiedzialne są za funkcję włączania wyłączania, przez co nie inicjowane są żadne odpady podczas powstawania łuku elektrycznego wewnątrz komory z gazem SF₆. Wyłącznik ten posiada trójfazową formę z przytwierdzonymi komorami próżniowymi wraz z układem mechaniki. Na końcu formy zainstalowane są punkty przegubowe belki, która odpowiada za sterowanie trzema fazami. Belka ta podłączona jest do urządzenia magnetycznego, którego zadaniem jest proces uruchamiania. Obudowa aluminiowa zawiera 6 wyprasek przeznaczonych do izolatorów przepustowych. W standardowym wyposażeniu wyłącznik zawiera 3 sztuki przekładników prądowych – CT oraz 3 sztuki napięciowych przekładników – CVT. Kabel zasilający zainstalowany z boku podłączony jest do szybkozłączka gazoszczelnego, a dzięki niemu możliwe jest dokonywanie sterowania oraz pozostałych funkcji elektrycznych.

Wyłącznik GVR o charakterze próżniowym za pomocą specjalnego kabla funkcjonuje z układem zabezpieczającym oraz systemem telematycznym ExSimon.

Na Rys. 2. przedstawiono wewnętrzny przekrój konstrukcyjny wyłącznika sterowanego zdalnie samoczynnego GVR Recloser.



Rys. 2. Wewnętrzny przekrój konstrukcyjny wyłącznika sterowanego zdalnie samoczynnego GVR Recloser [29]

Na Rys. 3. przedstawiono rzeczywiste elementy wchodzące w skład wyłącznika GVR Recloser sterowanego zdalnie, na który składają się:

- komory łączeniowe – z próżnią;
- napęd magnetyczny;
- wskaźnik położenia łącznika oraz
- kabel odpowiedzialny za sterowanie z gniazdem.



Rys. 3. Rzeczywiste elementy wchodzące w skład wyłącznika GVR Recloser sterowanego zdalnie [29]

Napęd magnetyczny jednocewkowy (załączenie i wyłączenie)

Sterownik posiada konstrukcję bi-stabilną co przekłada się na podtrzymywanie rdzenia cewki w pozycji wyłączonej do czasu, w którym natężenie prądu przechodzącego przez elektromagnes będzie na poziomie pozwalającym na uruchomienie wyłącznika. W przypadku przekroczenia siły trzymającej następuje inicjacja wyłącznika w odpowiedzi na oddziaływanie elektromagnesu oraz magnesu stałego.

Odnosząc kwestii wyłączenia napędu magnetycznego można stwierdzić, iż elektromagnes jest pobudzany przeciwnie w celu zniesienia sił trzymających stały magnes i tym samym zwolnienie napędu. Czynność wyłączenia jest wzmacniany pozyskaną energią ze sprężyn, która jest energią oddzielną od głównego źródła napięciowego, który zasila elektromagnes podczas procesu wyłączenia oraz niezależnie od czynności wyłączenia w sposób ręczny przez operatora. Wielkość energii wymaganej do wyłączenia napędu to

około $\frac{1}{30}$ wykorzystywanej energii podczas procesu załączeniowego.

Cewka napędu magnetycznego podczas włączania wyłącznika pobudza się w tylko ustalonym jednym kierunku, a w kierunku odwrotnym wyłącza wyłącznik i odblokowana zostaje sprężyna wcześniej napięta.

Takie rozwiązanie techniczne powoduje sprawne i niezawodne wyłączenie bez względu na poziom naładowania akumulatora, także podczas wyłączenia w sposób ręczny przez operatora.

Sterowanie radiowe/zdalne oraz sterowanie ręczne wyłącznika

Proces zamykania wyłącznika może być zainicjowany tylko poprzez cewkę elektromagnesu i źródło energii elektrycznej. Inicjacja załączenia może przebiegać w sposób zdalny oraz manualny (przyciski załącz/wyłącz) do sterowania lokalnie po ówczesnym wyborze odpowiedniego trybu pracy przy pomocy krzywkowego łącznika znajdującego się w skrzynce sterowniczej – Sterownik: Ex-SIMON-GVR/Ex-mBEL_GVR.

Urządzenie może być oczywiście wyłączane w sposób radio-wy/zdalny (elektryczny) oraz za pomocą uchwytu ręcznego znajdującego się na dole obudowy wyłącznika.

3. Sterowniki telematyczne systemu wyłącznika SN typu GVR RECLOSER

1.1. Charakterystyka techniczna sterownika Ex-SIMON-GVR/Ex-mBEL_GVR

Aby wyłącznik SN działał prawidłowo wymaga odpowiedniego sterowania zdalnego. Takie funkcję pełni sterownik telemechaniczny Ex-SIMON-GVR/Ex-mBEL_GVR, który odpowiada także za komunikację obiektową z odpowiednimi systemami nadzorującymi za pomocą bezprzewodowych łączów. Urządzenie to pełni także rolę magazynu energii dla napędu wyłącznika. Na Rys. 4. przedstawiono widok sterownika w skrzynce ze stali nierdzewnej Ex-SIMON-GVR/Ex-mBEL_GVR.



Rys. 4. Widok sterownika w skrzynce aluminiowej Ex-SIMON-GVR/Ex-mBEL_GVR [29]

Budowa sterownika telemechanicznego

Prezentowane urządzenie schowane jest w specjalnie zaprojektowanej skrzynce ze stali nierdzewnej, która stanowi ochronę termiczną i przeciwbryzgową. Skrzynkę taką można instalować do wszelkiego rodzaju żerdzi energetycznych.

Charakterystykę techniczną urządzenia przedstawiono w Tab. 2.. Sterownik został zaprojektowany zgodnie z wytycznymi dyrektyw: 2006/95/WE (LVD) oraz 2004/108/WE (EMC).

Tab. 2. Charakterystyka techniczna urządzenia [29]

Zasilanie	Napięcie zasilania	~230V 50Hz
	Maksymalny prąd wejściowy	1,4A (230V)
	Pobór mocy	300VA
	Podtrzymanie baterijne	Żelowe akumulatory bezobsługowe 15Ah
	Wyjście 24V	Napięcie: regulowane w granicach ≈(26..33)V.
	Wyjścia sterujące ogrzewaniem i wentylacją	Prąd: 5A (dzielony pomiędzy wyjście i dotadowanie akumulatora)
	Prąd: 1A	
	Wyjścia sygnalizacyjne	Napięcie sygnalizacji: ≈220V max
	Prąd obciążenia wyjść: 100mA max	
	Wyjście zdalnego wyłączenia	Napięcie wejściowe: 24V
	Prąd wejściowy: 10mA	
	Wyjścia pomiarowe	Pomiar temperatury Zakres: (-120..120)°C Dokładność: +1 °C
	Pomiar napięcia	Zakres (0..35)V Dokładność: <1%
	Pomiar prądu	Zakres (-8..8)A Dokładność: <2%
	Łączność:	RS232: 4800,n,8,1 DNP3
		LON: 78KB
		RS485
	Warunki środowiskowe	Zakres temperatur pracy (-5.. +40)°C / składowania / (-20 .. +70)°C
	Stopień ochrony	Wilgotność względna 95% bez kondensacji
		IP 54-słupowa, IP 20-wnętrzowa, zgodnie z PN EN 60529
Obudowa		Izolowana termicznie szafka stalowa z blachy nierdzewnej mocowana plecami do ściany
	słupowa	bądź słupa, z drzwiami uchylanymi do góry, wentylowana, ogrzewana, z miejscem na zamocowanie radiotelefonu.
	wnętrzowa	Szafka stalowa, lakierowana, wentylowana, ogrzewana, drzwi na bok
Wymiary (WxSxG)		słupowa 830 x 605 x 340 mm
	wnętrzowa	760x600x350
Dołączanie obiektu		Dławiki (do wprowadzania przewodów w dnie szafki), zaciski śrubowe 2,5 mm ² oraz 10mm ² , Przepusty kablowe PG 29, PG16. Wyprowadzony kabel z szybkolączcem o długości –opcjonalnie 8 lub 12 m
Funkcje urządzenia		Przystosowany do przyłączenia wyłącznika GVR Recloser.

Prezentowany sterownik tworzą następujące elementy:

- moduł zabezpieczający: Ex-mBEL_GVR;
- zasilacz z baterią o wydajności do 1A lub wydajności chwilowej do 16 A dla urządzeń z 24 V;
- zasilacza do zasobnika energetycznego reklozera: EX-PSC_300J;
- panel sterowania z przełącznikiem trójpozycyjnym do sterowania radiowego zdalnego oraz sterowania lokalnego oraz z przyciskami sterowania lokalnego i wskaźnikiem optycznym, który informuje o stanie położenia łącznika;
- listwa zasilania;
- listwa przyłączeniowa;
- odgromnik;
- grzałka;
- specjalny konwerter do radiotelefonu: RS232/MX;
- radiotelefon trunkingowy;
- modem GPRS, modem TETRA.

1.2. Charakterystyka techniczna sterownika Ex-mBEL_GVR w aspekcie zabezpieczeń

Prezentowany sterownik typu Ex-mBEL_GVR wykorzystywany jest do prawidłowej pracy wyłącznika GVR VR Recloser sterowanego zdalnie. W urządzeniu znajduje się technologia funkcji zabezpieczenia, automatyki programowalnej oraz telemechaniki.

Sterownik służy do pomiaru prądu fazowego, składowych prądu i napięć oraz istniejące napięcia fazowe. Sterownik odpowiada za prawidłową konfigurację sterowniczą wyłącznika w zależności od powstałych zwarć sieci SN.

Sterownik współpracuje z systemem zdalnym nadzorującym typu WindEx, gdzie przekazywane są zaistniałe zaniki lub pobudzenia w sieci energetycznej SN. Sterownik ten monitoruje na bieżąco i wysyła on-line pozyskane wyniki pomiarów wielkości prądowych, napięciowych i mocowych. Pozyskane informacje nadchodzące on-line są zestawiane z pozostałymi danymi pomiarowymi i służą do opracowywania raportów i bilansów.

Sterownik łączy się w sposób radiowy za pomocą specjalnego modemu zewnętrznego lub terminalu. Sterownik przystosowany jest do współpracy z terminalami trunkingowymi TETRA i modemów w systemie łączności satelitarnej GPRS. Urządzenie posiada do pięciu oddzielnych kanałów służących do komunikacji zdalnej. Sterownik ten posiada możliwość komunikacji równorzędnej z dwoma centralami dyspozytorskimi na dwóch różnych kanałach radiowych. Za pomocą łączności satelitarnej GSM/GPRS sterownik posiada możliwość odbierania i wysyłania wiadomości SMS od wcześniej zalogowanych użytkowników systemu.

Sterownik Ex-mBEL_GVR odpowiedzialny jest za następujące rodzaje zabezpieczenia sieci energetycznej SN:

- zabezpieczenie nadprądowe fazowe;
- zabezpieczenie ponadnapięciowe;
- zabezpieczenie nadprądowe ziemnozwarciowe;
- zabezpieczenie częstotliwościowe;
- zabezpieczenie ziemnozwarciowe kierunkowe;
- zabezpieczenie ziemnozwarciowe admitancyjne, konduktancyjne i susceptancyjne.

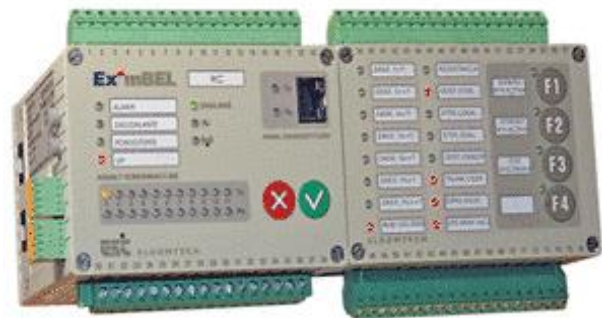
Sterownik ten posiada także możliwości rozróżniania powstania udarów prądowych magnesowych od prądów zwarciowych za pomocą funkcji kontrolowania zawartości drugiej harmonicznnej prądu zwarciowego.

