

J. TROJAK
Instytut Energoelektryki
Politechniki Wrocławskiej

WYBRANE ZAGADNIENIA ZABEZPIECZEŃ BLOKÓW ENERGETYCZNYCH DUŻEJ MOCY

Analiza warunków działania

1. Wprowadzenie

Celem niniejszego artykułu jest rozważenie właściwości i cech współczesnych zabezpieczeń oraz stawianych im wymagań na tle aktualnych warunków technicznych, narzucanych przez podstawowe, pierwotne człony bloku, a w tym na pierwszym miejscu przez generator i transformator blokowy.

Współczesne układy zabezpieczeniowe mają być celowe, wybiórcze i niewrażliwe na błędne sygnały rozruchowe, szybkie, czułe, dokładne, niezawodne i ciągle gotowe do działania. Jak wiadomo, zabezpieczenia stosuje się po to, aby rozpoznały rodzaj zwarcia lub zakłócenia, zlokalizowały je, a następnie wyeliminowały z sieci lub systemu. Pożądaną, choć ciągle jeszcze nie wymaganą konsekwentnie funkcją zabezpieczeń zwarciovych jest usuwanie następczych skutków zwarć lub zakłóceń.

W większości przypadków zabezpieczenia są ukształtowane tak, aby rozpoznawały tylko jeden rodzaj zwarcia lub zakłócenia; są one zatem układami zamkniętymi. Ogólnym wymogom zabezpieczanego obiektu, wymogom w sensie koordynującym lub optymalizującym, podporządkowują się one w sposób pośredni, poprzez człowieka - koordynatora, który je zainstalował, nastawił i wkomponował w ogólny układ automatyki systemowej. Swobodną koordynację narzuca też obiekt zabezpieczany, rozumiany tu bądź jako pojedyncze urządzenie (np. maszyna, transformator), bądź jako zespół urządzeń (np. rozdzielnia, sieć, lub system).

2. Funkcjonalny układ bloku i jego zabezpieczeń

Do przeprowadzenia rozważań, na ile współczesne zabezpieczenia odpowiadają stawianym im wymaganiom i na ile - w związku z tym - uległy lub ulec muszą poglądy na funkcję i rolę zabezpieczeń, posłużymy się przykładem zabezpieczeń bloku energetycznego o mocy 500-750 MW. Przykładowy zestaw przyczyn wywołujących zadziałanie zabezpieczeń niektórych podstawowych członów bloku oraz funkcjonalne związki w układzie: przyczyna - zabezpieczenie - człón wykonawczy, przedstawiono w tablicy 1 [1, 2]. Zestawienie jest tu tylko ilustracją podporządkowaną zasadniczemu zamysłowi sformułowanemu powyżej, bez pretensji do absolutnej dokładności i bez intencji wyczerpania zagadnienia zabezpieczeń bloku jako takich. Świadomie pominięto w zestawieniu zabezpieczenia kotła, jako urządzenia nie sprzęgniętego bezpośrednio z turbozespołem. Należy oczywiście zdawać sobie sprawę, że kocioł stanowi integralną część bloku, a jego zabezpieczenia są w rzeczywistości włączone do ogólnego układu zabezpieczeń bloku.

Analiza tablicy dostarcza aż nadto dowodów na to, jak bardzo złożonym organizmem są zabezpieczenia bloku, jak bardzo wąskie są ich funkcje, jak dalece zabezpieczenia "nie interesują się" niczym innym, poza własnym zadaniem.

3. Analiza warunków stawianych zabezpieczeniom

W każdym klasycznym podręczniku automatyki zabezpieczeniowej zamieszczone są wymagania charakteryzujące zabezpieczenia. Porównując je z wymaganiami podanymi we wstępie łatwo zauważyć, że współczesne rozumienie dawno utworzonych pojęć jest inne; niektóre z dawniejszych wymagań zanikają, a w ich miejsce wchodzić pojęcia nowe.

Do pewnego stopnia nowym jest warunek niewrażliwości na błędne sygnały pobudzeniowe (nowa postać warunku selektywności), jak też znaczenie przypisywane temu warunkowi. W celu zwiększenia zdolności dyskryminacji prawidłowego sygnału pobudzeniowego wprowadza się zwielokrotnione układy równorzędnych, ale współzależnych zabezpieczeń, według zasad: 2/2, 2/3 lub 2/4 [3, 10]. Oznacza to, że poprawnym sygnałem po-

Zabezpieczenia bloku

Tablica 1.A.

