

Dr inż. Krzysztof Woliński
Zakład Energetyczny Białystok s.a., 15-950 Białystok, ul. Elektryczna 13
Dr inż. Zygmunt Kuran
Mgr inż. Sławomir Skrodzki
Instytut Energetyki, 01-144 Warszawa, ul Mory 8

BADANIA OKRESOWE ZABEZPIECZEŃ W ZAKŁADACH ENERGETYCZNYCH – STAN OBECNY I PERSPEKTYWY

Technika mikroprocesorowa sprawia, że ciągle pojawia się coraz nowszy sprzęt zabezpieczeniowy, który coraz trudniej badać tradycyjnymi metodami. Na szczęście pojawiają się również nowe urządzenia testujące o zupełnie nowych właściwościach. Istnieje zatem ciągła potrzeba doskonalenia metod badawczych uwzględniających właściwości zabezpieczeń i testerów.

1. BADANIA ZABEZPIECZEŃ – NOWE WYMAGANIA

Stare zabezpieczenia składały się przeważnie z pojedynczych zabezpieczeń. Można było sprawdzać zatem kolejno poszczególne zabezpieczenia, które rzadko kiedy wzajemnie na siebie oddziaływały. A jeśli blokady były potrzebne, to najłatwiej było je wykonać wkładając papierek między styki odpowiedniego przełącznika. Sposób prosty, ale był akceptowany, gdy tym papierkiem było 100 zł – gwarantowało to, że ów papierek nie będzie tkwił tam zbyt długo.

Wymuszając prądy w obwodach nowoczesnych cyfrowych sterowników zasilamy wszystkie zabezpieczenia prądowe. Zabezpieczenia te najczęściej działają na ten sam przełącznik wyłączający. Dochodzi często do kolizji, nie wiemy, które zabezpieczenie spowodowało zamknięcie zestyku wyłączającego. Pojawiła się zatem skłonność do przeprogramowywania zespołów na czas prób. Nie ma tylko gdzie wkładać kaucji gwarantującej ponowne przeprogramowanie. A jeśli nawet wszystko poprawnie się odbyło, to czujemy pewien niepokój, że zabezpieczenie z prawdziwymi nastawieniami nigdy nie było badane. Naszym zdaniem próby należy tak przeprowadzać, aby zawsze kontrolować sygnał wysyłany przez przełącznik wyłączający, a zasilanie zabezpieczeń organizować tak, aby zabezpieczenia pobudzane były selektywnie. Stawiamy tezę: - jeśli istnieje zabezpieczenie, którego nie umiemy pobudzić, tak żeby dawało sygnał na zamknięcie zestyku, to w cyfrowym zespole zabezpieczeń jest ono niepotrzebne. Oznacza to, że zaprogramowanie dwóch identycznych zabezpieczeń w tym samym zespole cyfrowym nie daje rezerwowania.

W starych podręcznikach od zabezpieczeń przeczytamy, że najkrótszy czas stopniowania zabezpieczeń musi być dłuższy od sumy czasów: działania wyłącznika i czasu powrotu zabezpieczenia. Jeśli badany przełącznik zwłoczny ma taką konstrukcję, że niedostępny jest sygnał pobudzenia członu bezzwłocznego (dotyczy to znacznej części zabezpieczeń cyfrowych), to nie możemy zmierzyć czasu powrotu członu bezzwłocznego. Czas powrotu mierzony za przełącznikiem zwłocznym nie jest tym czasem, który nas interesuje. Dlatego w aktualnych normach zrezygnowano z określania czasu powrotu, a wprowadzono w to miejsce czas wybiegu. Najłatwiej wyjaśnić to dla zabezpieczeń prądowych. Czas wybiegu jest parametrem określanym dla zabezpieczeń zwłoczných. Oznacza on czas odmierzany od momentu obniżenia się maksymalnego przewidywanego dla danego obwodu prądu do momentu zadziałania zabezpieczenia. Prąd zanika przed zadziałaniem zabezpieczenia, a pomimo to może dojść do działania. Według wymagań norm, prąd obniża się do zera, a w rzeczywistości do warunków obciążenia powiększonych o prąd

samorozruchu silników, czyli do wartości, przy której normalnie przekaźnik nie działa. Dla różnych typów zabezpieczeń czas ten wynosi od 30 ms do 150 ms. Tradycyjny sprzęt pomiarowy nie dawał możliwości pomiaru tego czasu. Czas wybiegu można natomiast zmierzyć zawsze, pod warunkiem posiadania odpowiedniego sprzętu.

Podobne kłopoty mogą wystąpić przy wyznaczaniu współczynnika powrotu. Wiele cyfrowych zabezpieczeń po wysłaniu sygnału wyłącz przestaje reagować na wielkości pomiarowe. Tradycyjnymi metodami nie potrafimy wtedy określić współczynnika powrotu zabezpieczenia. Jego znajomość jest niezbędna do prawidłowego nastawienia zabezpieczeń. W takich przypadkach współczynnik powrotu należy badać dynamicznie łącząc to z pomiarem czasu wybiegu. Po zmierzeniu czasu wybiegu skracamy nieco czas symulowanego zwarcia tak, aby przekaźnik nie działał. Następnie w kolejnych próbach zmieniamy wartość prądu, do którego obniża się prąd zwarcia. Największy prąd przy którym przekaźnik nie działa, jest prądem powrotu.

Przychylamy się do następujących stwierdzeń:

- coraz trudniej jest badać nowoczesne cyfrowe zabezpieczenia tradycyjnymi metodami,
- uaktywnianie w zabezpieczeniach cyfrowych coraz większej liczby zabezpieczeń nadmiernie wydłuża czas badań.

2. WYMAGANIA ENERGETYKI

Są to wybrane zapisy ramowej instrukcji „Eksploatacji układów zabezpieczających, pomiarowych, regulacyjnych i sterowniczo – sygnalizacyjnych w urządzeniach elektrycznych” – Polskie Towarzystwo Przesyłu i Rozdziału Energii Elektrycznej w Poznaniu, luty 1999.

Zasadnicze wymagania dla układów probierczych (p.5.2)

Do sprawdzania należy stosować sprzęt zapewniający spełnienie wymagań norm oraz instrukcji, oraz umożliwiający wykonanie pełnego zakresu badań urządzeń EAZ.

Aparaty probierczo – pomiarowe użyte do wykonywania badań aparatury EAZ powinny mieć atest dla typu umożliwiający stosowanie go jako urządzenia kontrolno – pomiarowe na terenie Polski.

Przekaźniki . Pomiary techniczne (p.6.3.2.)

Pomiary techniczne przekaźników należy wykonać przy znamionowych wartościach napięcia pomocniczego.

Należy wykonać:

- a/ pomiary wartości rozruchowych i powrotnych,
- b/ pomiary czasów działania,
- c/ pomiar charakterystyk działania,

....

f/ próby funkcjonalne działania przekaźnika.

Zabezpieczenia cyfrowe (p.6.6.)

Sprawdzenia zabezpieczeń cyfrowych należy wykonywać w następującym zakresie:

- a/ pomiary wartości rozruchowych i powrotnych,
- b/ pomiary czasów działania,
- c/ pomiar charakterystyk działania np. impedancyjnych, prądowo – zależnych, mocowych, różnicowych itp.

....

e/ próby funkcjonalne działania zabezpieczenia.

Protokoły z badań (p.7)

Z każdego badania aparatury i układów EAZ niezależnie od jego zakresu powinien zostać sporządzony protokół.

Wzorzec protokołu, określony przez właściciela urządzeń powinien zawierać:

- potwierdzenie wykonania wszystkich czynności wchodzących w zakres danego sprawdzenia,
- wyniki pomiarów aparatury EAZ i obwodów pomocniczych,
- ocenę stanu aparatury EAZ oraz obwodów pomiarowych, sterowniczych i sygnalizacyjnych,
- stwierdzone usterki i nieprawidłowości,
- ocenę przydatności do dalszej eksploatacji badanego urządzenia.

Sposób przechowywania protokołów badań określa właściciel urządzenia, przechowywany powinien być protokół z ostatniego badania pełnego oraz dwóch badań skróconych.

3. WYMAGANIA WYNIKAJĄCE Z NORM

Urządzenia testujące powinny umożliwiać badanie zabezpieczeń zgodnie z normami przekąźnikowymi IEC grupy 255 i przede wszystkim spełniać następujące wymagania:

- Współczynnik odkształcenia fali sinusoidalnej mniejszy od 2%,
- Składowa stała nieustalona w prądzie przemiennym do 5%,
- Dokładność ustawienia przesunięcia fazowego 2%,
- Zakres regulacji przesunięcia fazowego między przebiegami 360o,
- Dokładność ustawienia częstotliwości 0.5%,
- Dokładność ustawienia amplitudy prądu i napięcia powinna być nie gorsza od klasy badanych zabezpieczeń, w praktyce na ogół wystarczająca jest dokładność 1%
- Wielkości zasilające, to znaczy: prąd, napięcie, częstotliwość, przesunięcie fazowe powinny mieć regulację płynną i skokową,
- Jeśli urządzenie testujące odwzorowuje przebiegi zmieniające się dynamicznie, np. zawierające składową przejściową to powstanie chwilowego uchybu większego niż 2% w stosunku do przebiegu zadanego powinno być sygnalizowane.
- Skokowa zmiana wielkości zasilającej powinna być w zakresie:
 - od zera do określonej wartości,
 - od określonej wartości do zera,
 - od jednej określonej wartości do drugiej określonej wartości,

Dynamika źródła prądowego powinien być podana w danych technicznych urządzenia testującego, najlepiej w postaci graficznej. Dla niektórych szybkich zabezpieczeń kształt tych przebiegów może mieć istotne znaczenie.

