

Danuta ADAMCZEWSKA

Andrzej KASPRZAK

Politechnika Łódzka

## BADANIA SYMULACYJNE I REALIZACJA TECHNICZNA URZĄDZENIA DO POMIARÓW DYNAMICZNYCH PARAMETRÓW PRZEKŁADNIKÓW PRĄDOWYCH

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono problemy związane z wyznaczaniem dokładności przekładników zabezpieczeniowych, pracujących w stanach nieustalonych. Zdefiniowano parametry dynamiczne przekładników, omówiono metodę oraz dokładność ich wyznaczania.

## SIMULATION STUDY AND TECHNICAL REALISATION OF SYSTEM FOR MEASUREMENTS OF DYNAMIC PARAMETERS OF CURRENT TRANSFORMERS

**Summary.** The paper presents problems of specifying accuracy of protective instrument transformers that operate in transient state. The dynamic parameters of instrument transformers and the way how to measure them are shown in the paper as well.

### 1. WSTĘP

Budowa mikrokomputerowego stanowiska pomiarowego to dalszy krok w pracach prowadzonych od kilku lat w Katedrze Elektrotechniki Ogólnej i Przekładników nad uzyskaniem uniwersalnego układu do badania właściwości przekładników pracujących w warunkach znamionowych i przy przetężeniach oraz pomiaru parametrów dynamicznych prądowych przekładników zabezpieczeniowych.

Opracowano metodę wykorzystującą system akwizycji danych do rejestracji odpowiednich przebiegów niezbędnych do określenia dokładności przekładników zarówno w stanach ustalonych, jak i nieustalonych.

Do tego celu wykorzystano mikrokomputer typu PC wraz z kartą 12-bitowego przetwornika A/C DAS-20 firmy Keithley [1] oraz oprogramowanie systemu w języku ASYST. Program ASYST umożliwia posługiwanie się bardzo bogatą biblioteką gotowych procedur matematycznych oraz graficznych. Dzięki temu możliwe były: rozpatrzenie kilku rozwiązań programowych, analiza ich dokładności metodą symulacyjną opracowaną również w języku ASYST oraz wybór najlepszej z nich.

W rezultacie wykonanych badań opracowano metodę pomiaru trwającą dwa okresy, która pozwala na wyznaczanie błędów przekładnika prądowego w stanach ustalonych przy dowolnie dużych prądach pierwotnych, a więc zarówno w zakresie znamionowym, jak i przetężeniowym, a w stanach przejściowych na wyznaczenie błędu dynamicznego, szczytowego, czasu do wystąpienia błędu szczytowego oraz stałych czasowych obwodu pierwotnego i wtórnego dla przekładników linearyzowanych na podstawie zarejestrowanych 20 okresów przebiegów.

## 2. METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW DYNAMICZNYCH PRZEKŁADNIKÓW PRĄDOWYCH

Poprawność transformacji przekładników zabezpieczeniowych określona jest za pomocą parametrów dynamicznych [2], czyli wielkości charakteryzujących pracę przekładników w stanie nieustalonym. Przedstawiana praca obejmuje wyznaczanie następujących parametrów dynamicznych:

- błędu szczytowego  $\hat{\varepsilon}$ ,
- dynamicznego błędu złożonego  $\hat{\varepsilon}_{\infty}$ ,
- czasu do błędu szczytowego  $t_{max}$ ,
- stałej czasowej obwodu pierwotnego  $T_p$ ,
- stałej czasowej obwodu wtórnego  $T_s$  dla przekładników linearyzowanych (klasa TPZ).

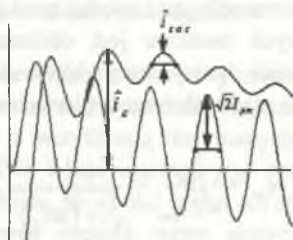
Do wyznaczania wymienionych parametrów dynamicznych służy układ, który wiernie odwzorowuje prąd jałowy przekładnika prądowego.

**Błędem szczytowym** nazwano największą wartość chwilową prądu jałowego, wyrażoną jako procent maksymalnej wartości chwilowej składowej okresowej pierwotnego prądu zwarciego.

$$\hat{\varepsilon} = \frac{\hat{i}_{\varepsilon}}{\sqrt{2}I_{psc}} 100 \% \quad (1)$$

Metoda obliczania błędu szczytowego zgodnie ze wzorem definicyjnym polega na wyznaczeniu dwóch wielkości (rys.1):

- największej wartości prądu jałowego  $\hat{i}_e$ ,
- amplitudy składowej okresowej pierwotnego prądu zwarcowego  $\sqrt{2}I_{psc}$ .



Rys.1. Wartości chwilowe prądu jałowego  $i_e$  oraz pierwotnego prądu zwarcowego  $i_{psc}$

Fig. 1. The instantaneous error current and instantaneous primary short-circuit current

Pierwszą z powyższych wartości odczytuje się bezpośrednio z pamięci komputera. Drugą trzeba obliczyć, ponieważ w pamięci zarejestrowano przebieg całkowitego prądu zwarcowego (składową okresową wraz z nieokresową). Do obliczenia amplitudy składowej okresowej pierwotnego prądu zwarcowego skorzystano z możliwości filtracji cyfrowej. Użyto filtru górnoprzepustowego z oknem Hamminga o paśmie przepuszczania zaczynającym się od częstotliwości 50Hz. Odfiltrowano z zarejestrowanego przebiegu składową nieokresową pozostawiając jedynie składową okresową.