Obiekt zabezpieczany	L.p.	Przyczyna wywołująca zadziałanie zabezpieczenia	Uruchamiane człony wyko - nawcze przez zabezpieczenia	Uwagi																		
1	2	3	4	5																		
Turbina			<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>a)</td> <td>b)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>ZBT</td> <td>GMV</td> <td>SGP</td> <td>F/M</td> <td>SZR</td> <td>SYG</td> </tr> </table>				a)	b)		1	2	3	4	5	6	ZBT	GMV	SGP	F/M	SZR	SYG	
			a)	b)																		
1	2	3	4	5	6																	
ZBT	GMV	SGP	F/M	SZR	SYG																	
	1	Spadek ciśnienia oleju /brak przepływu /	•	•	•	•	•															
	2	Poosiowe przesunięcie wału.	•	•	•	•	•	•														
		Pogorszenie próżni w skraplaczu																				
	3	-czujnik hydrauliczny	•	•	•	•	•	•	} ze zwłoką													
	4	-czujnik elektryczny	•	•	•	•	•															
		Regulator mocy i zawór bezpiecz.																				
	5	-sterowanie ręcznie	•	•	•	•	•	•														
	6	-sterowanie zdalnie	•	•	•	•	•	•														
		Wzrost ciśnienia pary																				
	7	-Czujnik hydrauliczny							} ze zwłoką													
	8	-Czujnik elektryczny	•	•	•	•	•	•														
		Obniżka częstotliwości /drgania łopatek /																				
	9	-1 stopień / 48,8 Hz /							Zwłoka ok. 8 min. i wyłąc.													
	10	-2 stopień / 46 Hz /	•	•	•	•	•	•														
	11	Turbina napędzana przez generator /moc zwrotna /	•	•	•	•	•	•	Zblokowane z ZBT zwłoka													
	12	Prąd elektr. w łopatkach							Wspólne dla całego turbo-zespołu													
	13	Prąd elektryczny w wale																				

Tabela 1. B.

1	2	3	4						5
Generator			1	2	3	4	5	6	
<u>Stojan</u>	14	Zwarcie międzyfazowe /zab. różnic. wzdłużne /	•	•	•	•	•	•	
	15	Zwarcie zwojowe /zab. różnic. poprzeczne /	•	•	•	•	•	•	zwarcie mało prawdopod.
	16	Zwarcie z ziemią /z korpusem /100%	•	•	•	•	•	•	
	17	Wzrost napięcia. Wzrost temperatury uzwojeń	•	•	•	•	•	•	ze zwłoką
	18	-1 stopień						•	wyłączenie czujniki /termistory/
	19	-2 stopień	•	•	•	•	•	•	
	20	Wzrost temperatury rdzenia						•	pomiar sekwenc. /czujniki /
	21	Wzrost temperatury chłodz.						•	
	22	Wzrost prądu /zabezp. przeciąż. /						•	ze zwłoką
	23	Zabezpieczenie rezerwowe	•	•	•	•	•	•	
<u>Wirnik</u>	24	Zwarcie z ziemią -1 punktowe ^{c)}						•	
	25	-2 punktowe /zwoj./						•	
	26	Niesymetria obciążenia / $I_2^2 t = \text{const}$ / -1 stopień						•	ze zwłoką
	27	-2 stopień						•	
	28	Zwarcie międzybiegunowe uzwojeń	•	•	•	•	•	•	
	29	Temperatura uzwojeń -1 stopień						•	ze zwłoką
	30	-2 stopień						•	

Tablica 1.C.

1	2	3	4						5	
			1	2	3	4	5	5		
<u>Wirnik c.d.</u>	31	Wzrost prądu /zabezp. przeciąż./							ze zwłoką	
	32	Brak prądu wzbudzenia							ograniczenie w czasie	
	33	Regulator napięcia -niedowzbudzenie /kąt mocy/							} Wewnętrz. akcja regulatora /ograniczenia/	
	34	-przewzbudzenie								
	35	-stosunek V/Hz								
	36	Wytopienie panewek łożysk /niesymetria szczeliny powietrznej /		•	•	•	•	•		
<u>Współpraca z systemem</u>	37	Utrata synchronizmu							} powiązanie z regulatorem napięcia	
	38	Zwarcie z ziemią dotknięcia do szyn strony najw.nap.								
	39	Zabezpieczenie rezerwowe /rez. lokalna w stosunku do zabezp. szyn /		•						
<u>Transformator blokowy</u>	40	Zwarcie międzyfazowe /zab. różnic. wzdłużne / Zwarcie zwojowe /zły zestyk /							} gaz.-przepływowe	
	41	- 1 stopień								
	42	- 2 stopień								
	43	-naddisnienie w kadzi		•	•	•	•	•		
	44	Wzrost temperatury -1 stopień. Czujnik							} W wyniku przeciąż. lub utraty chłodzenia	
	45	- 2 stopień. Czujnik								
	46	-1 stopień. Przek. nadpr.								ze zwłoką
	47	-2 stopień. Przek. nadpr.								