4. AUTOMATYZACJA PROCESU BADAŃ

Stosowane obecnie zabezpieczenia to głównie nowoczesne zabezpieczenia cyfrowe o dużym stopniu złożoności, których sprawdzania, nastawianie i uruchamianie jest bardzo czasochłonne. W eksploatacji pozostaje jeszcze duża liczba przekąźników elektromagnetycznych różnego typu, do badania których wymagane jest wymuszanie ze źródła dużej mocy. Od nowoczesnej aparatury pomiarowej wymaga się pełnej automatyzacji – skrócenia czasu przeprowadzania badań, powtarzalności, odpowiednich parametrów wyjściowych oraz prostoty obsługi.

Próby automatyzacji procesu testowania zabezpieczeń pól średniego napięcia podejmowane były już wiele lat temu. Przykładem jest Zestaw Kontrolno-Pomiarowy typu WP, którego produkcję próbowano uruchomić w okresie rozkwitu produkcji elektronicznych

zabezpieczeń analogowych. Zestaw ten składał się sześciu aparatów. Wybierając kilka z nich, można było złożyć zestaw odpowiedni do badania zabezpieczeń poszczególnych pól rozdzielni SN. Próby wdrożenia do eksploatacji tego aparatu zakończyły się niepowodzeniem. I nie z powodu braku zaangażowania ludzi w to przedsięwzięcie, lecz przy ówczesnej technice było to niewykonalne. Czynnikiem, które ograniczały rozwój tego przedsięwzięcia było:

- nadmierna waga i zbyt duży stopień rozbudowania zestawu, do zbadania zabezpieczeń w jednej stacji trzeba zabierać wszystkie sześć aparatów,
- analogowa technika realizacji aparatów była dużym ograniczeniem w automatyzowaniu badań, kontrola zadawanych wielkości analogowych musiała być realizowana pomiarowo.
- brak powtarzalności pomiarów.

Wszystkie analogowe urządzenia testujące zbudowane były ze źródła sygnału i miernika. Zadawanie żądanej wielkości odbywało się tak, że człowiek pełnił rolę sprzężenia zwrotnego pomiędzy miernikiem a wymuszalnikiem, czyli mówiąc wprost obsługa spełniała funkcję regulatora i członu wykonawczego. W tej sytuacji realizacja badań dynamicznych była prawie niemożliwa.

4.1 Importowany sprzęt do testowania zabezpieczeń

Opisane problemy skończyły się, gdy opracowano pierwsze urządzenia cyfrowe. Na rynku jest obecnie kilka firm oferujących nowoczesny sprzęt do badania zabezpieczeń.

Są to firmy: OMICRON, Programma, Kocos, ISA, ABB. Oferowany sprzęt odznacza się w większości następującymi cechami:

- zrealizowany jest w większości w technice cyfrowej,
- do sterowania, z nielicznymi wyjątkami, jest niezbędny komputer PC,
- mają co najmniej po trzy wyjścia prądowe i trzy wyjścia napięciowe i są dobrze przystosowane do sprawdzania zabezpieczeń odległościowych,
- są dobrze dostosowane do zabezpieczeń o prądzie znamionowym 1 A, do rozszerzania zakresu prądowego do 50 w trzech fazach potrzebne są wzmacniacze prądowe, wyjątek stanowi urządzenie UTS firmy ISA, które zawiera takie wzmacniacze.
- podstawowym rodzajem pracy jest symulacja zwarcia, czyli skokowe przejście z warunków obciążeniowych do warunków zwarciovych, inne funkcje najbardziej ma rozbudowane firma ISA

Dla zilustrowania tych urządzeń przedstawimy dwa przykłady.

4.1.1 Tester XS92a, firmy ABB

Tester XS92a, firmy ABB jest nowoczesnym cyfrowo sterowanym urządzeniem przeznaczonym do testowania przekaźników odległościowych różnych typów. Jako urządzenie sterowane cyfrowo nie posiada żadnych mechanicznych przełączników zewnętrznych do ustawiania parametrów pracy. Wejściem sterującym jest terminal o porcie szeregowym, do którego podłącza się specjalny sterownik ręczny (Hand Terminal) lub komputer klasy PC z odpowiednim oprogramowaniem. Wyjściami są: obwody prądowe i napięciowe zasilające badany przekaźnik odległościowy. Tester otrzymuje dodatkową informację zwrotną z zabezpieczenia odległościowego w postaci impulsu pobudzenia członu podimpedancyjnego i impulsu wyłącz. Do drugiego portu szeregowego można podpiąć drukarkę do wydruku wyników pomiarów.

W pracach eksploatacyjnych tego testera zrezygnowano z podłączenia drukarki i w to miejsce podłączony jest komputer PC. Wyniki pomiarów wyświetlane są na ekranie monitora i jednocześnie rejestrowane na dysku. Wyniki odczytywane są na bieżąco podczas testowania

przełącznika. Rejestracja na dysk następuje po zalogowaniu się do pliku dyskowego. Zaletą takiego monitorowania przebiegu testowania jest zwrócenie uwagi na przebieg testu z możliwością podjęcia działań w przypadku wystąpienia nieprawidłowości.

Sterowanie testerem jest najważniejszym elementem procesu badania przełącznika. Możliwe jest testowanie:

- statyczne,
- dynamiczne,
- automatyki SPZ.

Testowanie dynamiczne najlepiej odwzorowuje rzeczywiste warunki zwarcia. Sprawdzenie dynamiczne jest procesem automatycznym. Samoczynnie wyszukiwane są parametry rozruchowe, krańcowe wartości impedancji stref pomiarowych oraz czas wyłączenia.

Proponowanym rozwiązaniem w zakresie sterowania jest lista rozkazów realizujących automatyczny test przełącznika w następującym zakresie:

- zakresy impedancji rozruchowych w kierunku zwarcia z określonym kątem zwarcia oraz w kierunku przeciwnym dla wszystkich rodzajów zwarć,
- zakres działania przełącznika w strefie 1N i 1W dla wszystkich kombinacji zwarć wraz z pomiarem czasu działania w odległości 0,5 zasięgu strefy Z;
- zakres działania przełącznika w strefach wyższych, z pomiarem czasu wyłączenia w odległości 0,8 długości zasięgu strefy wybranej dla wszystkich rodzajów zwarć,
- test czułości kierunkowej przełącznika przy bliskich zwarciach na kierunku działania i do „tyłu”.

4.1.2 Testery włoskiej firmy ISA

Testery włoskiej firmy ISA przystosowane są do pracy w trybach automatycznych (RUN) i manualnych (MAN W – MAN Z). Dodatkowy atut to oprogramowanie do rekonstrukcji zarejestrowanych przebiegów (MAN R). Pozwala ono na odtworzenie rzeczywistych zakłóceń podczas badań wykonywanych w warunkach laboratoryjnych.

Aplikacje, które służą do:

- sterowania ręcznego MAN W – MAN Z. Można tutaj zadekretować wszystkie wartości zakłóceniami oraz przed zakłóceniami. Wyniki badań przedstawiane są w postaci wykresnej i tabelarycznej (wykres wynikowy można kopiować do Worda, wyniki z tabel można eksportować do Excela). Aplikacja MAN Z przeznaczona jest do zabezpieczeń odległościowych.
- tryb pracy HFO. W tym cyklu test rozpoczyna się od wymuszania wartości początkowej, która utrzymywana jest przez określony czas. Następnie wymusza się wartość zakłócenia do chwili, gdy tester otrzyma informację o zadziałaniu badanego przełącznika (w określonym czasie). Po otrzymaniu impulsu wyłączającego tester wraca do ustawienia parametrów wymuszeń na zero, a z panelu można odczytać wartości mierzone. Istnieje opcja dalszego utrzymywania warunków zakłócenia, co pozwala symulować awarię wyłącznika.
- tryb pracy HFFO. Pojedynczy cykl jest taki sam jak w trybie HFO. Natomiast dla większej liczby cykli różnica polega na tym, że wartości początkowe wymuszane są tylko przed pierwszym zakłóceniem. Jeśli zadziałanie nie nastąpiło w czasie pierwszego cyklu, parametr zakłócenia zmienia się o zadaną wartość i będzie wykonywany następny cykl. Po zakończeniu testu wartości wymuszeń ustawiane są na zero.
- tryb pracy HFH. Różnica między trybem HFO i HFH polega na tym, że po zakończeniu cyklu wymuszane są wartości początkowe.
- tryb pracy HFFH. Po zakończeniu cyklu będą symulowane wartości początkowe. Zmiana wartości zakłócenia (modułu i fazy) odbywa się w sposób skokowy.

- tryb płynnej zmiany wartości zakłóceń. Należy wybrać odpowiednią opcję, zadeklarować wartości początkowe i gradient zmian wielkości zakłóceń.

Pakiet X_TEST zawiera programy do automatycznego badania przełączników: odległościowych, nadprądowych, napięciowych, mocowo-kierunkowych, częstotliwościowych, różnicowo-prądowych, od mocy zwrotnej i synchronizmu. Programy pozwalają na automatyczne wyznaczanie charakterystyk zabezpieczeń, ich weryfikację, symulację zwarć rozwijających się, kontrolę działania zabezpieczeń zainstalowanych na przeciwległym końcu linii i synchronizowanych przez GPS.

