

RATYŃSKA Jadwiga¹
CIOĆ Radosław²
NOWAK Grzegorz³

WYKORZYSTANIE LICZNIKA ELEKTRONICZNEGO W POMIARACH ENERGII ELEKTRYCZNEJ

W artykule przedstawiono opis i właściwości elektronicznych liczników energii elektrycznej opierając się na licznikach typu EA5. Szczególną uwagę zwrócono na właściwości metrologiczne licznika elektronicznego wskazując na wady i zalety tego typu liczników. Działanie licznika jest wspomagane przez program komputerowy Astest 4.0, który umożliwia odczyt zmierzonych wartości, parametryzację licznika polegającą na odczycie czy zmianie parametrów licznika, a także jest w stanie zidentyfikować użytkownika systemu pomiarowego. W artykule przedstawiono również ocenę wyników pomiarów przedstawiając na wykresach, jak zmieniają się wartości średnie błędów pomiaru uwzględniając niepewność standardową i niepewność złożoną błędu licznika.

AN APPLICATION OF ELECTRONIC COUNTER IN MEASUREMENTS OF ELECTRICAL ENERGY

In the article the description and metrological properties of electronic counters used for measurements of electrical energy have been presented considering the counters of type EA5. The description of counters indicates the metrological properties as well as advantages and disadvantages of the counters. The work of counter is aided with computer program called Astest 4.0 which makes it possible to determine the measuring quantities, parameters as well as to identify the user of measuring system. In the article the estimation of measuring errors has been also presented considering complex and standard uncertainty.

1. WSTĘP

Pomiary energii elektrycznej przeprowadzane za pomocą liczników wykorzystywane są do różnych celów. Mogą stanowić źródło informacji na temat zużycia energii elektrycznej

¹Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
Tel: + 48 48 361-77-12, e-mail: j.ratyńska@pr.radom.pl

²Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
Tel: + 48 48 361-77-12, e-mail: r.cioc@pr.radom.pl

³gnowak@op.pl

w sieciach elektrycznych, czy zakładach produkcyjnych, a także stanowią podstawę do rozliczania między dostawcami energii a odbiorcami.

Ze względu na coraz większe wymagania dotyczące zwiększenia efektywności pomiaru i monitorowania poboru energii elektrycznej prace konstrukcyjne nad budową nowych rozwiązań technologicznych dotyczące budowy liczników zmierzają w kierunku pełnego elektronicznego opomiarowania sieci elektrycznych. Wiąże się to z wprowadzeniem do pomiarów energii elektrycznej liczników elektronicznych, które są przystosowane do cyfrowej transmisji danych poprzez współpracę z odpowiednio skonstruowanymi programami komputerowymi [2].

Przed licznikami elektronicznymi stawiane są szerokie wymagania dotyczące między innymi łatwego dostępu do danych pomiarowych bez ograniczania czasu i miejsca, uzyskania informacji o danych pomiarowych pozwalających na stwierdzenie ich legalności jak również zabezpieczenie systemu przed przypadkowym lub celowym zafałszowaniem danych pomiarowych zarówno w czasie ich przechowywania czy transmisji ma także ważne znaczenie.

Prezentowany w artykule licznik energii elektrycznej spełnia powyższe wymagania jak również wszelkie wymagania stawiane tego typu urządzeniom przez przepisy Głównego Urzędu Miar w zakresie możliwości pomiarowych i eksploatacyjnych.

2. KONSTRUKCJA LICZNIKÓW ELEKTRONICZNYCH

Elektroniczne liczniki energii elektrycznej służą do pomiaru energii podobnie jak liczniki indukcyjne. Licznik indukcyjny, będący przykładem miernika indukcyjnego, przeznaczony jest do wykorzystywania jedynie w obwodach prądu przemiennego. Mierniki indukcyjne mogą mieć wbudowane ustroje jedno- lub wielostrumieniowe. Najczęściej wykorzystuje się w pomiarach mierniki posiadające ustroje dwustrumieniowe [1].

Podstawowymi elementami ustroju dwustrumieniowego są dwa rdzenie wykonane z blach transformatorowych oraz cewki, przez które płyną prądy wytwarzające strumienie magnetyczne przechodzące przez organ ruchomy, którym w tym przypadku jest aluminiowa tarcza [3].

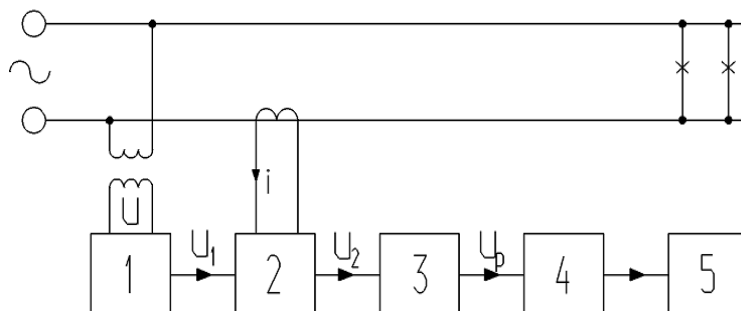
Pomiar energii polega na pomiarze mocy P , która może się zmieniać w czasie, z równoczesnym całkowaniem w przedziale czasu oznaczającym początek i koniec trwania pomiaru mocy:

$$A = \int_{t_1}^{t_2} P(t) dt \quad (1)$$

gdzie:

A - energia elektryczna, $P(t)$ - wartość chwilowa mocy, (t_2-t_1) - czas pomiaru.