Funkcje zabezpieczeń są w głównej mierze uzależnione od przygotowanej konfiguracji i są przygotowywane do istniejących parametrów i typu sieci elektroenergetycznej. Urządzenie charakteryzuje się także ograniczonymi możliwościami obliczeniowymi, dlatego też wpływa to w sposób istotny na liczbę konfiguracji zabezpieczeń, które mogą zostać w danym momencie aktywowane w tej samej chwili.

Przy pomocy prawidłowo skonfigurowanego wejścia można funkcje zabezpieczeń odstawić. W momencie zdiagnozowania zwarcia sterownik Ex-mBEL_GVR skonfigurowany w sposób standardowy odcina prąd zwarciowy (obwód) i posiada możliwość ewentualnie wykonać cykl SPZ.

Na potrzeby użytkowe reklozer i jego automatyka posiada zakres pełnego programowania i może być w tym aspekcie dostosowywana w miarę zaistniałych potrzeb.

Bardzo dobrym rozwiązaniem zabezpieczającym jest możliwość przyłączenia do sterownika dodatkowych urządzeń/modułów, które odpowiedzialne są za wykrywanie prądów zwarciowych na liniach Ex-ML_NBAS_D – łączy RS485 podczas, gdy sterownik już prowadzi obsługę kilku linii średniego napięcia. Na Rys. 5. przedstawiono sterownik podstawowy Ex-mBEL_RC.



Rys. 5. Widok sterownika w formie podstawowej Ex-mBEL_RC [28]

Funkcje zabezpieczeniowe

Wyżej przedstawiony na Rys. 5. sterownik Ex-mBEL_RC posiada bardzo ważne funkcje telemechaniczne. Do najistotniejszych zaliczyć można następujące funkcje zabezpieczeniowe:

- funkcja telesygnalizacji: polega ona na diagnozowanie powstałych zmian w czasie do 5ms oraz raportowanie zaistniałych zmian z zachowaniem cechy czasowej;
- funkcja telesterownicza: polega na możliwości sterowania zdalnego wyłącznikiem oraz inicjowania skanowania pobudzeni. Impuls sterowniczy programowany jest na okres czasowy do 5s;
- funkcja telepomiaru: polega ona na wysyłaniu przez sterownik do dyspozytora operatora zarejestrowanych pomiarów fazowych. mocy oraz danych fazowych napięć. W momencie zainicjowania się zabezpieczenia sterownik wywyla raport do operatora z zapisanych wartości prądowych/zwarciowych;

- funkcja nadzorcza zasilania: polega na kontrolowanie przez sterownik pracy bezprzewodowego zasilacza za pomocą łączy telekomunikacyjnych i wysyłaniu raportów o poziomie naładowania baterii. Oprogramowanie sterownika pozwala także na zdalne wyłączenie baterii oraz wykonanie jej testu stanu naładowania;
- funkcja realizowania blokad stacyjnych: polega na zastosowaniu przez sterownik blokady logicznej pozwalającej na dopasowanie do istniejących poleceń odpowiednich warunków do ich odrzucenia. Po załączeniu takiej blokady sterownik wysyła raport o przyczynie włączenia odrzucenia polecenia;
- funkcja koncentracji danych: polega na tym, że sterownik można stosować jako swoisty koncentrator pozyskanych danych. Sterownik ma możliwość konwertowania protokołów, a w swojej pamięci ma zapisane wymagane protokoły stosowane w energetyce (DNP3.0, TETRA, IEC 60870-5-101).

W Tab. 3. przedstawiono główne parametry ogólne sterownika Ex-mBEL_RC.

