

**Mariusz ŻYCIAK**

UNIwersytet Zielonogórski, Instytut Informatyki i Elektroniki

**Stacja wzorcowicza 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

**Streszczenie**

W artykule przedstawiono model stacji wzorcowicznej do testowania liczników energii elektrycznej z zastosowaniem kalibratora i multipleksera z kalkulatorem błędów. Opisano parametry dynamiczne, które definiują właściwości współbieżnego systemu pomiarowego. W artykule przedstawiono zagadnienia związane z testowaniem liczników energii elektrycznej z wyjściem wysokoczęstotliwościowym i z interfejsem bezprzewodowym. Opracowany model wielostanowiskowej stacji wzorcowicznej jest podstawą do opracowania modelu symulacyjnego w celu przeprowadzenia analizy parametrów dynamicznych.

**Słowa kluczowe:** licznik energii elektrycznej, stacja wzorcowicza, kalibrator.

**The test station for electricity meters testing with multiplexer and error calculator****Abstract**

This paper presents model of meter test station for electricity meter testing. The test station includes calibrator and multiplexer with error calculator. The main topic of the article is dynamic parameters presentation, which describes competitor test system's properties. The article describes procedures of electricity meter testing with high frequency output and wireless interface. The model of multi-position measurement station is a base for development of a simulation model. The simulation model provides analysis of 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, 4]. Podczas procesu sprawdzania dokładności licznika, dla danych punktów obciążenia są określone w normach [3, 4] graniczne wartości błędów procentowych przy określonych warunkach odniesienia.

W celu sprawdzania liczników energii elektrycznej budowane są dedykowane systemy pomiarowe zwane inaczej stacjami wzorcowicznymi [5, 6]. Ze względu na liczbę jednocześnie sprawdzanych liczników, stacje wzorcowiczne są dzielone na jednostanowiskowe oraz wielostanowiskowe. Stacje wzorcowiczne wielostanowiskowe umożliwiają jednoczesne sprawdzanie od kilku do kilkudziesięciu liczników jednego typu co najczęściej wiąże się z dużymi rozmiarami takiej stacji. Nie zawsze jednak zachodzi potrzeba sprawdzania tak dużej liczby liczników, dlatego na rynku pojawiły się stacje wzorcowiczne jednostanowiskowe, które mają dużo mniejsze wymiary. Mniejsze rozmiary stacji wzorcowicznej wiążą się bezpośrednio z mniejszą obciążalnością toru prądowego i napięciowego stacji wzorcowicznej, jednak coraz więcej liczni-

ków pobiera mniejszą moc. Dlatego obciążalność jednostanowiskowej stacji wzorcowicznej jest wystarczająca do podłączenia kilku liczników.

Ze względu na długi czas procesu sprawdzania liczników energii elektrycznej, zwiększenie liczby stanowisk jednostanowiskowej stacji wzorcowicznej zdecydowanie zwiększyłoby liczbę sprawdzanych liczników w tym samym czasie.

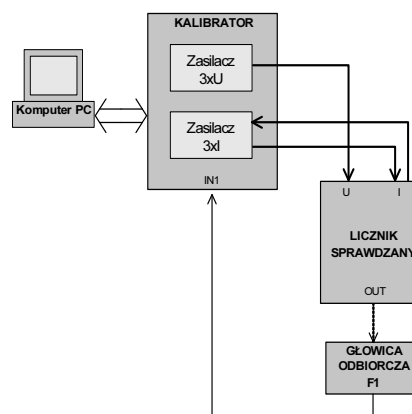
**2. Budowa jednostanowiskowej stacji wzorcowicznej**

Jednostanowiskowe stacje wzorcowiczne, ze względu na strukturę budowy dzielone są na:

- stacje wzorcowiczne z zastosowaniem licznika wzorcowego,
- stacje wzorcowiczne z zastosowaniem kalibratora.

W stacji wzorcowicznej z zastosowaniem licznika wzorcowego, stosuje się metodę porównania czasu zliczania określonej liczby impulsów wygenerowanych przez licznik sprawdzany z czasem zliczania impulsów pochodzących z licznika wzorcowego. Stosowanie licznika wzorcowego dodatkowo obciąża wyjścia prądowe i napięciowe wbudowanego zasilacza pomiarowego stacji wzorcowicznej.

Na rysunku 1 przedstawiono schemat blokowy jednostanowiskowej stacji wzorcowicznej z zastosowaniem kalibratora.