Oprogramowanie do analizy zakłóceń MAN – R. Zaletą urządzeń jest wyposażenie ich w program pozwalający na odtwarzanie przebiegów zapisanych w formacie COMTRADE.

Istnieje możliwość pisania i edytowania programów automatycznych kontrolujących wszystkie właściwości nastaw i wykonujących typowe operacje (zapytania o nastawy, rysowanie charakterystyk, wykonywanie testów, wypisywanie komunikatów w czasie testów, wyświetlanie wyników badań tabelarycznie i w postaci wykresów, obliczanie błędów. Protokoły badań są tworzone automatycznie z chwilą otrzymania wyników pomiaru.

4.2. Prace Instytutu Energetyki dotyczące automatyzacji badań EAZ

. Pomimo znacznego postępu pozostają nadal aktualne problemy takie jak:

- jak zmniejszyć wagę urządzeń aby lepiej dostosować je do pracy w warunkach eksploatacyjnych
- czy urządzenie testujące powinno posiadać własny panel sterujący, który niezależnie od obecności zewnętrznego komputera.

W krajowej energetyce, w której dominują przekładniki prądowe o znamionowym prądzie wtórnym 5 A, oczekuje się od sprzętu testującego zdolności wymuszania prądów $20 I_n$, czyli 100 A. Większość importowanego sprzętu do testowania zabezpieczeń dostosowana jest do przekładników o znamionowym prądzie wtórnym 1 A. Dostosowanie tego sprzętu do przekładników o prądzie wtórnym 5 A, wymaga stosowania dodatkowych wzmacniaczy, co znacznie podnosi cenę i ciężar urządzeń. W artykule przedstawiamy propozycje rozwiązania tego problemu. Aby nie podnosić nadmiernie wagi urządzenia i jednocześnie uzyskać zakres wyjść prądowych na poziomie 50 A, i 100 A zrezygnowano z trójfazowej wersji urządzenia na rzecz wersji jednofazowej. Zdecydowana większość zwarć sieciowych jest przecież jednofazowa lub dwufazowa. Pozwala to dobrze symulować zwarcia niesymetryczne. Przewidziano również możliwość realizacji trójfazowego źródła prądowego o zakresie do 50 A lub napięciowego o zakresie do 150 V, jest to niezbędne do badania niektórych zabezpieczeń.

.Opracowane w Instytucie urządzenie UTC-GT (*skrót oznacza urządzenie testujące dla generatorów i transformatorów, dla zaznaczenia wersji cyfrowej dodano literę C*), dostosowane jest do badania wszystkich typów zabezpieczeń pól średniego napięcia łącznie z polami silnikowymi i automatyką SCO i SPZ, zabezpieczeń transformatorów oraz zabezpieczeń generatorów. W tym obszarze energetyki dominują przekładniki o prądzie wtórnym 5 A. Ponieważ urządzenie deklarowane jest dla zakładów energetycznych i zakładów przemysłowych zastosowano w urządzeniu panel sterujący, który umożliwia swobodne wykorzystanie urządzenia. Komputer zewnętrzny jest potrzebny tylko do automatyzacji badań.

Badanie tak wielu zabezpieczeń urządzeniem jednofazowym wymaga pewnej wiedzy odnośnie układów probierczych. Wiedzę tą zbieramy od dwudziestu lat, jest ona oczywista dla teoretyków z dziedziny zabezpieczeń. Niemniej jednak w warunkach polowych, gdy szybko musimy dostosować układ probierczy do zbadania określonego zabezpieczenia jest bardzo przydatna. Instytut wszystkim zainteresowanym przekazuje takie informacje.

4.2.1 Urządzenie UTC-GT-budowa

UTC-GT jest urządzeniem nowej generacji. Zbudowane jest z cyfrowego generatora sygnałów sterujących i precyzyjnego wzmacniacza-wtórnik. Wyliczone matematycznie przebiegi testujące odtwarzane są w przetwornikach cyfrowo-analogowych jako sygnały sterujące. Mają one żadaną amplitudę, fazę i czas trwania z zachowaniem wysokiej klasy dokładności. Wzmacniacz-wtórnik wymusza prąd i napięcie dokładnie według obliczonego wzorca. Miernik zastąpiony zostaje układem kontroli, który uruchamia sygnał ostrzegawczy, gdy wymuszone przebiegi nie są wierną kopią obliczonego wzorca. Przy takiej konstrukcji urządzenia przestają istnieć problemy z powtarzalnością badań, z fazą początku generowania przebiegów, z czasem trwania próby i z automatyzacją badań. Badając zabezpieczenia od przeciążeń nie musimy sprawdzać, czy wymuszony prąd nie zmienił wartości. Przy obecnej technice z większą dokładnością można sinusoidę wygenerować, niż zmierzyć.

Podstawowy element wykonawczy nowego testera jest wzmacniacz-wtórnik. Jest on zrealizowany bez wykorzystania przekładnika prądowego. Wyeliminowanie przekładnika zmniejsza wagę urządzenia i umożliwia generowanie przebiegów zawierających składową stałą

4.2.2 Urządzenia UTC-GT-właściwości

Urządzenie zawiera:

- trzy wyjścia analogowe. Wyjście A jest zawsze prądowe i ma na zakresie 2 A rozdzielczość 1 mA, a na zakresie 50 A rozdzielczość 10 mA. Wyjście B jest prądowe o zakresie 50 A i rozdzielczości 10 mA lub napięciowe o zakresie 150 V i rozdzielczości 0,1 V. Trzecie wyjście jest napięciowe, wartość napięcia wynosi 100 V AC o częstotliwości sieci i jest nienastawialna. Napięcie to jest niezbędne przy sprawdzaniu trójfazowych zabezpieczeń impedancyjnych. Wyjścia analogowe są od siebie izolowane. Moc szczytowa każdego źródła prądowego o zakresie 50 A wynosi 500 W i jest osiągalna dla obciążenia 0,1 Ω . Maksymalne napięcie wyjścia prądowego wynosi 10 V. Zakres regulacji częstotliwości wynosi 4,5 Hz do 65 Hz, a fazy 0 do 360°. Harmoniczne wybiera się z zakresu od zerowej do dwudziestej.
- dwa sekundomierze, wejścia sekundomierzy są od siebie izolowane. Sekundomierz pierwszy jest niezależny od pracy urządzenia. Sekundomierz drugi ma początek liczenia czasu aktywowany wewnątrz przyciskiem START.
- przekaźnik odwzorowania stanu wyłącznika, który jest niezbędny przy badaniu automatyki SPZ-tu. Przy wyborze jednego z dwóch sposobów badania SPZ-tu przekaźnik ten odwzorowuje stan położenia wyłącznika.

Urządzenie UTC-GT może pracować w trybie MANUAL, w którym wszystkie zmiany zadawanych parametrów nastawiane są ręcznie, w trybie ZWARCIE, w którym mierzy się czasy zadziałania, a zmiany parametrów zadawane są skokowo oraz w trybie NAJAZD, w którym mierzy się wartość rozruchową i powrotu badanego zabezpieczenia, zmiany parametrów następują automatycznie w nastawionych krokach. Do wyboru jest sześć sposobów najazdu. W jednym cyklu może zmieniać się dowolna liczba parametrów zarówno w górę jak i w dół.

Jeśli źródła prądowe wyjścia A i B połączymy w układzie „V” z przesunięciem fazowym 120°, to uzyskujemy trójfazowe źródło prądu o zakresie regulacji do 50 A.

Jeśli skorzystamy z transformatora prądowo-napięciowego i prąd toru A zamienimy na napięcie, a na wyjście B ustawimy jako napięciowe, to przy przesunięciu 120° między wyjściami A i B można uzyskać w układzie „V” trójfazowe napięcie z pełnymi możliwościami regulacji amplitudy i częstotliwości.

4.2.3 Automatyzacja badań

Opisane powyżej funkcje urządzenia UTC-GT obsługuje się bezpośrednio z panelu sterującego urządzeniem. Przygotowując się do automatyzacji badań przedstawiamy rozważania mające na celu zoptymalizowanie tego procesu. W badaniach automatycznych niezbędna będzie współpraca z komputerem zewnętrznym.

Badania urządzeń EAZ wykonywało się u nas zawsze metodą „najeżdżania”. Polega ona na tym, że stopniowo reguluje się wielkość pomiarową, aż do zadziałania badanego zabezpieczenia. Stosując taką metodę dla zabezpieczeń bezzwłocznych zadawalająco szybko uzyskujemy wynik pomiaru. Znacznie gorzej jest już z zabezpieczeniami zwłocznymi. Po takich badaniach pozostają dalej nieznanymi dynamiczne cechy przekaźnika.