Tab. 3. Główne parametry sterownika Ex-mBEL_RC [29]

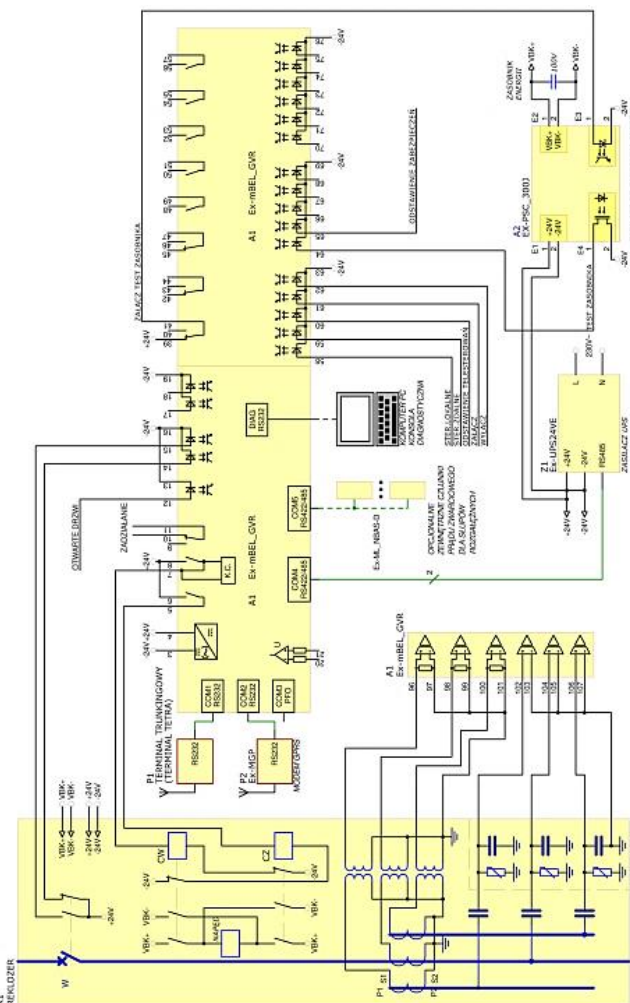
Warunki pracy	Temperatura pracy / przechowywania	(0...+50)°C; / (-20...+70)°C
	Wilgotność względna	do 90%
Obwody zasilania	Napięcie zasilania U_N – wariant 1	= (110...220)V
	Napięcie zasilania U_N – wariant 2	= (24...48)V
	Pobór mocy z zasilania	<10W
Zaciski	Zasilania, wejść dwustanowych	19-stykowe złącze w rastrze 5 mm, do przewodów o maksymalnym przekroju 2,5 mm ²
	Wyjść przekaźnikowych	Typ wytyku: FRONT-MSTB 2,5/19-ST lub SMSTB 2,5/19-ST
	Obwody pomiarowe	Do przewodów o maks. przekroju 2,5 mm ² ; wyk: GMSTB 2,5/12-ST-7,62
Obwody wejść/wyjść dwustanowych:		
Wejścia dwustanowe	Napięcie wejściowe	standard: =24V; opcja: =110V, =220V/~230V
	Rozdzielczość napięcia stałego	czasowa dla typowo 5 ms (możliwe do 1 ms)
	Rozdzielczość napięcia ~230V	czasowa dla 20 ms
Wyjścia przekaźnikowe	Znamienny prąd	8 A/230V~
	Zdolność łączeniowa	2000VA (obciążenie rezystancyjne)
	Czas impulsu w trybie sterowań	0,1...5s ; impulsowych
	Dokładność czasu impulsu	10 ms

W Tab. 4. przedstawiono interfejs sterownika odpowiedzialny za komunikację.

Tab. 4. Interfejs sterownika odpowiedzialny za komunikację [29]

RS 485	Standard	EIA/TIA-485
	Typ złącza	RJ11 lub MC 1,5/5-GF-3,81
	Maksymalna długość łącza	1200m (zależna od prędkości)
RS 232	Standard	EIA/TIA-232
	Typ złącza	RJ45
	Prędkość transmisji	do 57600 bit/s
RS 422	Standard	EIA/TIA - 422
	Typ złącza	RJ11 lub MC 1,5/5-GF-3,81
	Maksymalna długość łącza	1200m (zależna od prędkości)
PFO	Typ złącza	Versatile Link firmy Avago Technologies
	Maksymalna długość łącza	100m / plastikowy
	Prędkość transmisji	do 57600 bit/s

Na Rys. 6. przedstawiono główny schemat przyłączeniowy sterownika Ex-mBEL_RC do sieci SN.



