

**Marek KOPEĆ, Andrzej OLENCKI**  
UNIwersytet Zielonogórski

## Parametry dynamiczne testerów urządzeń EAZ

Mgr inż. Marek KOPEĆ

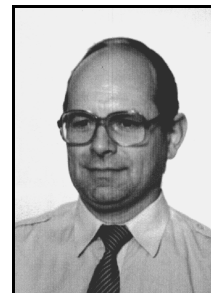
Absolwent Wydziału Elektrycznego Uniwersytetu Zielonogórskiego. Obecnie słuchacz studium doktoranckiego. Zawodowo i naukowo zajmuje się automatyką zabezpieczeniową, a w szczególności zagadnieniami związanymi z testowaniem urządzeń EAZ.



e-mail: M.Kopec@weit.uz.zgora.pl

Dr hab. inż. Andrzej OLENCKI

Projektant urządzeń elektronicznych w zakładach Lumel 1977-89, Inmel 1989-90 i Calmet od 1990. Studia (Bydgoszcz, Charków 1972-77), doktorat (Wrocław 1984-86), habilitacja (Kijów 1989-91). Od 1991 profesor Instytutu Informatyki i Elektroniki oraz kierownik Zakładu Elektroniki i Układów Mikroprocesorowych. Zainteresowania to odtwarzanie i pomiar wielkości elektroenergetycznych.



e-mail: A.Olencki@iie.uz.zgora.pl

### Streszczenie

Artykuł jest podsumowaniem pięcioletnich prac autorów nad zagadnieniem testowania urządzeń Elektroenergetycznej Automatyki Zabezpieczeniowej EAZ. Efektem tych prac jest rozprawa doktorska mgr inż. Marka Kopec, pod opieką naukową dr. hab. inż. Andrzeja Olenckiego, prof. UZ. Układ zamknięty z urządzeniem EAZ jako obiekt, symulowano w Matlabie, dla różnych parametrów zadajnika sygnałów wielofazowych (stałe czasowe w modelu kalibratora sygnałów wielofazowych) i dla różnych punktów charakterystyki czasowo-prądowej urządzenia EAZ. W wyniku otrzymano parametry, jakimi powinien się charakteryzować zadajnik sygnałów wielofazowych, żeby skrócić proces testowania, bez pogorszenia parametrów jakościowych. Otrzymane wyniki zostały zweryfikowane eksperymentalnie, przez badania dwóch zadajników sygnałów wielofazowych, o różnych parametrach dynamicznych.

**Słowa kluczowe:** zabezpieczenia, system testujący urządzenia EAZ.

### Dynamic parameters of protection device testers

#### Abstract

This paper is an effect of five-year works on testing protection devices, which resulted in getting PhD degree by Marek Kopec. There is discussed the impact of parameters of multiphase signal generators on the process of testing Electrical Power Protection Devices. Experimental and simulation results are presented. It is shown that the parametric optimisation of multiphase signal generators influences strongly the testing time and quality. The rapid development of electrical power protection devices involves the necessity of inventing the appropriate - effective testing methods. Multifunctional, digital safety devices require universal testers and optimisation of the testing process. This means the reduction in the time span of the testing process while guaranteeing the acceptable quality. Digital devices require application of integrated testing systems or closed-loop testing systems including a calibrator as the generator of multiphase signals, and a computer equipped with a measurement card and appropriate software. The aim of this work is to show the strong influence of the calibrator parameters on the testing process of electrical power automatic protection devices.

**Keywords:** protection devices, testing system.

### 1. Wstęp

Znaczny wzrost produkcji mikroprocesorowych urządzeń EAZ, obserwowany w ostatnich latach, o coraz większej liczbie funkcji i zwiększonych wymaganiach jakościowych, wymaga stosowania wydajnych systemów testujących. Jedną z dróg prowadzących do ulepszenia testerów zabezpieczeń jest optymalizacja ich właściwości dynamicznych. Efektywnym narzędziem do badań właściwości dynamicznych jest komputer z oprogramowaniem do modelowania i tworzenia struktur oraz do analizy danych. W wyniku wykonanych badań otrzymano zależności – zestawy parametrów dynamicznych, umożliwiające optymalizację testowania wybranych zabezpieczeń. Opracowanie zestawów parametrów dynamicznych zamkniętego systemu testującego w zależności

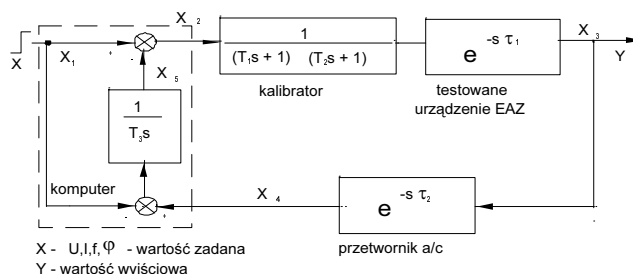
od parametrów badanego zabezpieczenia może być pomocne dla projektantów testerów urządzeń EAZ [5].

