

Mariusz ŻYCIAK, Bartosz JAKUBSKI

UNIwersytet Zielonogórski, Instytut Informatyki i Elektroniki

Badania symulacyjne stacji wzorcowniczej do testowania liczników energii elektrycznej z zastosowaniem multipleksera z kalkulatorem błędów

Mgr inż. Mariusz ŻYCIAK

W 2004 roku ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Obecnie pracuje w Instytucie Informatyki i Elektroniki na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego. Zainteresowania naukowe koncentrują się w zakresie nowych standardów komunikacji bezprzewodowej oraz systemów mikroprocesorowych.



e-mail: M.Zyciak@iie.uz.zgora.pl

Mgr inż. Bartosz JAKUBSKI

Urodzony w 1979 roku. Ukończył kierunek Elektrotechnika w ramach Zintegrowanych Studiów Uniwersytetu Zielonogórskiego i Fachhochschule Giessen-Friedberg w Niemczech w 2003 roku. Od 2004 jest asystentem w Instytucie Informatyki i Elektroniki na Uniwersytecie Zielonogórskim. Interesuje się cyfrowym przetwarzaniem sygnałów i zastosowaniami procesorów sygnałowych.



e-mail: B.Jakubski@iie.uz.zgora.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono strukturę stacji wzorcowniczej do testowania liczników energii elektrycznej z zastosowaniem kalibratora i multipleksera z kalkulatorem błędów. Opisano algorytm działania i model symulacyjny stacji wzorcowniczej. W wyniku symulacji otrzymano wykres zależności czasu testowania liczników od liczby sprawdzanych liczników i liczby zliczanych impulsów dla danego punktu obciążenia. Model symulacyjny wielostanowiskowej stacji jest podstawą do dalszej analizy parametrów dynamicznych.

Słowa kluczowe: Licznik energii elektrycznej, stacja wzorcownicza, kalibrator.

Simulation investigations of the station for testing electricity meters with use of a multiplexer with an error calculator

Abstract

The paper describes a structure of the station for testing electricity meters. The presented model (Fig.1) consists of: a calibrator, electrical energy meters (under test), photo heads, a multiplexer with an error calculator and a PC. The calibrator works as a high-accuracy programmable power supply, electrical energy meters as energy-to-frequency converters, the multiplexer with error calculator functions as a precise timer, pulse counter and an error calculator for the given position k . The photo heads allows the connection between the test station and energy meters with optical outputs. The multiplexer with the error calculator computes the percentage error value δ for the energy meter Lk . The percentage error calculation is based on the actual energy E_{RZ} and the energy measured by the energy meter E_L . The algorithm and simulation model of the meter test station are presented in the paper. The algorithm is based on the method of impulse counting in a defined time period. The simulation results are given as the diagram of the test time versus the number of electricity meters and impulses for the given load. The tests show that increase in the number of energy meters causes increase in the test time. The time of testing 8 energy meters with use of the multi-position measurement station is five times shorter than that when using one-position measurement station with the calibrator. The simulation model of the multi-position measurement station is the basis for future analysis of its dynamic parameters.

Keywords: Electrical energy meter, meter test station, calibrator.

1. Wstęp

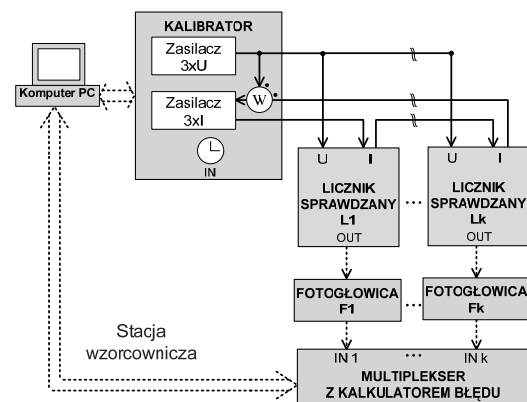
Liczniki energii elektrycznej [1] poddawane są procesowi sprawdzania dokładności pomiaru wartości energii elektrycznej [2, 3]. Podczas procesu sprawdzania dokładności licznika, dla danych punktów obciążenia są określone w normach [3] graniczne wartości błędów procentowych przy określonych warunkach odniesienia. W celu sprawdzania liczników energii elektrycznej budowane są dedykowane systemy pomiarowe zwane inaczej stacjami wzorcowniczymi [5]. Ze względu na liczbę jednocześnie sprawdzanych liczników, stacje wzorcownicze są dzielone na jednostanowiskowe oraz wielostanowiskowe.

Zastosowanie stacji wzorcowniczej do testowania liczników energii elektrycznej z multiplekserem i kalkulatorem błędów [4] umożliwiłoby zwiększenie liczby stanowisk jednostanowiskowej stacji wzorcowniczej.

2. Stacja wzorcownicza z zastosowaniem multipleksera z kalkulatorem błędów

Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy stacji wzorcowniczej z zastosowaniem kalibratora i multipleksera z kalkulatorem błędów, który składa się takich bloków jak:

- kalibrator, który pełni funkcję programowalnego zasilacza pomiarowego dużej klasy dokładności; wbudowany zasilacz pomiarowy umożliwia nastawę wartości napięcia, prądu oraz współczynnika mocy z dużą rozdzielczością.



Rys. 1. Schemat blokowy stacji wzorcowniczej z zastosowaniem multipleksera z kalkulatorem błędów

Fig. 1. Block diagram of measurement station with multiplexer and error calculator

- liczniki sprawdzane, oznaczone od $L1$ do Lk , które pełnią funkcję przetwornika mierzonej energii na częstotliwość generowanych impulsów;
- głowice odbiorcze, oznaczone od $F1$ do Fk , które realizują funkcję przetwornika fotoelektrycznego;
- multipleksera z kalkulatorem błędów, który pełni funkcję precyzyjnego czasomierza, licznika impulsów oraz kalkulatora błędów dla danego obsługiwanego stanowiska k ; multiplekser z kalkulatorem błędów posiada k wejść kontrolnych oraz jeden interfejs komunikacyjny w standardzie bezprzewodowym; multiplekser z kalkulatorem błędów oblicza wartość błędów procentowego $\delta(1)$ dla danego sprawdzanego licznika

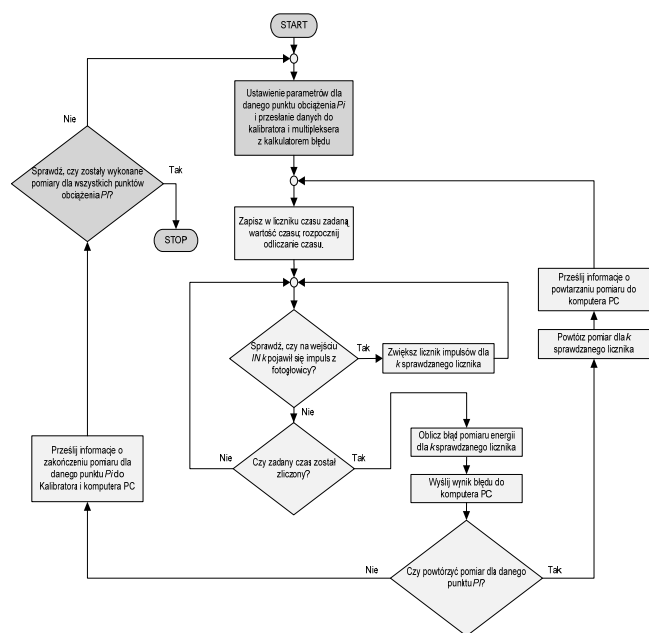
- komputera klasy PC, który pełni funkcję zadawania parametrów punktów obciążenia dla kalibratora i prezentacji wyników badań. W stacjach wzorcowniczych z zastosowaniem kalibratora, błąd procentowy δ (1) obliczany jest na podstawie wartości energii rzeczywistej E_{RZ} i energii zmierzonej przez licznik sprawdzany E_L . Wartość energii rzeczywistej obliczana jest dla danych parametrów punktu obciążenia.

$$\delta = \frac{E_L - E_{RZ}}{E_{RZ}} \cdot 100, \quad (1)$$

Wartość energii wskazanej przez licznik obliczana jest na podstawie zadanej liczby impulsów n , zliczonych w zmierzonym przedziale czasu (od t_2 do t_1) i stałej sprawdzanego licznika c_L .

3. Algorytm pracy stacji wzorcowniczej z zastosowaniem multipleksera z kalkulatorem błędów

Na rysunku 2 przedstawiono algorytm pracy stacji wzorcowniczej z zastosowaniem multipleksera z kalkulatorem błędów. Algorytm opisuje metodę pomiarową zliczania impulsów w zadanym przedziale czasu, która jest stosowana dla liczników z wyjściem wysokoczęstotliwościowym.



Rys. 2. Algorytm pracy stacji wzorcowniczej z zastosowaniem multipleksera z kalkulatorem błędów

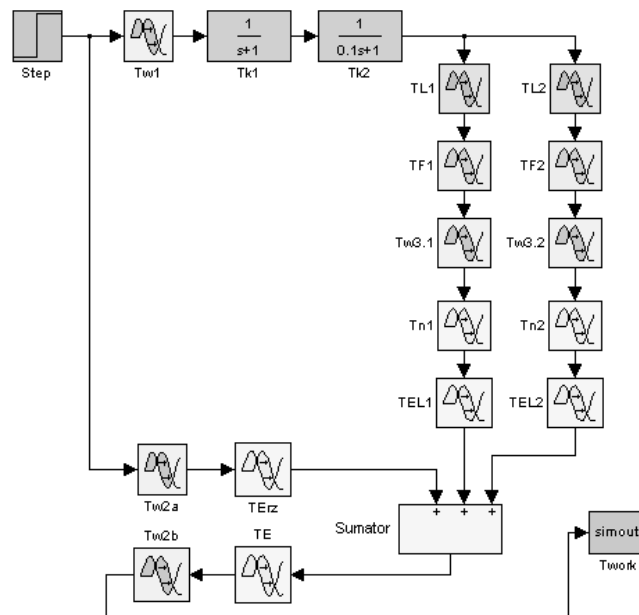
Fig. 2. Algorithm of measurement station with multiplexer and error calculator

Przedstawiona stacja wzorcownicza (rys. 1) jest półautomatycznym systemem pomiarowym. Operator stacji ustala parametry punktów obciążenia P_i licznika i inicjalizuje proces sprawdzania. Dalej proces ten realizowany jest automatycznie. Komputer za pośrednictwem bezprzewodowego interfejsu przesyła dane do kalibratora i multipleksera z kalkulatorem błędów. Kalibrator ustawia na swoich wyjściach odpowiednie wartości napięcia, prądu oraz współczynnika mocy. Na podstawie wcześniej otrzymanych parametrów punktu obciążenia multiplekserski kalkulator błędów wyznacza wartość rzeczywistej energii E_{RZ} . Po otrzymaniu pierwszego impulsu z k -tego wejścia kontrolnego w multipleksersze z kalkulatorem błędów uruchamiany jest czasomierz. Następnie pojawiające się impulsy elektryczne na wejściach kontrolnych są odpowiednio zliczane w przyporządkowanych dla danego kanału

miarowego licznikach. Każdemu zliczonemu impulsowi przypisana jest odpowiednia wartość czasu zliczana w czasomierzu. Multiplekserski kalkulator błędów, po zakończeniu zliczania zadanego przez komputer klasy PC przedziału czasu dla danego k -tego sprawdzanego licznika, oblicza wartości przedziałów czasowych dla występujących po sobie impulsów. Na podstawie danych i wyników pomiarów multiplekserski kalkulator błędów oblicza wartość energii E_L jaką zmierzył k -ty sprawdzany licznik. Następnie obliczona wartość błędów procentowych δ dla tego licznika jest wysyłana do komputera klasy PC. Po zebraniu wartości błędów procentowych dla wszystkich sprawdzanych liczników, komputer określa czy wszystkie wartości błędów procentowych mieszczą się w zadanym przedziale. W przypadku, gdy choć jedna z obliczonych wartości błędów przekracza dopuszczalną wartość błędów, to system informuje, który ze sprawdzanych liczników nie mieści się w swojej klasie. Jeżeli wszystkie wartości błędów procentowych mieszczą się w danym zakresie, to kontynuowany jest proces sprawdzania liczników dla kolejnego punktu obciążenia P_i .

4. Model symulacyjny i wyniki symulacji stacji wzorcowniczej

Na rysunku 3 przedstawiono model symulacyjny stacji wzorcowniczej z zastosowaniem kalibratora i multipleksera z kalkulatorem błędów dla dwóch badanych liczników. Bloki występujące w modelu symulacyjnym (rys. 1) opisano równaniami odwziewierającymi właściwości dynamiczne poszczególnych jego członów. Sygnałem wymuszającym $Step$ użytym w modelu symulacyjnym był skok jednostkowy.



Rys. 3. Model symulacyjny stacji wzorcowniczej

Fig. 3. Simulation model of measurement station

Bloki łącza bezprzewodowego $Tw1$ (2), $Tw2a$ (3), $Tw2b$ (4), $Tw2c$ (5) (gdzie k jest numerem licznika sprawdzanego) opisano jako człon opóźniający.

$$G(s) = e^{-s \cdot Tw1} = e^{-(0,00348) \cdot s}, \quad (2)$$

gdzie: $Tw1$ – wartość określająca czas transmisji danych, z komputera klasy PC do kalibratora, zawierających nastawę kalibratora dla danego punktu obciążenia P_i .

$$G(s) = e^{-s \cdot Tw2a} = e^{-(0,00348+0,000696 \cdot k+0,000625) \cdot s}, \quad (3)$$

gdzie: $Tw2a$ – wartość określająca czas transmisji danych, z komputera klasy PC do multiplexera z kalkulatorem błędów, zawierających nastawę dla danego punktu obciążenia Pi .

$$G(s) = e^{-s \cdot Tw2b} = e^{-(0,00696 \cdot k) \cdot s}, \quad (4)$$

gdzie: $Tw2b$ – wartość określająca czas transmisji danych, z multiplexera z kalkulatorem błędów do komputera klasy PC, zawierających wartości obliczonych energii E_{RZ} i E_L oraz wartości błędów δ

$$G(s) = e^{-s \cdot Tw3 \cdot k} = e^{-(0,00021) \cdot s}, \quad (5)$$

gdzie: $Tw3 \cdot k$ – wartość określająca czas transmisji danych z k -tej fotogłowicy do multiplexera z kalkulatorem błędów.

Blok kalibratora $Tk1$, $Tk2$ (6) opisano jako człon inercyjny drugiego rzędu [5].

$$G(s) = \frac{1}{(T_{k1} \cdot s + 1)(T_{k2} \cdot s + 1)} = \frac{1}{(s + 1)(0,1s + 1)}, \quad (6)$$

gdzie: $Tk1$, $Tk2$ – stałe czasowe kalibratora.

Blok licznika sprawdzanego TLk (7) (gdzie k jest numerem licznika sprawdzanego) opisano jako człon opóźniający.

$$G(s) = e^{-s \cdot TLk} = e^{-\left(\frac{1}{f_{out} \cdot c}\right) \cdot s}, \quad (7)$$

gdzie: TLk – wartość określająca czas wystąpienia pierwszego impulsu na wyjściu k -tego licznika energii elektrycznej; wartość TLk jest zależna od stałej c i częstotliwości występowania impulsów na wyjściu k -tego licznika energii elektrycznej.

Blok fotogłowicy TFk (8) (gdzie k jest numerem licznika sprawdzanego) opisano jako człon opóźniający.

$$G(s) = e^{-s \cdot TFk} = e^{-(0,00001) \cdot s}, \quad (8)$$

gdzie: TFk – stała fotogłowicy.

Blok multiplexera z kalkulatorem błędów podzielono na: k bloków liczników impulsów i czasomierzy Tnk (9); k bloków kalkulatorów wartości energii mierzonej przez k -ty licznik sprawdzany $TELk$ (10); blok kalkulatora wartości energii rzeczywistej $TERz$ (11); blok kalkulatora błędów TE (12). Wymienione bloki opisano jako człony opóźniające.

$$G(s) = e^{-s \cdot Tnk} = e^{-\left(n \cdot \frac{1}{f_{out}} + \frac{1}{f_{min, max}}\right) \cdot s}, \quad (9)$$

gdzie: Tnk – wartość określająca czas, w którym zliczono n impulsów dla k -tego licznika sprawdzanego; wartość Tnk jest zależna od wartości częstotliwości f_{out} występowania impulsów na wyjściu k -tego licznika sprawdzanego, minimalnej wartości częstotliwości pracy multiplexera $f_{min, max}$ i liczby impulsów zliczanych n .

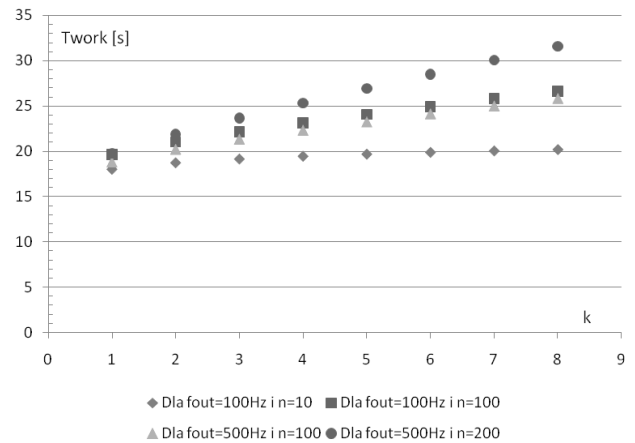
$$G(s) = e^{-s \cdot TELk} = e^{-s \cdot TERz} = e^{-(0,0000625) \cdot s}, \quad (10, 11)$$

$$G(s) = e^{-s \cdot TE} = e^{-(0,000125) \cdot s}, \quad (12)$$

gdzie: $TELk$, $TERz$, TE – stałe czasowe kalkulatorów.

Celem symulacji komputerowej było zbadanie wpływu liczby sprawdzanych liczników k na wartość określającą czas trwania procesu sprawdzenia k liczników $Twork$ dla zadanych punktów obciążenia Pi i dla danej liczby zliczanych impulsów n .

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki symulacji komputerowej dla dwóch punktów obciążenia Pi (dla $f_{out}=100\text{Hz}$ i $f_{out}=500\text{Hz}$).



Rys. 4. Wykres zależności $Twork = f(k)$
Fig. 4. Relationship $Twork = f(k)$

5. Podsumowanie

W artykule została przedstawiona struktura stacji wzorcowniczej z zastosowaniem multiplexera z kalkulatorem błędów, która umożliwia rozbudowę jednostanowiskowej stacji wzorcowniczej. Na podstawie parametrów dynamicznych i algorytmu został opracowany model symulacyjny stacji wzorcowniczej. Wynikiem symulacji komputerowej jest zależność czasu $Twork$ sprawdzania k liczników w zależności od liczby sprawdzanych liczników k . Zwiększenie liczby sprawdzanych liczników powoduje wydłużenie czasu sprawdzania liczników. Czas sprawdzenia 8 liczników, z zastosowaniem stacji wzorcowniczej z multiplexersiem i kalkulatorem błędów (czas $Twork=32\text{s}$ dla $f_{out}=500\text{Hz}$ i $n=200$) jest o 5 razy krótszy niż w przypadku, gdy zastosujemy jednostanowiskową stację wzorcowniczą z kalibratorem (czas $Twork=150\text{s}$ dla $f_{out}=500\text{Hz}$ i $n=200$). Opracowany model symulacyjny wielostanowiskowej stacji wzorcowniczej, jest podstawą do przeprowadzenia dalszych analiz parametrów dynamicznych.

6. Literatura

- [1] A.Chwaleba, M.Poniński, A.Siedlicki, Metrologia Elektryczna, WNT, Warszawa 1998.
- [2] Polska Norma PN-EN 62053-11 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) Wymagania szczegółowe. Część 11: Liczniki elektromechaniczne energii czynnej(klas 0,5, 1 i 2).
- [3] Polska Norma PN-EN 61358 Kontrola odbiorcza liczników statycznych energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego przyłączanych bezpośrednio (klasy 1 i 2).
- [4] PAK, M.Życiak, Stacja wzorcownicza do testowania liczników energii elektrycznej z zastosowaniem multiplexera z kalkulatorem błędów, Warszawa 2007.
- [5] J. Szymkiewicz, Analiza możliwości poprawy parametrów metrologicznych uniwersalnego kalibratora napięć i prądów stałych i przemiennych, Rozprawa doktorska, Zielona Góra, 2000.