Rys. 6. Schemat przyłączeniowy sterownika Ex-mBEL_RC do sieci SN [29]

Podsumowanie

Wraz z rozwojem elektroenergetyki znaczenie wyłączników było i jest bardzo duże. Są i pozostaną one głównym elementem wykonawczym elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej. Od ponad 120 lat wyłączniki buduje się jako mechaniczne z tukiem elektrycznym jako głównym elementem toru prądowego w trakcie wyłączenia. To właśnie plazma łuku i szybkość zjawisk dejonizacyjnych powodują, że przestrzeń międzystykowa przy przejściu prądu przez zero zmienia swoje własności z przewodzących na izolacyjne. Podobne czasy można uzyskać tylko w elementach półprzewodnikowych, ale te mają ograniczenia w zakresie mocy wyłączalnych.

Zapewne wyłączniki mechaniczne jeszcze długo pozostaną na niewzruszonej pozycji lidera. Ze względu na ekologię, coraz więcej aparatów będzie bez gazu SF6. Należy się spodziewać coraz szerszego zastosowania próżni jako czynnika gaszeniowego w wyłącznikach dla napięć nawet do 245kV włącznie. Inne alternatywne rozwiązania, jak choćby CO2, też znajdują swoje miejsce, choć zapewne będą mniej popularne niż próżnia. Mimo to wydaje się, że pozycja SF6 dla napięć średnich do 60kV i najwyższych (420kV i wyżej) w najbliższej dekadzie nie jest zagrożona. Nie można wykluczyć coraz szerszego zastosowania rozwiązań hybrydowych, wykorzystujących nowoczesne tranzystory. Tu duży wpływ będą miały także rozwój układów przesyłowych prądu stałego wysokiego napięcia oraz wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Dziś bardzo wiele zależy od postępu technologicznego, ale jeszcze więcej od inżynierii materiałowej. Rygorystyczne ograniczanie kosztów, ochrona środowiska i bezobsługowość będą siłą napędową tego

rozwoju. Bardzo ważny jest także aspekt niezawodności aparatów elektrycznych.

Bibliografia:

1. Au A., Ciok Z., Maksymiuk J., *Łączniki energoelektryczne średnich napięć. Stan obecny i tendencje rozwojowe*, Wyd. WNT, Warszawa 1984.
2. Budziński P., *Nowe rozwiązanie wyłącznika wysokiego napięcia*, „Wiadomości Elektrotechniczne” nr 9/2006.
3. Budziński P., *Wybrane zagadnienia związane z porównaniem układów trójfazowych okapturzonych jedno- i trójbiegunowo przy napięciu znamionowym do 145 kV*, Siemens Sp. z o.o., Warszawa 2005.
4. Budziński P., *Wyłączniki próżniowe wysokiego napięcia*, Konferencja Naukowo-Techniczna Aparatura Łączeniowa ŁĄCZNIKI, Pieczęta 2012.
5. COMPASS Solutions for High Voltage Substations. Rozwiązania dla Stacji Elektroenergetycznych Wysokiego Napięcia, ABB Power Technologies SpA Unitr Operativa Adda Publ. FD 519/ENG-PL/March 2001.
6. Ciok Z., Ciok Sł., *Łącznienia sterowane w liniach i systemach elektroenergetycznych*, Elektroenergetyka, nr.1, s. 4 – 13, 1998.
7. Ciok Z., *Procesy łączeniowe w układach elektroenergetycznych*, Wyd. WNT, Warszawa 1976.
8. Dzierzbicki S., *Wyłączniki wysokonapięciowe prądu zmiennego*, Wyd. WNT, Warszawa 1966.
9. Dzierzbicki S., *Aparaty Elektroenergetyczne*, Wyd. WNT, Warszawa 1977.
10. Elbaum J., *Elektromagnesy przemysłowe*, Wyd. WNT, Warszawa 1964.
11. Kacejko P., Machowski J.: *Zwarcia w sieciach elektroenergetycznych. Podstawy obliczeń*, Wyd. WNT, Warszawa 1993.
12. Kleiman M., *Wyłączniki olejowe i aparaty wysokiego napięcia*, „Przegląd Elektrotechniczny” nr 12/1933.
13. Koch B., Maksymiuk J., *Łukoodporność rozdzielnic osłoniętych i symulacja zwarć łukowych*, Oficyna Wydawnicza P.W., Warszawa 2007.
14. Królikowski C., *Technika łączenia obwodów elektroenergetycznych*, Wyd. PWN, Warszawa 1990.
15. Kryński J., *Elektryczne aparaty rozdzielcze. Kurs ogólny*, Wyd. PWN, Warszawa-Łódź 1964.
16. Maksymiuk J., *Mechaniczna teoria łączników elektrycznych*, Wyd. WNT, Warszawa 1967.
17. Maksymiuk J., *Aparaty elektryczne*, Wyd. WNT, Warszawa 1997.
18. Maksymiuk J., *Aparaty elektryczne w pytaniach i odpowiedziach*, Wyd. WNT, Warszawa 1997.
19. Maksymiuk J., *Styczniki elektromagnetyczne*, Elektro-instalator, 6/2003.
20. Maksymiuk J., *SF6 w budowie współczesnych urządzeń elektrycznych*, Elektro-instalator, 12/2008.
21. Markiewicz H., *Urządzenia elektroenergetyczne*, Wyd. WNT, Warszawa 2001.
22. Nowicz R., *Przekładniki napięciowe. Klasyczne, specjalne i niekonwencjonalne*, Wyd. P.Ł., Łódź 2003.
23. Partyka R., *Badanie skutków zwarć łukowych w rozdzielnicach osłoniętych*, Wyd. P.G., Gdańsk 2006.
24. Sankowski P., *Dobór zabezpieczeń dla wyłączników sterowanych radiowo w liniach SN*, Praca dyplomowa magisterska, Wydział Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Promotor: Dr inż. Daniel Pietruszczak, Recenzent: Dr hab. inż. Marcin Chrzan, prof. UTH, Radom 2018.
25. Tarczyński W., *Elektrodynamika aparatów elektrycznych*, Wyd. P.Ł., Łódź 2007.
26. Wyłączniki próżniowe średniego napięcia: 12...36 kV - 630...3150 A - 16...50 kA, Katalog VD4, Wyd. ABB sp. z o.o., Leszno 2013.
27. http://stanel.pl/wp-content/uploads/2012/10/wylacznik_sci4_m.jpg
28. http://www.low-medium.voltge.siemens.pl/images_content/Content_LMV/LV_3AH5_dimensions12.png
29. <http://www.elkomtech.com.pl/typo3temp/pics/84979f8166.png>
30. <http://www.zoen.pl>
31. Chaban A., Lis M., Szafraniec A., Chrzan M., Levoniuk V.: *Interdisciplinary modelling of transient processes in local electric power systems including long supply lines of distributed parameters*, Konferencja Applications of Electromagnetics in Modern Techniques and Medicine (PTZE) 2018, Strony 17-20, DOI: 10.1109/PTZE.2018.8503085, Wydawca IEEE, 2018/9/9.
32. Czaban A., Marek Lis, Chrzan M., Szafraniec A., Levoniuk V.: *Mathematical modelling of transient processes in power supply grid with distributed parameters*; Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, R. 94 NR 1/2018, 2018/1/1.

Protection of radio controlled switches in MV power grids

The paper presents the technology and construction analysis of the GVR RECLOSER MV switch, remotely controlled and the appropriate selection of its protections.

Keywords: radio control, telematics, MV medium voltage circuit breaker.

Autorzy:

Dr hab. inż. Marcin Chrzan, prof. UTH – Wydział Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, e-mail: m.chrzan@uthrad.pl

Dr inż. Daniel Pietruszczak – adiunkt, Wydział Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, e-mail: d.pietruszczak@uthrad.pl

Inż. Paweł Sankowski – absolwent (2018 r.) Wydziału Transportu i Elektrotechniki Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, ul. Malczewskiego 29, 26-600 Radom, Nr albumu: 99305