Wyniki badań symulacyjnych zweryfikowano badaniami fizycznymi z wykorzystaniem dwóch testerów o różniących się parametrach dynamicznych. Z powodu braku danych na temat parametrów dynamicznych testerów, wyliczono je na podstawie odpowiedzi skokowej.

### 2. Badania symulacyjne

W wyniku badań symulacyjnych, prezentowanych w [1, 2] otrzymano zbiór reguł pozwalających dobrać parametry dla wybranego punktu charakterystyki czasowo-prądowej.

Na rys. 1 przedstawiono schemat do analizy dynamicznej zamkniętego układu do testowania zabezpieczeń.



Rys. 1. Schemat zamkniętego układu do testowania zabezpieczeń [2]  
Fig. 1. Schematic diagram of a closed testing system [2]

Dla zabezpieczenia nadprądowego przyjęto maksymalne przeregulowanie na poziomie 5%. Taka wartość przeregulowania nie powoduje przedwczesnego zadziałania urządzenia EAZ. Nastawa czasowa mieści się w tolerancji podanej przez producenta i nie następuje pobudzenie członu zwarciovego bezzwłocznego. Dopuszczalny czas ustalania dla sygnału testującego 100A przyjęto 1s. Jest to wartość znacznie przekraczająca wymagany czas zadziałania urządzenia EAZ, który jest liczony od czasu osiągnięcia przez sygnał testujący progu zadziałania z założoną tolerancją. Przeregulowanie wpływa na dokładność pomiaru. Zbyt duża wartość przeregulowania może spowodować zadziałanie testowanego urządzenia z czasem odpowiadającym wartości przeregulowania, a nie wartości ustalonej sygnału testującego. Czas ustalania wpływa na czas trwania pomiaru. W przypadku tak dobranych stałych czasowych kalibratora, że czas ustalania jest zbyt długi, czas zadziałania urządzenia EAZ może przekroczyć podaną tolerancję. Z przeprowadzonych badań wynika, że dobierając stałe czasowe tak, żeby zmniejszyć przeregulowanie, wydłuża się czas ustalania. Jednocześnie ze zmniejszeniem przeregulowania zmniejszają się oscylacje. Jest możliwe takie dobranie parametrów, aby całkowicie wyeliminować przeregulowanie i oscylacje, ale jednocześnie znacznie wydłuża się czas pomiaru.

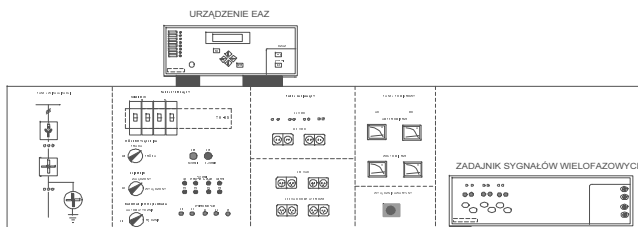
Dobierając zadajnik sygnałów wielofazowych do urządzenia EAZ o znanych parametrach dynamicznych należy wziąć pod uwagę następujące kryteria:

1. Czas ustalania, liczony od początku generowania sygnału testującego na wyjściu zadajnika sygnałów wielofazowych do osiągnięcia wartości zadanej z tolerancją podaną przez producenta urządzenia EAZ (dla CZAZ  $\pm 5\%$ ) powinien być krótszy od czasu własnego urządzenia EAZ i nastawy. Czas własny urządzenia EAZ jest czasem wynikającym z konstrukcji i parametrów urządzenia EAZ [4]. Dla zabezpieczeń bezzwłocznych czas ustalania powinien być krótszy tylko od czasu własnego urządzenia EAZ. Dla urządzeń zwłocznych czas ustalania powinien być krótszy od sumy czasu własnego i nastawy czasowej urządzenia EAZ.
2. Przy czasie ustalania sygnału testującego na wyjściu zadajnika sygnałów wielofazowych dłuższym od czasu własnego urządzenia EAZ przeregulowanie nie może przekroczyć tolerancji podanej przez producenta (5%).
3. Uzyskanie przeregulowania 5% wartości ustalonej pozwala na maksymalne skrócenie czasu testowania. Dalsze zmniejszenie przeregulowania powoduje niepotrzebne wydłużenie czasu testowania.