Tablica 1.D.

1	2	3	4						5
			1	2	3	4	5	6	
<u>Transformator blokowy</u> c. d. Rdzeń	48	Nadmierny wzrost strumienia /przełącznik nadnapięciowy/							ze zwłoką
	49	Temperatura /wzrost strumienia magn./ Zwarcie							pomiar sekwencyjny/ czujniki/
	50	-naciśnienie w kadzi							
Przełącznik zaczepów	51	-wzrost prądu							
<u>Blok</u>	52	Ogólne zabezpieczenia rezerwowe							
	53	/różnic.-wzdłuż oraz odległościowe /							
<u>Transformator potrzeb wł.</u>	54	Zwarcie międzyfazowe /zab. różnic. wzdłużne /							
	55	Zwarcie zwajowe - 1 stopień							
	56	- 2 stopień							
	57	-naciśnienie w kadzi							
	58	Temperatura uzwojeń /przeciąż./							pomiar sekwenc. /czujniki/ w.
	59	Temperatura rdzenia /wzrost strumienia magnet./							

LEGENDA: ZBT - Zawór bezpieczeństwa turbiny
 GVM - Główny wyłącznik mocy /str. najw. nap. /
 SGP - Samoczynne gaszenie pola magnetycznego
 PWM - Wyłącznik mocy źródła zasilania potrzeb własnych
 SZR - Samoczynne zatkanie rezerwowego zasilania p. wł.
 SYG - Sygnalizacja optyczna i akustyczna

UWAGI: a/ Wylęczany w przypadku zasilania p. wł. przez transformator odczepowy
 b/ Uruchamianie w przypadku zasilania p. wł. przez transformator odczepowy
 c/ W przypadku generatorów z pierścieniami ślizgowymi

budzeniowym jest taki, który jednocześnie pobudzi co najmniej dwa z dwóch lub dwa z trzech wzgl. odpowiednio - dwa z czterech układów zabezpieczeniowych. Oznacza to też, że za lepsze uważa się niezadziałanie zabezpieczenia niż zadziałanie niepotrzebne (zbędne lub błędne). W przypadku bloków dużej mocy warunek ten jest szczególnie uzasadniony.

Zwielokrotnianie układów zabezpieczeniowych i odpowiednich członów wykonawczych służy oczywiście także poprawie niezawodności działania zabezpieczeń, bo przy trzech lub czterech równorzędnych układach, jedno lub dwa zabezpieczenia mogą nie zadziałać, np. wskutek uszkodzenia, to przecież zabezpieczenie, jako całość, wykona przewidziane zadanie i finalny impuls zostanie wysłany poprawnie.

Już przy innej okazji pisałem na temat dokładności pomiaru wielkości pobudzającej, wzgl. dokładności w utrzymywaniu nastawionej charakterystyki [2]. Sprawa jest złożona. Wprawdzie zabezpieczenia wywodzą się od elektrycznych wzgl. elektronicznych przyrządów pomiarowych, dają się też przyporządkować tym samym grupom jak klasyczne przyrządy pomiarowe, podobne też bywają schematy połączeń, ale na tym kończą się podobieństwa. W automatyce zabezpieczeniowej wcale nie chodzi o przekazanie i ujawnienie informacji - ilościowej lub jakościowej - z dokładnością wymaganą w technice pomiarowej. Chodzi zaś wyłącznie o stwierdzenie, poza świadomością człowieka: po pierwsze, istnienia lub braku stanu (w dozorowanym obwodzie pierwotnym) wymagającego pobudzenia układu zabezpieczeniowego i po drugie, czy przyczyna (źródło) stanu powodującego rozruch mieści się w strefie (w polu) działania zabezpieczenia. Wysłanie impulsu finalnego odbywa się zgodnie z charakterystyką czasową.