Rys. 1. Schemat blokowy jednostanowiskowej stacji wzorcowicznej z zastosowaniem kalibratora

Fig. 1. Block scheme of one-position measurement station with calibrator

Stacje wzorcowiczne tego typu składają się z:

- kalibratora, który pełni funkcję programowalnego zasilacza pomiarowego dużej klasy dokładności oraz funkcję precyzyjnego czasomierza i licznika impulsów; wbudowany zasilacz pomiarowy umożliwia z dużą rozdzielczością nastawę wartości napięcia, prądu oraz współczynnika mocy,
- licznika sprawdzanego, który pełni funkcję przetwornika mierzonej energii na częstotliwość generowanych impulsów; liczniki w zależności od typu są wyposażone w wyjścia impulsowe elektryczne lub optyczne [7]; w przypadku liczników elektromechanicznych, które nie posiadają wbudowanego wyjścia impulsowego stosowane są głowice odbiorcze,

- głowicy odbiorczej, która realizuje funkcję przetwornika fotoelektrycznego; głowice odbiorcze umożliwiają sprzęg stacji wzorcowniczej z licznikami wyposażonymi w optyczne wyjście impulsowe lub licznikami elektromechanicznymi nie posiadającymi wyjścia impulsowego;
- komputera klasy PC, który pełni funkcję zadajnika parametrów punktów obciążenia dla kalibratora oraz kalkulatora błędu i prezentacji wyników badań;

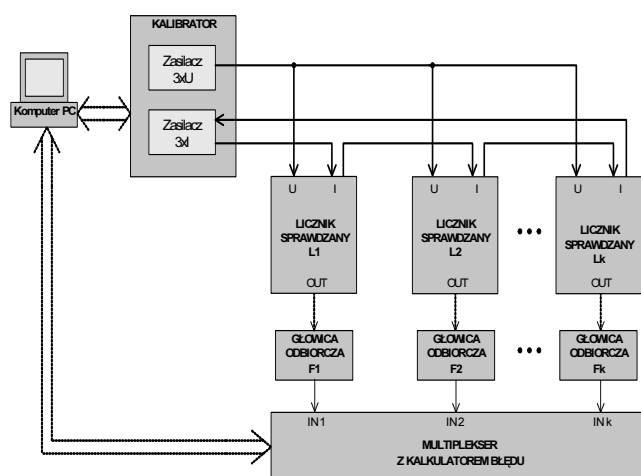
W stacjach wzorcowniczych z zastosowaniem kalibratora, błąd procentowy  $\delta$  (1) obliczany jest na podstawie wartości energii rzeczywistej  $E_{RZ}$  i energii zmierzonej przez licznik sprawdzany  $E_L$ .

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

Wartość energii rzeczywistej obliczana jest dla danych parametrów punktu obciążenia. 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. Stacja wzorcownicza z zastosowaniem multiplexera z kalkulatorem błędu

Na rysunku 2 przedstawiono schemat blokowy stacji wzorcowniczej z zastosowaniem kalibratora i multiplexera z kalkulatorem błędu.



Rys. 2. Schemat blokowy stacji wzorcowniczej z zastosowaniem multiplexera z kalkulatorem błędów

Fig. 2. Block scheme of measurement station with multiplexer and error calculator

Przedstawiona stacja wzorcownicza składa się z takich bloków jak:

- kalibrator, który pełni funkcję programowalnego zasilacza pomiarowego dużej klasy dokładności,
- liczniki sprawdzane, oznaczone od  $L1$  do  $Lk$ , które pełnią funkcję przetwornika mierzonej energii na częstotliwość generowanych impulsów,
- głowice odbiorcze, oznaczone od  $F1$  do  $Fk$ ,
- multiplexera z kalkulatorem błędów, który pełni funkcję precyzyjnego czasomierza, licznika impulsów oraz kalkulatora błędów dla danego obsługiwanego stanowiska  $k$ ; multiplexer z kalkulatorem błędów posiada  $k$  wejść kontrolnych oraz jeden interfejs

komunikacyjny w standardzie bezprzewodowym; multiplexer z kalkulatorem błędów oblicza wartość błędu procentowego  $\delta$  (1) dla danego sprawdzanego licznika  $Lk$  na podstawie obliczonej wartości energii rzeczywistej  $E_{RZ}$  i wartości energii zmierzonej  $E_L$  przez licznik sprawdzany,

- komputera klasy PC, który pełni funkcję zadajnika parametrów punktów obciążenia dla kalibratora i prezentacji wyników badań.

Jednostanowiskowa stacja wzorcownicza jest najczęściej wyposażona w jedno wejście impulsowe (rys. 1), dlatego aby można było zwiększyć liczbę sprawdzanych jednocześnie liczników można dodatkowo wyposażać stację w multiplexer sygnałów impulsowych. Aby system pomiarowy mógł poprawnie pracować, oprócz modyfikacji sprzętowej należy wykonać aktualizację oprogramowania sterującego, które jest zainstalowane na komputerze klasy PC.

Multiplexer z kalkulatorem błędów może być wyposażony w dwa rodzaje połączenia realizowanego z głowicami odbiorczymi. Pierwszy rodzaj połączenia to połączenie wykonane za pomocą łącza przewodowego. Multiplexer z kalkulatorem błędów z wejściami przewodowymi jest wyposażony w  $k$  fizycznych wejść, które będą z odpowiednią częstotliwością przełączane. W tym przypadku w multiplexersze z kalkulatorem błędów funkcję przełącznika sygnałów realizuje układ multiplexera z  $k$  ilością wejść i jednym wyjściem. Drugi rodzaj połączenia to połączenie wykonane za pomocą łącza bezprzewodowego. Multiplexer z kalkulatorem błędów z bezprzewodowym łączem jest wyposażony w jeden nadrzędny wejściowy moduł interfejsu bezprzewodowego, który komunikuje się z  $k$  podrzędnymi bezprzewodowymi głowicami odbiorczymi. Bezprzewodowy moduł nadrzędny z odpowiednią częstotliwością odpytuje  $k$  bezprzewodowych głowic odbiorczych.

Przedstawiona stacja wzorcownicza jest półautomatycznym systemem pomiarowym. Operator stacji ustala parametry punktów obciążenia licznika i inicjalizuje proces sprawdzania. Dalej proces ten realizowany jest automatycznie. Komputer za pośrednictwem bezprzewodowego interfejsu przesyła dane do kalibratora i multiplexera z kalkulatorem błędów. Kalibrator ustawia na swoich wyjściach odpowiednie wartości napięcia, prądu oraz współczynnika mocy. Na podstawie wcześniej otrzymanych parametrów punktu obciążenia multiplexer z kalkulatorem błędów wyznacza wartość rzeczywistą energii  $E_{RZ}$ . Po otrzymaniu pierwszego impulsu z  $k$ -tego wejścia kontrolnego w multiplexersze z kalkulatorem błędów uruchamiany jest czasomierz. Następne pojawiające się impulsy elektryczne na wejściach kontrolnych są odpowiednio zliczane w przyporządkowanych dla danego kanału pomiarowego licznikach. Każdemu zliczonemu impulsowi przypisana jest odpowiednia wartość czasu zliczana w czasomierzu. Multiplexer z kalkulatorem błędów, po zakończeniu zliczania zadanej przez komputer klasy PC liczby impulsów dla danego  $k$ -tego sprawdzanego licznika, oblicza wartości przedziałów czasowych dla występujących po sobie impulsów. Następnie obliczany jest czas trwania pomiaru zadanej wartości impulsów dla  $k$ -tego sprawdzanego licznika. Na podstawie danych i wyników pomiarów multiplexer z kalkulatorem błędów oblicza wartość energii jaką zmierzył  $k$ -ty sprawdzany licznik. Następnie obliczona wartość błędu procentowego 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.

#### 4. Parametry dynamiczne stacji wzorcowniczej

Właściwości stacji wzorcowniczej przedstawionej w punkcie 3 opisują parametry dynamiczne, takie jak:

$f_{max,io}$  - maksymalna częstotliwość impulsów,

$f_{min,mux}$  - minimalna częstotliwość pracy multiplexera,

$V$  - prędkość transmisji interfejsu bezprzewodowego,

$\eta$  - sprawność oraz

$P$  - przepustowość użyteczna interfejsu bezprzewodowego,

$T_{\delta l,max}$  - maksymalny czas obliczenia błędu procentowego dla pojedynczego sprawdzanego licznika.

Maksymalna częstotliwość impulsów  $f_{max,io}$  wyjścia kontrolnego licznika, jest równa 2,5kHz [5].

Minimalna częstotliwość pracy multiplexera  $f_{min,mux}$  (2), jest zależna od: maksymalnej częstotliwości  $f_{max,io}$  impulsów, które mogą występować na wejściach kontrolnych oraz liczby obsługiwanych wejść kontrolnych  $k$  przez multiplexer z kalkulatorem błędu.

$$f_{min,mux} \gg k \cdot f_{max,io} \quad (2)$$

Zbyt mała częstotliwość pracy multiplexera może spowodować, że pojawiający się sygnał na danym wejściu kontrolnym nie zostanie zarejestrowany. Minimalna częstotliwość próbkowania  $f_{min,mux}$  dla pojedynczego wejścia kontrolnego (gdy  $k=1$ ), powinna być dobrana tak aby błąd wyznaczenia przedziałów czasowych  $\delta_T$  dla występujących po sobie impulsów był jak najmniejszy. Przy założonym błędzie wyznaczenia przedziałów czasowych  $\delta_T = \pm 0,2\%$  minimalną częstotliwość próbkowania  $f_{min,mux}$  dla  $k$  wejść kontrolnych określa wzór (3).