### 3. Badania eksperymentalne

Otrzymane wyniki wymagają sprawdzenia eksperymentalnego. Wymagało to zbudowania stanowiska laboratoryjnego, złożonego z zadajnika sygnałów wielofazowych, wraz ze sterownikiem (komputer), obiektu – urządzenie EAZ, oraz stanowiska laboratoryjnego symulującego pole rozdzielni SN. Stanowisko laboratoryjne pozwala na wizualizację stanu wyłącznika i uzziemnika oraz zdjęcie blokad technologicznych badanego sterownika polowego. Jest to konieczne do przeprowadzenia badań, ponieważ mikroprocesorowe sterowniki pól rozdzielni mają wbudowane blokady, uniemożliwiające np. załączenie pola przy zamkniętym uzziemniku, niezgodnym stanie wyłączników krańcowych w polu wyłącznikowym.

Na rys. 2 pokazano widok stanowiska laboratoryjnego do badania urządzeń EAZ.



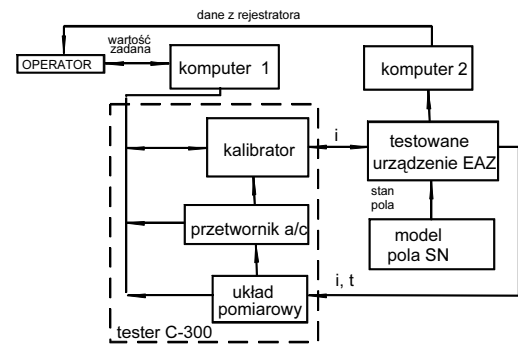
Rys. 2. Wizualizacja stanowiska do testowania EAZ

Fig. 2. View of a laboratory stand for testing protection devices

W celu weryfikacji reguł otrzymanych w wyniku symulacji zbudowano układ testujący. Jako zadajnik sygnałów wielofazowych wykorzystano dwa zadajniki sygnałów wielofazowych – pierwszy PZPN ZP1 nr 8813 o parametrach toru prądowego 250VA, o zakresie 10-20-50-100-150-300 A i parametrach toru napięciowego 100VA o zakresie 150-300-600 V, pracujący w układzie otwartym. Drugim zadajnikiem był kalibrator/tester C-300 produkcji firmy Calmet, pracujący w systemie zamkniętym. Obiektem 1 był sterownik polowy CZAZ-PZ nr CO6-MF8, zabudowany w rozdzielni SN w polu zasilania podstawowego. Obiektem 2 był sterownik polowy CZAZ-M nr CO4-MF-8, zabudowany w polu silnikowym, zabezpieczający silnik 6 kV. Badania wykonano w następujących warunkach:

- wyłącznik VD4 prod. ABB w polu zasilania podstawowego w pozycji „próba”,
- wyłącznik VD4 w polu silnikowym w pozycji „próba”, z możliwością załączenia,
- zasilanie rozdzielni poprzez pole zasilania rezerwowego,

- załączony uzziemnik szynowy w polu zasilania podstawowego,
  - wyjścia zadajnika sygnałów wielofazowych podłączone do listwy zaciskowej obwodów prądowych,
  - ze w zględu na rzeczywiste warunki testów wymuszenie wartości przeciążeniowych i zwarciovych wykonano jednofazowo (największe prawdopodobieństwo),
  - zwarte i uzziemione obwody wtórne przekładników prądowych w przedziale kablowym pola zasilania podstawowego.
- Schemat układu testującego pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Schemat układu testującego urządzenie EAZ

Fig. 3. Schematic diagram of a protection device testing system

W celu porównania wyników wykonano serię testów zabezpieczenia nadprądowego Ib1 sterownika CZAZ-PZ obydwoma dostępnymi zadajnikami PZPN ZP1 i C-300. PZPN ZP1 jest analogowym induktorem, C300 jest nowoczesnym kalibratorem/testerem, sterowanym regulatorem. Właściwości dynamiczne PZPN ZP1 zależą wyłącznie od elementów fizycznych zastosowanych do jego budowy. Parametry sygnału testującego na wyjściu C300 oprócz właściwości fizycznych zastosowanych elementów zależą od układu sterującego, czyli regulatora. W publikacji [2] pokazano przykładowe wyniki otrzymane w procesie testowania funkcji zabezpieczenia nadprądowego sterownika polowego CZAZ-PZ. Na potrzeby testów zabezpieczenie programowo ustawiono na działanie wyłącznika na sygnalizację. Pozwala to na obserwację sygnału na wyjściu zadajnika po zadziałaniu zabezpieczenia.

Wyniki porównania zadajników PZPN ZP1 i C300 zestawiono w tabeli 1.

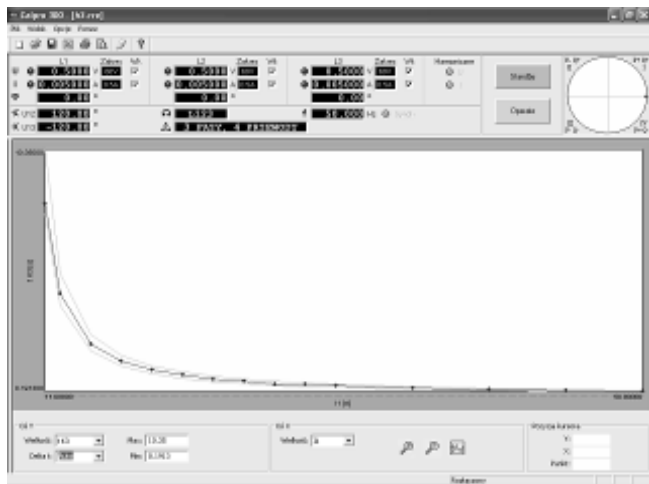
Tab. 1. Porównanie wyników pomiaru ch-ki  $t=f(I)$  dla C300 i PZPN P1

Tab. 1. Comparison of measurement results of characteristic  $t=f(I)$  for C300 and PZPN P1

I[A]	wzorc.	C300 $t_t$ [s]	C300 $\Delta t_t$ [%]	PZPN $t_t$ [s]	PZPN $\Delta t_t$ [%]	C300	PZPN
11	9,00	8,73	-3,00	9,29	3,22	P	P
12	4,50	4,47	-0,67	4,70	4,44	P	P
13	3,00	3,02	0,67	3,25	8,33	P	N
14	2,25	2,20	-2,22	2,35	4,44	P	P
15	1,80	1,79	-0,56	1,90	5,56	P	N
16	1,50	1,50	0,00	1,56	4,00	P	P
17	1,29	1,30	1,11	1,38	7,33	P	N
18	1,13	1,10	-2,22	1,23	9,33	P	N
19	1,00	0,98	-2,00	1,09	9,00	P	N
20	0,90	0,87	-3,33	0,98	8,89	P	N
30	0,45	0,44	-2,22	0,49	8,89	P	N
35	0,36	0,35	-2,78	0,41	13,89	P	N
37	0,33	0,33	-1,00	0,38	14,00	P	N
40	0,30	0,29	-3,33	0,34	13,33	P	N
45	0,26	0,26	1,11	0,30	16,67	P	N
50	0,23	0,23	2,22	0,26	15,56	P	N

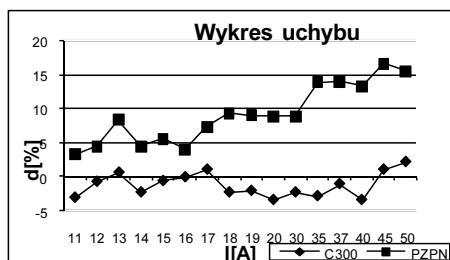
Dopuszczalny błąd, deklarowany przez producenta wynosi  $\pm 5\%$  znamionowego czasu zadziałania dla danej wartości prądu. „P” oznacza wynik próby pozytywny, „N” negatywny.

Na rys. 4 pokazano wykres charakterystyki  $t=f(I)$  dla CZAZ-PZ z zaznaczoną granicą dopuszczalnego błędu  $\pm 5\%$ .



Rys. 4. Charakterystyka  $t=f(I)$   
Fig. 4. Curve  $t=f(I)$

Na rys. 5. pokazano wykresy uchybów dla zadajników PZPN ZP1 i C300.



Rys. 5. Wykresy uchybów C300 i PZPN  
Fig. 5. Deviations for C300 and PZPN

W wyniku porównania testów funkcji zabezpieczenia nadprądowego sterownika CZAZ-PZ dwoma zadajnikami sygnałów wielofazowych, znacznie różniącymi się parametrami dynamicznymi i strukturą, wynika, że właściwości dynamiczne zadajnika sygnałów wielofazowych mają wpływ na proces testowania. W obydwóch przypadkach testowano ten sam egzemplarz sterownika polowego CZAZ-PZ, w tych samych warunkach. Sterownik polowy był fabrycznie nowy i posiadał ważne badania dopuszczające. W przypadku każdego z zadajników wykonano trzy próby dla każdego punktu charakterystyki  $t=f(I)$ .