**Dynamicznym błędem złożonym** nazwano największą wartość chwilową składowej okresowej prądu jałowego wyrażoną jako procent maksymalnej wartości chwilowej składowej okresowej pierwotnego prądu zwarcowego

$$\hat{\epsilon}_{\infty} \% = \frac{\hat{i}_{err}}{\sqrt{2}I_{psc}} \cdot 100 \% . \quad (2)$$

Metoda obliczania dynamicznego błędu złożonego zgodnie ze wzorem definicyjnym polega na wyznaczeniu dwóch amplitud (rys.1):

- największej amplitudy składowej okresowej prądu jałowego,
- amplitudy składowej okresowej pierwotnego prądu zwarcowego.

Obydwie amplitudy wyznaczono z odfiltrowanych zarejestrowanych przebiegów odpowiednio składowej okresowej prądu jałowego oraz składowej okresowej pierwotnego prądu zwarcowego. Największa amplituda składowej okresowej prądu jałowego występuje w pobliżu szczytowej wartości tego prądu, dlatego amplitudę tę wyznacza się po obliczeniu czasu do osiągnięcia błędu szczytowego  $t_{max}$ . Do odfiltrowania składowej okresowej prądu jałowego użyto filtru dolnoprzepustowego z oknem Hamminga o paśmie przepuszczania kończącym się na częstotliwości 1Hz.

Czas wystąpienia błędu szczytowego jest to czas, po którym występuje szczytowa wartość prądu jałowego. Czas ten wyznacza się na podstawie znajomości czasu próbkowania sygnałów.

Stałą czasową zanikającej składowej wykładniczej pierwotnego prądu zwarciovego można wyznaczyć znając wartości dwóch punktów składowej nieokresowej pierwotnego prądu zwarciovego oraz odległość między tymi punktami w czasie.

W przekładnikach liniowych możliwe jest obliczenie stałej czasowej obwodu wtórnego na podstawie znajomości dynamicznego błędu złożonego, który jest stosunkiem amplitud składowych okresowych prądu jałowego i pierwotnego prądu zwarciovego, a zatem

$$\hat{\varepsilon}_{ac} = \frac{\hat{i}_{pac}}{\sqrt{2}I_{pac}} = \frac{1}{\sqrt{1+(\omega T_s)^2}} \quad (3)$$

Zatem stałą czasową  $T_s$  dla przekładników linearyzowanych klasy TPZ można obliczyć ze wzoru:

$$T_s = \sqrt{\frac{1}{\omega^2(\hat{\varepsilon}_{ac})^2} - \frac{1}{\omega^2}} \quad (4)$$

### 3. BADANIA SYMULACYJNE

Analizy dokładności zastosowanej metody pomiarowej dokonano metodami symulacyjnymi. Zasymlowano przebiegi pierwotnego prądu zwarciovego oraz prądu jałowego dla przekładnika liniowego. Wyznaczono poszczególne parametry dynamiczne przekładnika na podstawie omówionej w rozdziale 2 metody oraz porównano je z wielkościami idealnymi.

Źródłami błędów popełnionych przy pomiarze każdej z wielkości występujących w omawianym zagadnieniu są:

- przyjęta metoda pomiarowa (odfiltrowywanie składowych okresowych i nieokresowych z zarejestrowanych przebiegów),
- próbkowanie sygnału w czasie ograniczone do 20 próbek w okresie ze względu na zastosowanie filtru górnoprzepustowego,
- błędy kwantyzacji.

Dokładność wyznaczania poszczególnych parametrów jest następująca:

- błędu szczytowego  $\pm 0,1\%$ ,
- dynamicznego błędu złożonego  $\pm 2,5\%$ ,
- czasu do błędu szczytowego  $\pm 0,5\%$ ,
- stałej czasowej obwodu pierwotnego  $\pm 0,8\%$ ,
- stałej czasowej obwodu wtórnego  $\pm 2,5\%$ .

#### 4. WNIOSKI

Symulacja komputerowa różnych metod wyznaczania dokładności przekładników prądowych pracujących w stanach ustalonych, jak i nieustalonych pozwoliła na skonstruowanie stanowiska do badań przekładników oraz wyznaczenie dokładności opracowanej metody.

W celu sprawdzenia opracowanej metody wyznaczania parametrów dynamicznych przekładników prądowych wykonane zostały badania fizyczne.

Ze względu na trudności z weryfikacją otrzymanych wyników porównano badania fizyczne przekładnika klasy TPZ z zasymulowanymi "rzeczywistymi" wynikami badań przekładnika liniowego. Okazało się, że wyniki badań nie różnią się więcej niż o 3%, zatem można przyjąć, że proponowana metoda może służyć do wyznaczania dokładności przekładników prądowych w stanach nieustalonych.

#### LITERATURA

1. ASYST modules 1, 2, 3, 4 manuals. Ed. by ASYST Software Technologies Inc. USA 1990.
2. IEC 44-6, Instrument Transformers. Part 6: Requirements for protective current transformers for transient performance. First edition. 1992-03.

Recenzent: Dr hab. inż. Józef Parchański, prof. Pol. Śl.

Wpłynęło do Redakcji dnia 24 października 1996 r.

#### Abstract

The simulation study, by means of ASYST software, of designing a computer based measuring system for testing protective current transformers has been presented. The method of determining dynamic parameters in the transient state (**peak instantaneous error, peak instantaneous a.c. component error, time to peak instantaneous error, primary time constant, secondary loop time constant**) is based on the acquisition of two analog signals from a direct measuring system. The aim of the simulation is to create a very useful tool for examining various ways of solving a measurement problem in order to make a proper choice for the successful design of a real system.