Musimy odpowiedzieć na pytanie - jakie interesują nas własności przekaźnika, statyczne czy dynamiczne?. Pod pojęciem prób dynamicznych rozumie się badanie przez skokowe zadanie wielkości pomiarowej, a próby statyczne to powolne zmiany wielkości zadawanej. Na to pytanie można odpowiedzieć tak: Interesują nas próby, które są maksymalnie zbliżone do warunków, w jakich rzeczywiście pracuje przekaźnik. Inne będą wymagania dla zabezpieczenia przeciążeniowego, a inne dla zabezpieczenia zwarciovego. W rzeczywistości najbardziej typowym zdarzeniem jest zwarcie, które pojawia się raptownie i znika raptownie, przy czym proces znikania zwarcia jest bardziej złożony, bo po jego wyłączeniu prąd wraca do warunków obciążeniowych, ale jest powiększony o dynamiczny prąd silników, które w czasie zwarcia nie miały prawidłowego zasilania i po jego wyłączeniu pobierają przez chwilę nieco większy prąd. Przy pomiarze współczynnika powrotu byłoby najkorzystniej odtwarzać ten proces. Wybierając jednak pomiędzy próbami statycznymi i dynamicznymi to do testowania zabezpieczeń zwarciovych zdecydowanie korzystniejsze są próby dynamiczne.

Mówiąc o automatyzacji badań możemy zadać pytanie - co automat potrafi realizować lepiej niż człowiek?, spróbujmy wymienić atuty automatu:

- zdolność realizacji i zapamiętanych sekwencji działań oraz gromadzenie banków nastaw dla poszczególnych zabezpieczeń i typów pól,
- bardzo duża dokładność powtarzania poszczególnych prób,
- zdolność realizowania na bieżąco w czasie trwania prób obliczeń pozwalających na optymalizowanie procesu.

Celowe jest zarówno automatyzowanie badań statycznych i dynamicznych.

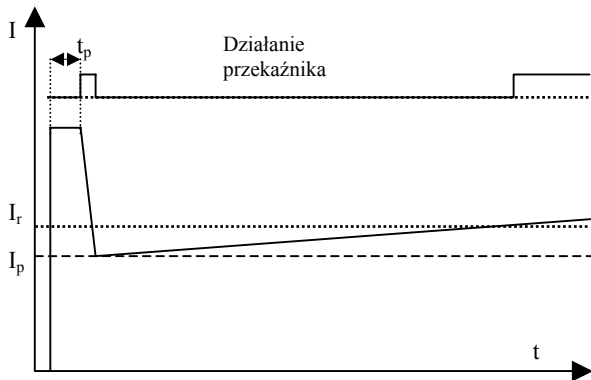
4.2.4 Statyczny pomiar wartości rozruchowej i powrotu przekaźnika zwłocznego

Dokładne zmierzenie wartości rozruchowej przekaźnika zwłocznego, w którym nie ma dostępu do informacji o jego pobudzeniu, wymaga czasu wielokrotnie dłuższego od nastawionego opóźnienia. Zagadnienie to jest uniwersalne, bo w podobny sposób będziemy postępować np. w czasie badania przekaźnika kąтового, gdy zmieniamy wartość kąta, a prąd i napięcie mają wartość stałą. Skrócenie tego czasu jest możliwe, ale wymaga to pewnych zabiegów.

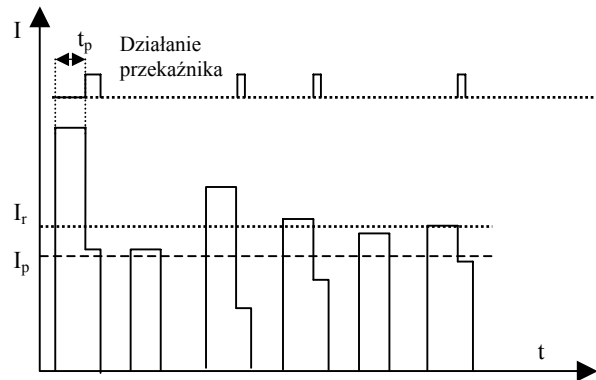
Na przykład mamy zbadać przekaźnik nadmiarowy zwłoczny nastawiony na $I_r=5$ A i $t_p=2$ s, zakładamy, że znamy tylko przedział, w którym znajdują się te nastawienia. Znajomość nastawień i klasy badanego przekaźnika mogłoby skrócić czas badania. Jeśli zrobilibyśmy „najazd”, tak żeby prąd wzrastał od zera z szybkością 0.025 A/s, to w jednym cyklu określimy wartość rozruchową przekaźnika z dokładnością do 1 %,. Czas sprawdzania jest 100 razy dłuższy od nastawionego czasu opóźnienia t_p . Jest to jednak bardzo długi czas, poniżej przedstawimy możliwości jego skrócenia.

Jeśli dysponujemy tradycyjnym sprzętem pomiarowym i badamy tradycyjny przekaźnik nadprądowy, to możemy postępować w następujący sposób: zadamy duży prąd,

np. 10 A, taki aby pomierzyć czas działania badanego przekaźnika t_p , następnie obniżamy powoli prąd w celu pomiaru prądu powrotu I_p . Typowa wartość współczynnika powrotu wynosi 0,95, zatem wiemy, że wartość rozruchowa przekaźnika jest większa o około 5%. Odwzbudzenie dokonuje się przeważnie bez inercji, dzięki temu wartość odpadu I_p może być pomierzona znacznie szybciej i dokładniej niż rozruch. Teraz możemy wykonać powolny „najazd” – prąd powinien wzrastać 1% w czasie t_p . Dokładny pomiar wartości rozruchowej uzyskamy w czasie kilku t_p , rys. 1.