Zasada działania i budowa licznika elektronicznego jest odmienna jak również inne są właściwości metrologiczne tego typu liczników [4]. Na rysunku 1 jest przedstawiony schemat blokowy licznika elektronicznego.



Rys. 1. Schemat blokowy licznika elektronicznego. Mnożnik szerokości impulsu (1), modulator amplitudy (2), filtr dolnoprzepustowy (3), przetwornik napięcie – częstotliwość (4), licznik impulsów(5)

Na pomiar składają się takie operacje jak mnożenie wartości napięcia i prądu, którego celem jest otrzymanie wielkości zależnej od mocy, oraz całkowanie mocy w funkcji czasu, którego celem jest otrzymanie wielkości proporcjonalnej do mierzonej energii. Funkcję mnożnika prądu i napięcia spełnia analogowy przetwornik mocy w napięcie składający się z dwóch układów elektronicznych: modulatora amplitudy i mnożnika szerokości impulsów.

Częstotliwość napięcia wyjściowego mnożnika dobierana jest z wartością wielokrotnie wyższą od częstotliwości występującej w sieci. Można wtedy przy analizie wybranych impulsów mnożnika założyć, że napięcie sieci ma wartość stałą. Wzrost wartości napięcia sieci proporcjonalny do jego wartości chwilowej skutkuje zwiększeniem się szerokości impulsów [2].

Napięcie wyjściowe U_p ma przebieg prostokątny. Wartość U_p jest proporcjonalna do mocy chwilowej w sieci. Moc czynną w obwodzie prądu przemiennego wyznacza się, jako wartość średnią mocy chwilowych.

W celu otrzymania wielkości proporcjonalnej do mocy czynnej P sieci, napięcie wyjściowe z modulatora doprowadza się przez filtr dolnoprzepustowy do przetwornika A/C napięcie – częstotliwość. W integratorze przetwornika U/f rozpoczyna się całkowanie napięcia, aż momentu, kiedy osiągnięta zostanie żądana wartość W_0 , która jest miarą jednostkowej energii [4].

$$W_0 = \int_0^{\tau} U_p dt = \int_0^{\tau} k p dt \quad (2)$$

Do każdego impulsu na wyjściu przetwornika U/f przypisana jest określona wartość W_0 , która jest proporcjonalna do energii przepływającej w sieci. Tak więc, zliczenie impulsów daje wartość całkowitej energii przepływającej w sieci w czasie pomiaru, i dlatego licznik zliczający liczbę impulsów może być wskaźnikiem licznika elektronicznego [1].

3. BADANIE WŁAŚCIWOŚCI METROLOGICZNYCH LICZNIKA EA5

3.1. Stanowisko badawcze

Właściwości metrologiczne elektronicznego licznika energii elektrycznej typu EA5 wykonane zostało w Laboratorium Wzorcowania Aparatury Kontrolno-Pomiarowej będące częścią struktury organizacyjnej PGE Dystrybucja S.A. Oddział Skarżysko Kamienna, jako jeden z Wydziałów Zakładu Techniczno-Logistycznego. Stanowisko pomiarowe przedstawione jest na rys. 2 jest zautomatyzowanym urządzeniem służącym do wzorcowania i legalizacji liczników energii elektrycznej.



Rys. 2. Schemat blokowy licznika elektronicznego. Mnożnik szerokości impulsu (1), modulator amplitudy (2), filtr dolnoprzepustowy (3), przetwornik napięcie – częstotliwość (4), licznik impulsów(5)

Stanowisko umożliwia testowanie liczników:

- klasie dokładności do 0,5; 0,2S;
- jednofazowych, dwufazowych, trójfazowych, 3 i 4 przewodowych;
- energii czynnej i biernej;
- statycznych i indukcyjnych (także z wyjściem impulsowym);
- jedno-, dwu-, trzy-, czterotaryfowych;
- ze zwartymi „mostkami”;
- ze wskaźnikiem mocy maksymalnej tradycyjnym i elektronicznym.

Stanowisko umożliwia również przeprowadzanie wszystkich (poza próbami napięciowymi) badań, wymaganych przez GUM, dla użytkowych liczników energii elektrycznej tj.:

- pomiar uchybów;
- sprawdzanie prądu rozruchu;
- sprawdzanie biegu jałowego;
- sprawdzenie przekładni licznika;
- badanie zmienności wskazań;
- sprawdzanie stałej wyjścia impulsowego licznika indukcyjnego;
- sprawdzenie wskaźnika mocy maksymalnej;

- wygrzewanie;
- badanie wpływu częstotliwości na pracę licznika;
- badanie wpływu zawartości harmonicznych w torach prądowych i napięciowych na pracę licznika.

Stanowisko składa się z:

- automatycznego zasilacza C300;
- pulpitu, na którym znajdują się gniazda do podłączania obwodów napięciowych i taryf badanego licznika, gniazdo wejść impulsowych, przyciski kontrolera, gniazda bezpieczników oraz wyłącznik bezpieczeństwa;
- kontrolera stanowiska IPO (Inteligentny Panel Odczytowy) służącego do kontroli stanowiska pomiarowego. Kontroler umożliwia włączanie i wyłączenie stanowiska do prób. