

TESTOWANIE NOWOCZESNYCH URZĄDZEŃ ELEKTROENERGETYCZNEJ AUTOMATYKI ZABEZPIECZENIOWEJ

Marek Kopec

Studium Doktoranckie, Instytut Informatyki i Elektroniki, Uniwersytet Zielonogórski
65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50

STRESZCZENIE

W referacie przedstawiono krótką charakterystykę urządzeń elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej EAZ, ich rolę w systemie elektroenergetycznym oraz sposoby testowania. Zwrócono uwagę na dobór parametrów zadajnika sygnałów wielofazowych i innych urządzeń systemu testującego w celu zoptymalizowania procesu testowania.

1. WPROWADZENIE

Skuteczne i niezawodne działanie systemu elektroenergetycznego jest uwarunkowane prawidłowym zadziałaniem układów elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej EAZ. Dlatego zarówno ważnym problemem technicznym jak i ciekawym zagadnieniem naukowym jest problem efektywnego testowania urządzeń EAZ. Wagę tego problemu pokazuje zestawienie przyczyn i skutków dużych awarii systemowych w Europie przedstawione w tab.1 [5,10].

Tab. 1. Awarie systemowe w Europie

D a t a	O b s z a r	M o c w y ł ą c z o n a	P r z y c z y n y
1972 lipiec	Polska, Dolny Śląsk	3500 MW (po stronie odbiorców)	Brak informacji
1981 sierpień	Wielka Brytania	1900 MW	Z powodu wyłączenia linii przesyłowych nastąpił podział systemu
1985 luty	Francja	4300 MW	Błędne zadziałanie zabezpieczeń wyłączyło 6 linii 400 kV
1987 styczeń	Polska, Ostrołęka	920 MW	Uszkodzenie linii 220 kV, brak skutecznego działania automatyki SCO
1987 styczeń	Francja, Bretania		Spadek napięcia w sieci 400 kV do 190 kV na obszarze Bretanii, awaria w elektrowni. Przyczyna brak mocy biernej.
1994 sierpień	Italia	2000 MW	Nieskuteczne działanie automatyki SCO, ze względu na duże spadki napięć, podział systemu.

Analizując powyższą tabelę można dojść do wniosku, że do wielu z tych katastrof energetycznych nie doszłoby, gdyby nie nieprawidłowa praca urządzeń automatyki zabezpieczeniowej.

Wciąż dużym problemem jest liczba wypadków (śmiertelnych i ciężkich) spowodowanych porażeniem prądem. Ogromne są również straty materialne, spowodowane przez awarie urządzeń wywołane zwarciami. Wadliwa praca EAZ, oprócz błędów projektowych i wykonawczych, jest jedną z przyczyn powstawania poważnych awarii systemów energetycznych. Biorąc pod uwagę wprowadzanie do pracy w systemach elektroenergetycznych nowoczesnych zabezpieczeń cyfrowych [2,11] i tendencje rozwoju w dziedzinie aparatów elektrycznych [3], wydajne testowanie urządzeń EAZ okazuje się zagadnieniem aktualnym i o dużej wadze.