Rys. 1 Badanie wartości rozruchowej i powrotu przekaźnika prądowego zwłocznego metodą „najazdu”.



Rys. 2 Badanie wartości rozruchowej i powrotu przekaźnika prądowego zwłocznego metodą sukcesywnej aproksymacji.

Jeśli badany przekaźnik ma taką konstrukcję, że po zadziałaniu zabezpieczenia formuje sygnał „wyłącz” na określony z góry czas, to opisana metoda określania wartości rozruchowej zmniejsza swoją efektywność. Wtedy korzystniej jest zastosować kolejną metodę, ale musimy mieć do tego wyspecjalizowany sprzęt.

4.2.5 Dynamiczny pomiar wartości rozruchowej i powrotu przekaźnika zwłocznego

Podstawową techniką pomiaru wartości rozruchowej zabezpieczeń zwarciovych jest metoda symulowania zwarć z wykorzystaniem techniki *sukcesywnej aproksymacji*, rys. 2. Pierwsze zwarcie robimy dla górnego zakresu prądu wybranego tak, aby była pewność, że przekaźnik zadziała. Następne zwarcie robimy w połowie wybranego przedziału. Po tej próbie wiemy już, w której połowie mieści się wartość rozruchowa badanego przekaźnika, wykonujemy zatem kolejne zwarcie dla połowy amplitudy z tego przedziału. Jeśli w pierwszą próbę wykonaliśmy dla prądu nie większego od $2 I_r$, to w dziesiątym kroku takiego postępowania określimy wartość rozruchową z dokładnością do 0,5% I_r . Metoda ta nadaje się do zabezpieczeń o charakterystykach zależnych i wielostopniowych. Dobrze zostaje przebadane otoczenie wartości rozruchowej.

W każdym przypadku, gdy przekaźnik zadziałał, możemy przechodzić do pomiaru dynamicznego współczynnika powrotu. Zmniejszamy w tym celu skokowo prąd do połowy przedziału, w którym znajduje się wartość powrotu I_p . Ponieważ czasy powrotu zazwyczaj nie przekraczają 100ms, to nie wydłuża to znacząco czasu wykonywania testu. Jeśli w badanym zespole zabezpieczeń nie można wyznaczyć współczynnika powrotu, to należy zmierzyć czas wybiegu.

Czytelnik może odnieść wrażenie, że badania są nadmiernie skomplikowane, że takie badania wykonuje się, ale przy badaniach typu. Tak w rzeczywistości jest, ale skoro pojawiają się nowe możliwości, to w sytuacji kiedy mamy przekaźnik podpięty do testera i jednym kliknięciem możemy wygenerować test, który w kilkanaście sekund zrobi to co poważnych laboratoriach robiło się tylko przy badaniach typu - to dlaczego nie mamy z tego korzystać?.

Czas pomiaru wartości rozruchowej i powrotu przekaźnika opisaną metodą dynamiczną jest może nieznacznie dłuższy niż w metodzie statycznej, ale za to mamy dobrze zbadane dynamiczne właściwości przekaźnika. Metoda ta preferowana jest zatem do zabezpieczeń zwarciovych.

5. WNIOSKI

1. Technika mikroprocesorowa umożliwia budowę urządzeń testujących realizujących automatyczne testy zabezpieczeń. W testerach automatycznych celowe jest programowanie badań dynamicznych zamiast statycznych.
2. Zmieniające się zabezpieczenia oraz sprzęt do ich testowania skłaniają do ciągłego doskonalenia metod badawczych, celowe wydaje się opracowanie jednolitych wymagań, które ułatwiłyby wybór właściwego sprzętu.
3. Przekładniki prądowe o znamionowym prądzie wtórnym 5 A sprawiają, że przed sprzętem testującym stawiane są bardzo wysokie wymagania co do mocy źródeł prądowych, jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest stosowanie testerów niepełnofazowych.

LITERATURA

- [1] Bieniek R. *Stanowisko do badania przekaźników RTx – 35b za pomocą testera XS92a firmy ABB*. Automatyka Elektroenergetyczna. 1996. Nr 1, s. 26 – 27.
- [2] Talaga A. *Automatyczne testery tradycyjnych i cyfrowych zabezpieczeń*. Automatyka Elektroenergetyczna. 2000. Nr 2, s.38 – 40.
- [3] Kuran Z. *Doskonalenie metod badania zabezpieczeń*. Wiadomości Elektrotechniczne.2004.nr 1-2, s. 21 – 27.