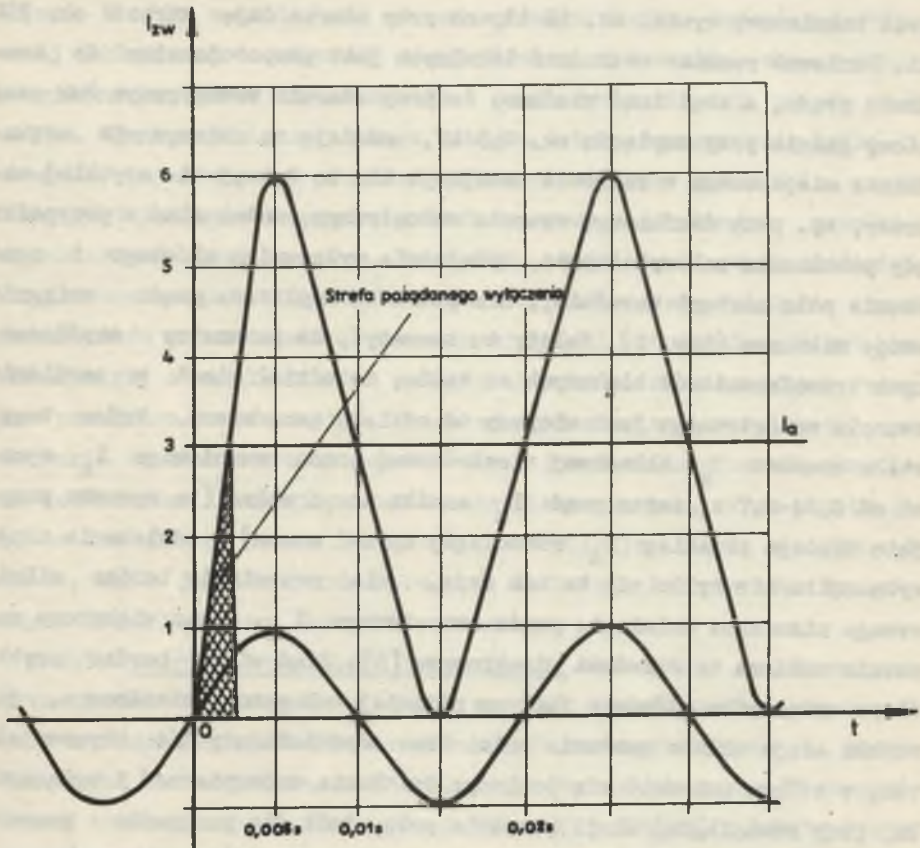
Warunki w których zachodzi zarówno dyskryminacja stanu ("pomiar" wielkości pobudzającej), jak i dyskryminacja strefy, wobec stale postępującego przyspieszenia działania zabezpieczeń, są - z punktu widzenia pomiarowego - coraz trudniejsze. Pierwszą i drugą czynność wykonuje się z reguły w początkowej fazie stanu nieustalonego, w warunkach dynamicznych zmian wielkości mierzonych. Stąd też ewentualne pojęcie dokładności, jak i kryteria charakteryzujące ją, muszą być zupełnie inne od stosowanych w klasycznej technice pomiarowej. Można by

zapewne w ogóle wyzwolić się od zadawnionego nawyku żądania zdefiniowanej dokładności i zadowolić się postawieniem warunku, aby w każdym przypadku decyzja co do pobudzenia i co do dyskryminacji strefy była trafna. Wystarczyłoby zapewne, w związku z tym, domagać się tylko liniowości charakterystyk przekładników w określonym przedziale prądów i napięć i podobnie domagać się liniowej proporcjonalności wszelkich innych członów tego typu, np. dzielniki, czujniki i przekształtniki, jak też braku zniekształceń i szumów. Uzyskanie wtedy działania samych przekładników w przedziałach rozrzutu wielkości pobudzeniowych lub charakterystyk, z uwzględnieniem wymagań aktualnie obowiązujących norm, jest problemem dosyć prostym. Pozostaje jednak nieco wątpliwości, czy nie warto by mimo wszystko pokusić się o jakąś swoistą metodę określenia dokładności działania układów zabezpieczeniowych, skoro przyznajemy, że one mierzą. To, co w tej chwili obowiązuje, ciągle nie jest adekwatne, ani z jasnością ani z precyzją definicji i kryteriów wypracowanych przez klasyczną technikę pomiarową.