2. URZĄDZENIA CYFROWE EAZ

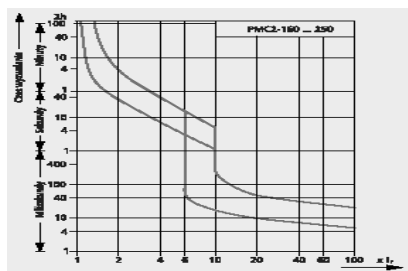
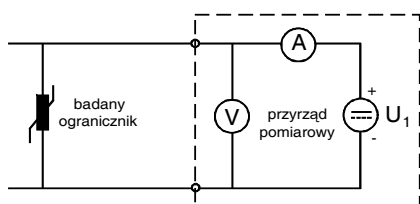
Coraz nowocześniejsze zabezpieczenia energetyczne wymagają coraz bardziej skomplikowanych i zaawansowanych systemów testujących. Współczesne systemy energetyczne coraz częściej są wyposażone w zabezpieczenia cyfrowe. Na podstawie prowadzonych statystyk [2], urządzenia mikroprocesorowe charakteryzują się większą niezawodnością i pewnością działania w porównaniu ze starszymi urządzeniami analogowymi i elektromechanicznymi. Dzięki wbudowanym rejestratorom zdarzeń i zakłóceń można dokładnie przeanalizować działanie urządzenia i przyczynę zadziałania automatyki. Obsługa ma stały dostęp do aktualnych nastaw np. progów zadziałania przekąźników. Nowoczesne cyfrowe terminale zabezpieczeniowe mają w sobie wiele zabezpieczeń i pozwalają na wykonywanie wielu czynności łączeniowych. Oprócz typowych funkcji zabezpieczenia nadprądowego, podnapięciowego, ziemnozwarciowego, oferują także zabezpieczenie od niesymetrii obciążenia i zasilania (np. do zabezpieczenia silników). Mają również wbudowane funkcje automatyki SPZ (samoczynne ponowne załączenie) i SCO (samoczynne częstotliwościowe odłączenie). Są to urządzenia uniwersalne. Jedno cyfrowe zabezpieczenie, w zależności od konfiguracji, może służyć jako zabezpieczenie linii, silnika, generatora lub transformatora [1,6,8]. Liczba nowoczesnych zabezpieczeń, zarówno w energetyce zawodowej, jak i w instalacjach indywidualnych (po stronie zakładu energetycznego i odbiorców) będzie wzrastać. Nowoczesne zabezpieczenia stopniowo eliminują zawodną aparaturę, pracującą od wielu lat w stacjach i rozdzielniach wszystkich zakresów napięć. Mimo wysokiego zaawansowania technologicznego, w zabezpieczeniach cyfrowych również zdarzają się usterki. Stąd konieczność prac nad zaawansowanymi systemami do testowania zabezpieczeń, które prócz testowania prostych zabezpieczeń, jak wszelkiego rodzaju wyłączniki, odłączniki itp., będą w stanie dokonać oceny stanu i skuteczności nowoczesnych, cyfrowych urządzeń EAZ. System taki powinien być możliwie

uniwersalny i prosty, aby umożliwić testowanie jak największej liczby urządzeń EAZ, pracujących w systemie elektroenergetycznym.

3. SPOSOBY TESTOWANIA URZĄDZEŃ EAZ

Sposób testowania zależy od rodzaju testowanego urządzenia i od dokładności i zakresu testowania. Różne są również okresy testowania, dla zabezpieczeń, wymagane obowiązującymi normami i zaleceniami producenta (nie rozumiem). Okres pomiędzy kontrolami zależy w dużej mierze od zmian parametrów urządzenia w czasie eksploatacji, np. ograniczniki przepięć i może być skrócony ze względu na warunki, w jakich dane zabezpieczenie pracuje – przy dużej wilgotności, zapyleniu i wysokich temperaturach pracy okres kontroli powinien być krótszy.

Proste urządzenia zabezpieczeniowe, np. ograniczniki przepięć testuje się metodą techniczną w układzie przedstawionym na rys. 1 [9]. Generator napięcia stale wytwarza napięcie pomiarowe o stromości 500 V/s, a amperomierz A mierzy prąd przewodzenia. Gdy prąd osiągnie wartość progową 1 mA, generator przerywa pracę, a odczytane z woltomierza napięcie przebicia porównuje się z napięciem znamionowym urządzenia [9].



Rys. 1. Układ do testowania ograniczników przepięć [9] Rys. 2. Charakterystyka czasowo-prądowa

Częściej jednak stosuje się specjalne mierniki, często dostarczane przez producentów ograniczników, np. firmę DEHN, zdecydowanie ułatwiające testy.

Trudniejszym zadaniem jest testowanie zabezpieczeń nadprądowych. Testowanie tych urządzeń polega ogólnie na sprawdzeniu charakterystyki czasowo-prądowej. Wzór nr 1 jest ogólną zależnością czasu zadziałania od wartości prądu dla urządzenia zabezpieczającego.

$$t = f(i) \quad (1)$$

Na rys. 2 przedstawiono przykładową charakterystykę czasowo-prądową zabezpieczenia firmy Moeller. Producent ściśle określa maksymalny i minimalny czas zadziałania urządzenia, przy określonym zakłóceniu prądowym. Testowanie zabezpieczeń tego typu polega na sprawdzeniu, czy czas zadziałania mieści się w podanych przez producenta granicach. Jeżeli czas zadziałania jest dłuższy, oznacza to, że dane urządzenie nie zadziała dostatecznie szybko i chroniona część systemu lub instalacji elektrycznej może ulec

uszkodzeniu. Zbyt szybkie zadziałanie powoduje nie zachowanie selektywności wyłączeń, czyli błędne zadziałanie i ryzyko niepotrzebnego wyłączenia innych odbiorców.