Na podstawie badań wyciągnięto następujące wnioski:

1. W przypadku zadajnika pracującego w układzie otwartym (PZPN ZP1) uchyb w każdym badanym punkcie charakterystyki czasowo-prądowej miał wartość dodatnią. Oznacza to, że zadajnik charakteryzuje się długim czasem ustalania w stosunku do czasu wyłączenia wynikającego z charakterystyki czasowo-prądowej testowanego sterownika polowego CZAZ-PZ.
2. W przypadku zadajnika pracującego w układzie otwartym (PZPN ZP1) wartość bezwzględna uchybu zwiększa się ze wzrostem prądu testującego. Większa wartość prądu odpowiada zgodnie z charakterystyką czasowo-prądową krótszemu czasowi zadziałania. Potwierdza to, że w przypadku zadajnika PZPN

ZP1 czas ustalania, zależny od parametrów dynamicznych zadajnika, ma dużą wartość w stosunku do czasu wyłączenia wynikającego z charakterystyki czasowo-prądowej testowanego sterownika polowego CZAZ-PZ.

3. Źle dobrane parametry dynamiczne zadajnika w stosunku do parametrów dynamicznych obiektu spowodowały, że w czterech przypadkach wynik testów był negatywny, tj. przekroczył deklarowaną niedokładność obiektu  $\pm 5\%$  wartości wzorcowej.
4. W przypadku zadajnika C300 pracującego w układzie zamkniętym z regulatorem w pętli sprzężenia zwrotnego wszystkie próby miały wynik pozytywny, tj. mieściły się w zakresie  $\pm 5\%$  wartości wzorcowej.
5. W przypadku zadajnika C300 pracującego w układzie zamkniętym z regulatorem w pętli sprzężenia zwrotnego wartość uchybu przyjmuje zarówno wartości dodatnie jak i ujemne w całym zakresie badanej charakterystyki czasowo-prądowej. Znacząco to, że czas ustalania jest pomijalny w stosunku do czasu wyłączenia, wynikającego z charakterystyki czasowo-prądowej obiektu.

Należy zwrócić uwagę, że badania zostały przeprowadzone w warunkach laboratoryjnych a sterownik był zasilany z gwarantowanego źródła napięcia stałego. W rzeczywistych warunkach pracy sterownika polowego działają pola magnetyczne i elektryczne, występują drgania mechaniczne, w przewodach zasilających i pomiarowych indukują się prądy. Wpływ na działanie urządzeń EAZ ma również temperatura i wilgotność powietrza [3].

## 4. Wnioski

W artykule rozważa się problem testowania urządzeń EAZ pod kątem właściwości dynamicznych elementów systemu zamkniętego. Na podstawie dostępnej literatury i badań eksperymentalnych stworzono model systemu zamkniętego do testowania EAZ. W wyniku badań symulacyjnych otrzymano zbiór reguł określających parametry zadajnika sygnałów wielofazowych dla obiektu (urządzenie EAZ) o znanych parametrach dynamicznych. Weryfikacja wyników badań symulacyjnych systemu do testowania zabezpieczeń w układzie fizycznym potwierdza założenia przyjęte do symulacji. Na tej podstawie można uznać, że przyjęto właściwą strukturę systemu i parametry dynamiczne.

## 5. Literatura

- [1] Jagielski J., Kopeć M., Olencki A., Skorupka I.: Zastosowanie algorytmów genetycznych do ustalania parametrów układu testującego urządzenia elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej, W: Pomiary Automatyka Kontrola - 2005, nr 9, wyd. spec., 131-133.
- [2] Kopeć M., Olencki A., Skorupka I.: Weryfikacja eksperymentalna wyników badania symulacyjnego systemu testującego urządzenia EAZ W: Pomiary Automatyka Kontrola - 2007, nr 5, wyd. spec., 75-77.
- [3] Kopeć M., Skorupka I. -2007: Testowanie i detekcja uszkodzeń mikroprocesorowych sterowników pól sieci SN, Diagnostyka procesów i systemów / red. J. Korbcz, K. Patan, M. Kowal - Warszawa: Akademicka Oficyna Wydaw. EXIT - s. 433-440.
- [4] Dokumentacja techniczno-ruchowa cyfrowych zespołów automatyki zabezpieczeniowej CZAZ, 2008.
- [5] Winkler W., Wiszniewski A.: Automatyka zabezpieczeniowa w systemach elektroenergetycznych, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1999.