Problem szybkości działania zabezpieczeń bloku ulega istotnemu prze-wartościowaniu w następstwie nowych warunków technicznych, narzuconych przez współczesne konstrukcje największych turbogeneratorów i transformatorów. Już w 1963 r. na "Konferencji Turbogeneratorowej" zorganizowanej we Wrocławiu wspólnie przez PAN, SEP i "Dolmel", konstruktorzy wielkich maszyn stwierdzili, że generatory bardzo dużych mocy muszą być niezniszczalne (pomijając oczywiście działanie gwałtownych czynników zewnętrznych). Podobne stwierdzenia poczyniono w stosunku do transformatorów. Wprawdzie nie dysponujemy jeszcze statystykami dotyczącymi awarii maszyn elektrycznych i transformatorów o mocach powyżej 500 MVA, to liczby dotyczące awaryjności jednostek rzędu 350 MVA wskazują na radykalną poprawę ich jakości i przedłużenie lat bezawaryjnej pracy (do ok. 15-20 lat obliczeniowych) [4]. Pozostawiając kwestię niezniszczalności jako dyskusyjną, zajmijmy się zagadnieniem lokalnych skutków wewnętrznego zwarcia maszyny. Według danych dostępnych autorowi, udarowa amplituda prądu zwarciovego przy zwarciu na zaciskach generatora o mocy rzędu 500-750 MVA wynosi ok. 13-krotną wartość prądu znamionowego. Przy mocach w omawianym przedziale i napięciach znamionowych ok. 20 kV,

prąd znamionowy wynosi ok. 16 kA, co przy udarze daje wartość ok. 200 kA. Ponieważ rozmiar uszkodzeń lokalnych jest proporcjonalny do kwadratu prądu, a skąd inąd wiadomo, że przy zwarciu wewnętrznym łuk zwarciowy gaśnie przy napięciu ok. 0,5 kV, nadzieję na utrzymanie uszkodzenia miejscowego w zakresie nadającym się do łatwej i szybkiej naprawy, np. przy dwufazowym zwarciu wewnętrznym, można mieć w przypadku, gdy pobudzenie zabezpieczenia, wyłączenie wyłącznika głównego i zgaszenie pola nastąpi wcześniej, nim pierwsza amplituda prądu osiągnie swoje maksimum (Rys. 1). Należy tu zauważyć, że parametry współczesnych transformatorów blokowych są takie, że udział sieci w zasilaniu zwarcia wewnętrznego jest większy od udziału generatora. Prócz tego, stała czasowa T_a składowej nieokresowej prądu zwarciovego I_a wynosi od 0,24–0,7 s, zatem prąd I_a zanika dosyć wolno (na rysunku przyjęto dlatego przebieg I_a równoległy do osi czasu) i odwołanie akcji wyłącznika nie tylko nic tu nie daje, ale przeciwnie bardzo silnie wzmacnia niszczące działanie prądu zwarciovego I_{zw} . Coraz większego znaczenia nabiera tu składowa nieokresowa [5]. Stąd więc, bardzo szybka akcja wyłącznika głównego jest co najmniej tak samo nieodzowna, jak szybka akcja układu gaszenia pola. Czas odpowiadający 1/4 okresu jako ten, w którym zmieścić się powinny: działanie zabezpieczeń i wyłącznika, przy równoległej akcji gaszenia pola, jest dla przypadku zwarcia dwufazowego bardzo zgrubnym przybliżeniem. Jeśli przy tym uwzględnimy, że dotychczas nie istnieje wyłącznik mocy o czasie rozwierania styków rzędu kilku milisekund, a w odniesieniu do turbogeneratorów o wzbudzeniu indukcyjnym z wirującymi prostownikami, również nie istnieje wypróbowany system gaszenia pola, który zapewniłby niezbędne tu milisekundowe działanie, to chyba trzeba się zgodzić, że najlepszym wyjściem jest budowanie niezniszczalnych generatorów i transformatorów.

Kolejny wniosek nasuwa się sam, wniosek o nieuchronności poważnych zniszczeń uzwojeń generatora lub transformatora w przypadku zwarcia międzyfazowych. Pesymizm tu jest uzasadniony i dlatego też można zastanawiać się, czy jest obecnie sens budować zabezpieczenia czułe, np. reagujące już przy kilku procentach prądu znamionowego, skoro nie mają one działać wystarczająco szybko.



Rys. 1. Do wyznaczenia czasu działania zabezpieczenia zwarciovego i głównego wyłącznika mocy (GWM)

Wątpliwości co do zasadności uwzględniania, wśród cech i warunków charakteryzujących zabezpieczenia, wymogu ograniczania rozmiaru szkód bezpośrednich, potęguje dodatkowo zagadnienie zwarc z ziemią. Istnieją udokumentowane poglądy, że już bardzo małe natężenia prądu doziemnego, poniżej 10 A są szkodliwe, prowadzą do zwarc blach stojana i wypalają głębokie kratery. Zwarcia takie muszą zatem być wyłączane bezzwłocznie. Istnieją nie mniej udokumentowane zasady stosowania układów ziemnozwarciowych o wymuszonym prądzie pierwotnym rzędu 300 A, które podobno nie są szkodliwe, jeśli wyłączane są ze zwłoką ok. 1 s lub krót-

sze. Jak widać, pozostaje jeszcze wiele zagadnień niewyświetlonych mimo, że całe rzesze elektryków pracowały i pracują nad tym od dziesięcioleci.