Niektórzy producenci zabezpieczeń pozwalają na kształtowanie charakterystyki przez zmianę współczynników, np. zabezpieczenie pól rozdzielni Ex-BEL_Z2U):

$$t = \frac{k}{\left(\frac{I}{I_s} \right)^{\alpha}} - 1 \quad (2)$$

t – czas zadziałania zabezpieczenia

I – prąd roboczy

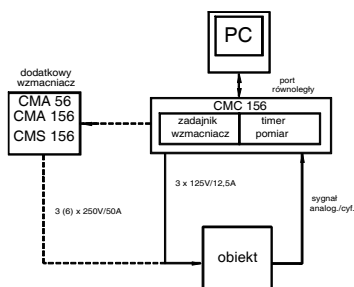
I_s – prąd odniesienia, 1,3 – 15 A

α – wykładnik, zakres nastaw 0,02 - 2

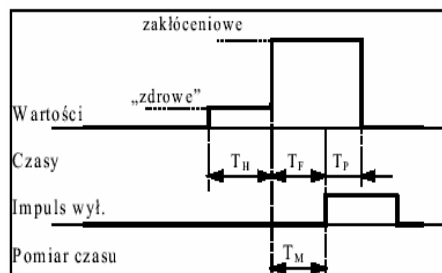
k – stała, zakres nastaw 0,14 – 12

Prąd rozruchowy - 1,2 I_s

W najprostszym przypadku testowania zabezpieczeń nadprądowych, przeciążeniowych itp. dokonuje się w układzie złożonym z zadajnika (generator, kalibrator) i układu do pomiaru czasu (np. karta pomiarowa do PC). Test w takim systemie pozwala określić czas wyłączenia testowanego egzemplarza przy ściśle określonym wymuszeniu. Zmierzony zostaje jeden punkt na charakterystyce czasowo-prądowej (rys. 2). Znacznie większe możliwości dają systemy złożone z kalibratora mocy i komputera z kartą pomiarową i specjalistycznym oprogramowaniem. Przykładem takiego rozwiązania jest system CMC 156 firmy Omikron [4], lub DRTS, UTS, ART firmy ISA [7]. Schemat funkcjonalny systemu CMC 156 przedstawiono na rys. 3. System składa się z zadajnika sygnałów wielofazowych, dodatkowych wzmacniaczy, jeśli obiekt wymaga wymuszenia większej mocy, karty pomiarowej i komputera sterującego procesem.

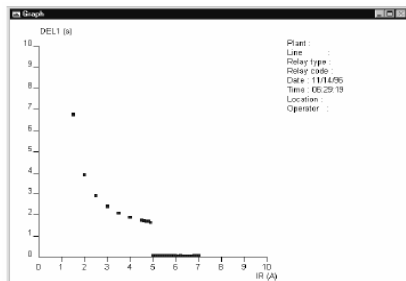


Rys. 3. System testujący CMC 156 [4]

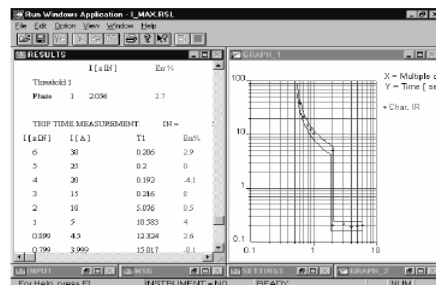


Rys. 4. Pomiar czasu w cyklu [7]

Systemy tego typu pozwalają na testowanie w trybie ręcznym i automatycznym. Praca w trybie ręcznym polega na zadaniu wielkości zakłóceń w programie sterującym. W wyniku otrzymuje się wykres i dane w formie pliku tekstowego (rys. 5).



Rys. 5. Charakterystyka czasowo-prądowa zabezpieczenia nadprądowego uzyskana w trybie manualnym w systemie firmy ISA [7]



Rys. 6. Automatyczny test przełącznika nadprądowego [7]

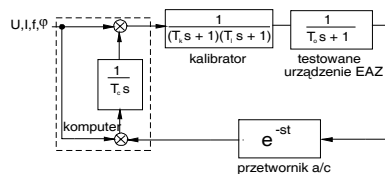
Urządzenia firmy ISA w trybie manualnym pracują w różnych trybach. Na rys. 4 przedstawiono przykładowy tryb testowania urządzenia EAZ. Test rozpoczyna się od wymuszenia wartości „zdrowych”, utrzymywanych przez czas T_H . Następnie wymusza się wartości zakłóceniami. Wartości te są utrzymywane do czasu otrzymania przez tester informacji o zadziałaniu zabezpieczenia. Z panelu można odczytać zmierzony czas zadziałania T_M [7].

Dostępny jest również tryb pracy, w którym tylko w jednym cyklu podawane są wartości „zdrowe”. W każdym następnym cyklu, jeśli nie nastąpiło zadziałanie, parametry zakłóceń są zwiększane o zadaną wartość Δ . Można również wartości wymuszające zwiększać w sposób ciągły [7].

W trybie automatycznym można wyznaczyć charakterystyki, symulację zwarć oraz wykonać dodatkowe testy np. sprawdzenie działania automatyki SPZ [7]. Na rys. 6 pokazano wynik automatycznego testu przełącznika nadprądowego.

4. KONCEPCJA SYSTEMU ZAMKNIĘTEGO DO TESTOWANIA URZĄDZEŃ EAZ

Ciekawym zagadnieniem z punktu widzenia zastosowań systemów testujących w energetyce, jest taki dobór parametrów zadajnika sygnałów wielofazowych, żeby zoptymalizować proces testowania. Głównymi wymaganiami dla systemu testującego urządzenia EAZ jest prosta obsługa, skrócenie czasu testowania, szczególnie w procesach powtarzalnych i możliwie duża dokładność. Do tego celu doskonale nadaje się uproszczona struktura systemu testującego, (rys. 7). Zadajnik (kalibrator) przedstawiono jako człon inercyjny drugiego rzędu, badany obiekt jako człon inercyjny pierwszego rzędu, a przetwornik a/c jako człon opóźniający. Funkcję regulatora całkującego pełni komputer. Operator systemu zadaje rodzaj i wartość wymuszenia. W zależności od wymuszenia kalibrator podaje daną wartość na obiekt. Odpowiedź obiektu po przetworzeniu na sygnał cyfrowy porównuje się z sygnałem zadanym i w zależności od wyniku zmienia się wartość wymuszenia.



Rys. 7. Uproszczona struktura systemu testującego

Zadaniem jest taki dobór parametrów układu, aby otrzymać możliwie prostą strukturę, spełniającą założenia optymalnego testowania nowoczesnych urządzeń EAZ. Ponieważ mamy do czynienia z układem wyższego rzędu, do rozwiązania tego zadania najbardziej pomocne wydaje się środowisko MATLAB.

5. ZAKOŃCZENIE

Zagadnienie optymalnego testowania nowoczesnych urządzeń EAZ, ze względu na ich znaczenie w systemie elektroenergetycznym, i prężny rozwój szczególnie w kierunku urządzeń mikroprocesorowych, jest ważne i aktualne. Opracowanie taniego i prostego systemu testującego EAZ, o dobrych parametrach testowania, może przyczynić się do upowszechnienia tych systemów wszędzie gdzie pracują urządzenia EAZ.

LITERATURA

- [1] 7SJ531 Zabezpieczenie i System Sterowania dla sieci Rozdzielczej, SIEMENS, 1996
- [2] J. Babiński, K. Woliński: Ocena pracy zabezpieczeń cyfrowych w stacjach 110/SN Zakładu energetycznego Białystok, Wiadomości Elektrotechniczne, 3/2004
- [3] J. Maksymiuk: Tendencje rozwojowe w dziedzinie aparatów elektrycznych, Elektroinstalator, 2/2004
- [4] OMICRON CMC 156 Portable, three-phase test system for protective relays, transducers and energy meters, OMICRON, 1996
- [5] Raport na temat stanu zagrożenia ciągłości pracy krajowego systemu elektroenergetycznego w Polsce, Biuletyn Miesięczny PSE S.A., 10/2003
- [6] SIPROTEC 7RW600, SIEMENS 1997
- [7] A. Talaga: Testowanie układów zabezpieczeń przyrządami typu DRTS/UTS/ART,
- [8] Technika Zabezpieczeniowa, SIEMENS 1997
- [9] K. Wincencik: Kontrola ograniczników przepięć kl II w instalacjach elektrycznych, Elektroinstalator, 3/2004
- [10] K. Woliński: Awarie energetyczne w Europie, Wiadomości Elektrotechniczne 3/2004
- [11] K. Woliński: SIPROTEC 7UT61, Wiadomości Elektrotechniczne, 3/2004