$$f_{min,mux} \geq 1000 \cdot k \cdot f_{max,io} \quad (3)$$

Przykładowo, jeżeli stacja wzorcownicza będzie obsługiwała  $k=10$  stanowisk i częstotliwość impulsów  $f_{max,io}$  na wyjściach kontrolnych będzie wynosiła 2,5kHz to minimalna wartość częstotliwości  $f_{min,mux}$  z jaką powinien pracować moduł multiplexera powinna być nie mniejsza niż 25MHz.

Minimalna prędkość transmisji interfejsu bezprzewodowego  $V$ , to parametr, który określa właściwości łącza pomiędzy multiplexersiem z kalkulatorem błędu, komputerem i kalibratorem. Zbyt mała prędkość transmisji, może spowodować przepełnienie pamięci multiplexera z kalkulatorem błędu.

Parametry, które określają rzeczywistą wydajność interfejsu bezprzewodowego [8, 9] to: sprawność sieci  $\eta$  oraz przepustowość użyteczna sieci  $P$ . Sprawność sieci wyraża się stosunkiem czasu transmisji danych użytkowych w pojedynczej transakcji wymiany do całkowitego czasu pojedynczej transakcji danych (4).

$$\eta = \frac{m \cdot 8}{T_W} \quad (4)$$

W równaniu (4)  $m$  jest liczbą bajtów danych użytkowych transmitowanych z prędkością  $V$  w pojedynczej wymianie trwającej przez wartość czasu  $T_W$ . Przepustowość użyteczną sieci  $P$  wyraża się jako stosunek liczby danych użytkowych  $m$  w pojedynczej transakcji wymiany do całkowitego czasu pojedynczej transakcji  $T_W$  (5).

$$P = \frac{m \cdot 8}{T_W} \quad (5)$$

W zależności od wybranego standardu interfejsu bezprzewodowego sprawność sieci  $\eta$  oraz przepustowość użyteczna  $P$  przyjmują różne wartości. Interfejs bezprzewodowy powinien posiadać jak największą przepustowość  $P$  aby stacja wzorcownicza z większą liczbą stanowisk pomiarowych mogła poprawnie funkcjonować.

Maksymalny czas obliczenia błędu procentowego  $T_{\delta l,max}$  dla pojedynczego sprawdzanego licznika, określa graniczny czas wykonywania obliczenia błędu przez multiplexer z kalkulatorem błędu. Wartość tego czasu powinna być dużo mniejsza od odwrotności minimalnej częstotliwości pracy multiplexera.

#### 5. Podsumowanie

W artykule została przedstawiona struktura stacji wzorcowniczej z zastosowaniem multiplexera z kalkulatorem błędu, która umożliwia rozbudowę jednostanowiskowej stacji wzorcowniczej. Rozbudowa jednostanowiskowej stacji wzorcowniczej umożliwia sprawdzanie kilku liczników tego samego typu w danym czasie. Przedstawiono parametry dynamiczne wpływające na pracę całego systemu pomiarowego.

Opracowano model strukturalny wielostanowiskowej stacji wzorcowniczej, który jest podstawą do opracowania modelu symulacyjnego w celu przeprowadzenia analizy parametrów dynamicznych.

#### 6. Literatura

- [1] Metrologia Elektryczna, A.Chwaleba, M.Poniński, A.Siedlicki, 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 62053-22 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) Wymagania szczegółowe. Część 22: Liczniki statyczne energii czynnej (klas 0,2 S i 0,5 S)
- [4] Polska Norma PN-EN 61358 Kontrola odbiorcza liczników statycznych energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego przyłączanych bezpośrednio (klasy 1 i 2)
- [5] Polska Norma PN-EN 62052-11 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) Wymagania ogólne, badania i warunki badań. Część 11: Urządzenia do pomiarów.
- [6] Polska Norma PN-IEC 736 Urządzenia do sprawdzania liczników energii elektrycznej.
- [7] Polska Norma PN-EN 62053-31 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) Wymagania szczegółowe. Część 31: Urządzenia impulsowe wyjściowe (wyłącznie dwuprzewodowe) do liczników elektromechanicznych i elektronicznych.
- [8] Model symulacyjny rozproszonego systemu pomiarowo-sterującego, Adam Markowski, Zielona Góra 2006
- [9] Analiza przepływu informacji w komputerowych sieciach przemysłowych, A. Kwiecień, Wydawnictwo Pracowni Komputerowej Jacka Skalmierskiego, Gliwice 2000