Warunek prędkości działania, który kiedyś postawiono przede wszystkim z myślą o ograniczeniu szkód w miejscu zwarcia (poza warunkiem stabilności systemu) musi więc na razie ulec zawieszeniu aż do chwili, kiedy zostaną zbudowane odpowiednio szybkie wyłączniki, bądź też skonstruuje się takie bezpieczniki o dużej mocy odłączalnej, które wspólnie ze współczesnymi wyłącznikami byłyby przydatne do pracy przy napięciu 400 kV i powyżej i nie straciły przy tym swojej podstawowej zalety, prędkości działania. Szybko działające przekaźniki i dalsze przyspieszanie ich działania nie nastreży trudności. Co do gaszenia pola magnetycznego, to obiecująco wygląda propozycja Szymańskiego - Wiszniewskiego [6], polegająca na zwieraniu bardzo szybkim zwieraczem zacisków górnych uzwojeń transformatora blokowego. W ten sposób napięcie bloku sprowadza się do małej wartości, zapewniającej szybkie zgaszenie łuku zwarciovego.

W przedstawionym tu stanie rzeczy, kiedy natężenia prądów zwarciovych są wielkie, a prędkość działania członów wykonawczych daleka od wymaganej, niektóre z zabezpieczeń bloku mogą spełniać rolę wskaźników, niektóre będą jeszcze w stanie zapobiec uszkodzeniu lub je ograniczyć, ale obecna rola zabezpieczeń bloku, jako całości, sprowadziła się w istocie rzeczy do roli zbiorczego zabezpieczenia rezerwowego w odniesieniu do systemu i jego zabezpieczeń.

4. Zabezpieczenia rezerwowe; zabezpieczenie centralne

Sprawa zabezpieczeń rezerwowych, których zadania i rodzaje również uległy daleko idącym przemianom w stosunku do tych, jakie ustalono w zaraniu techniki zabezpieczeniowej, zasługuje na nieco obszerniejsze omówienie.

Niedoskonałość ogólnej koordynacji i optymalizacji działania zabezpieczeń skłoniła do szukania adekwatnych rozwiązań. Na tle znanych obecnie układów rezerwowych, jak zdalne, lokalne i centralne, w przypadku bloków, w rachubę wchodzi wszystkie trzy.

W dobie, kiedy maszyny matematyczne wkroczyły do każdej dziedziny techniki, myśl zastąpienia wszystkich zabezpieczeń jednym, centralnym układem, powstała już bardzo wcześnie [7, 8, 9]. Chodzi tu, w maksymalistycznym ujęciu, o układ typu CRPD, gdyż regulator centralny powinien skupić i przeanalizować informacje przesłane z sześciu podstawowych członów funkcyjnych bloku (kocioł, turbina, generator, transformator blokowy, układ potrzeb własnych i transformator rezerwowy) oraz z sieci (systemu). Czas w którym powinny dokonać się czynności CRPD nie może być dłuższy, niż to wynika z wyżej przytoczonych rozważań, zaś niezawodność układu centralnego nie może być mniejsza, od niezawodności najbardziej odpowiedzialnego współczesnego zabezpieczenia, które Centralny Regulator zastępuje. Czynności Regulatora muszą być odpowiednio szersze, gdyż powinny obejmować czynności zastąpionych zabezpieczeń, łącznie z dokonaniem zabiegów likwidujących zakłócenia następcze i optymalizujących pierwotny układ bloku lub systemu.

Wymagania te, mimo bardzo wysokich zalet nowoczesnych komputerów, nie mogą być spełnione. Na przeszkodzie stoją głównie niepokonane jeszcze trudności w kompensacji uchybów informacji wysyłanych z miejsca zdarzenia do Centralnego Regulatora, znaczne opóźnienia w przenoszeniu informacji, zwłaszcza z sieci najwyższych napięć, znacznie większa zawodność układów centralnych w porównaniu z odpowiednim zbiorem zabezpieczeń konwencjonalnych, jak też trudności w aktualizacji programów CRPD w miarę zmian warunków pracy i schematu bloku i sieci. Pomijamy tu kwestię kosztów, która prawdopodobnie też wypadnie na niekorzyść układu centralnego. W ogóle zaś, kwestia rachunku ekonomicznego w odniesieniu do zabezpieczeń ciągle jeszcze pozostaje u nas kwestią otwartą.

W konkluzji, Centralny Regulator nadawałby się obecnie raczej do przejścia roli zabezpieczenia rezerwowego, tj. do roli układu podrzędnego, choć przecież dowolnie ważnego, działającego z dłuższą zwłoką. Na to jednak jest on zbyt kosztowny i dlatego chyba trzeba będzie jeszcze nieco poczekać na dalszy postęp w tej dziedzinie. Bardziej optymistycznie może kształtować się sprawa CRPD w systemie. Problem centralnego zabezpieczenia jest poruszony w innym artykule, przeto ograniczamy się tylko do niniejszego wyjaśnienia.

5. W n i o s k i

1. W wyniku rozważań, można przedstawić skorygowane wymagania i warunki, którym powinny odpowiadać współczesne zabezpieczenia, a mianowicie:

- a) celowość i wybiórczość, przy czym nowej postaci wybiórczości, tj. niewrażliwości na błędne sygnały rozruchowe, przypisuje się szczególne znaczenie. Stąd też rozwiązania wg zasad 2/2, 2/3 lub 2/4;
- b) szybkość działania tylko warunkowo, skoro techniczne parametry członów wykonawczych uniemożliwiają zmniejszenie szkód bezpośrednich;
- c) czułość umiarkowana, gdyż nie ma wyraźnego uzasadnienia jej podwyższania;
- d) dokładność, aczkolwiek dokładność nie jest zdefiniowana jednoznacznie i adekwatnie, zaś sprawdzenie zdolności dyskryminacyjnej stanu pobudzenia i dyskryminacji strefy działania następuje na drodze obliczeń przebiegu zmian mierzonych wielkości fizycznych;
- e) niezawodność, przy czym warunek niezawodności wysuwa się na czoło, przed innymi warunkami. Pojęcie niezawodności ściśle łączy się z pojęciem stałej gotowości do pracy.

2. Prócz tego, można jeszcze wysnuć wnioski ogólniejszej natury:

- a) jeśli teza o niezniszczalności maszyn okaże się w praktyce prawdziwa, co można ująć jako nieskończony wzrost niezawodności, to bardzo daleko idącym przemianom musi ulec nasz stosunek do kwestii zabezpieczeń w ogóle. Logicznym następstwem wzrostu niezawodności obiektów zabezpieczanych będzie malejąca rola zabezpieczeń, aż do ich zaniku w ogóle. Wprawdzie trudno przypuścić, aby stało się tak już w najbliższej przyszłości, ale w każdym razie warto taką możliwość mieć na uwadze,
- b) sprawa prędkości likwidacji zwarcia jest przede wszystkim kwestią wyłączenia składowej nieokresowej (stałej), co w aktualnych warunkach wielkich bloków jest sprawą bardzo trudną, a jeśli trudną, to niewątpliwie kosztowną.

6. LITERATURA

- [1] Oppelt O., Hartmann K.: Kraftwerk Staudinger der P.E.A.G. "Siemens-Zeitschr." 1966. Str. 591-603.
- [2] Trojak J.: Zabezpieczenia układu blokowego o mocy większej niż 100 MW w elektrowni parowej. "Energetyka" Z. 2. Str. 33-36; Z. 3. Str. 63-68.
- [3] Trojak J.: Zabezpieczenia układów blokowych; niektóre zagadnienia dyskusyjne. Materiały konferencji pt. "Aktualne zagadnienia w technice zabezpieczeń". Wrocław. 1967. Str. 102-110.
- [4] Trojak J., Wiszniewski A.: Zabezpieczenia współczesnych transformatorów. "Przegląd Elektrotechniczny" 1970. Nr 2 Str. 74-79.
- [5] Glebow I.A., Ruelle G.: Progress Report of Study Committee No 11. (Rotating Machines). "Electra" 1970. Nr 14 Str. 10-17.
- [6] Szymański A., Wiszniewski A.: Gaszenie pola w maszynach o wzbudzeniu bezszczotkowym. "Prace Naukowe Instytutu Energoelektryki Politechniki Wrocławskiej" 1970. Nr 4. Str. 83-91.
- [7] Hahn Ch.: Probleme des Reserveschutzes von Verbundnetzen. B.B.C.-Mittlgn. 1966. Nr 11/12 Str. 856-859.
- [8] Rockefeller G.D.: Fault Protection with a Digital Computer. IEEE. Transact. Power Appar. Syst. 1969 No 4. Str. 438-464.
- [9] Ungrad H., Glavitch H.: Centrally Coordinated Back-Up Protection an System Security Monitoring as Constituents of an Integrated System for the Automation of Power Transmission. C.I.G.R.E. Paper No 34-03. 1970.
- [10] Wróblewska S.: Zabezpieczenia elektroenergetyczne układów blokowych o mocy powyżej 200 MW. "Energetyka". 1968. Str. 230-233.

ИИ ТРОИК

Институт Энергоэлектрики
Вроцлавского Политехнического ИнститутаИЗБРАННЫЕ ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ БЛОКОВ
БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Анализ условий действия

К о р о т к о е с о д е р ж а н и е

В статье представлены свойства и особенности современных защит, а также ставляемые им требования на почве актуальных условий, навязанных в основном генератором и блок-трансформатором.

Современные системы защиты должны быть целесообразны, селективны, нечувствительны на ошибочные пусковые сигналы, быстродействующие, чувствительные, безопасные и в постоянной готовности к действию. Кроме того, желательно чтобы они были системами открытыми т.е. действующими не только с целью устранения одного нарушения, но в широком смысле, в направлении оптимализации первичной схемы и ликвидации последственных результатов нарушения.

В результате рассуждений, представляются следующие выводы:

1. Относительно защиты

- а) Защита должна быть целесообразной, селективной, нечувствительной на ошибочные пусковые сигналы и поэтому при построении схемы защиты необходимо руководствоваться правилами 2/2, 2/3 либо 2/4

- б) Быстродействие защиты не имеет обоснования поскольку не существуют быстродействующие миллисекундные выключатели мощности высокого напряжения и миллисекундные системы гашения поля. До сих пор существует основная разница мнений относительно величины тока замыкания на землю и времени его отключения (ок. 10 а и опаздывание - миллисекунды; 300 а и секунды)
- в) Чувствительность системы пожалуй умеренная, так как отсутствуют обоснования для ее увеличения
- г) Точность защиты до сих пор не имеет удовлетворительного определения; желательны были бы работы в этом направлении
- д) безотказность защит становится их главным признаком.

2. Относительно общих вопросов

- а) Конструкторы машин ставят тезис об неразрушимости турбогенераторов и трансформаторов. Если это откажется правдой, тогда защиты станут излишние.
- б) В отношении к выключателям мощности, которые являются наиболее ответственным исполнительным элементом, главной проблемой, с которой необходимо справиться, это возможность отключения аperiodической составляющей тока короткого замыкания.
- в) Регуляторы SPD (ЦПД) в случае блок-систем могут пока что исполнять роль резервной защиты.

ОПИСАНИЕ РИСУНКА

Рис. 1. Для определения времени действия защиты и основного выключателя мощности (GMW).

J. Trojak
Institute of Power Systems
Technical University of Wrocław

SOME PROTECTION PROBLEMS OF LARGE GENERATOR - TRANSFORMER UNITS

Operating conditions analysis

S u m m a r y

In the paper there are discussed features of contemporary protections and the requirements imposed on them, dictated mainly by unit connected generators and transformers.

Contemporary protections should be purposeful, selective, insensible to incorrect starting signals, quick, sensitive, accurate, reliable and ever - ready to operate. Moreover it is desirable that they form open schemes, i.e. schemes operating not only to remove one sort of faults, but, in general meaning, operating towards primary circuit optimizing and clearing of subsequent effects of faults.

As a results of consideration of the above mentioned problems, the following conclusions are drawn:

1. As far as protections are concerned

- a) To make protections purposeful, selective and insensible to incorrect starting signals, schemes according to rules 2/2, 2/3 and 2/4 should be applied.
- b) Quick operating protections are useless if there are not very quick, millisecond operating e.h.v. circuit-breakers, and millisecond operating field-discharge switches. There are still very different opinions as for as earth current value and its swi-

tching off time delay is concerned (from about 10. A and order of milliseconds up to 300 A and order of seconds).

- c) Protection sensitivity should be reasonable, since there is no reason to increase it.
 - d) Accuracy of protections still remains unsatisfactorily defined; further work in this field is desirable.
 - e) Reliability of protections becomes their main feature.
2. As far as general nature questions are concerned
- a) Machines makers say that turbogenerators and transformers are indestructible. If it is true the protections could be needless.
 - b) Considering the circuit - breakers which are ones of most important executive elements, the main problem arising, is breaking of fault current d.c. component. Its magnitude is considerably high and it fades out slowly.
 - c) C.P.D. regulators in case of unit connected generators and transformers can be temporarily used as back - up protections.

FIGURE DESCRIPTION

Fig. 1. Method of delimitation of short - circuit protection and main circuit breaker (GWM) operating times.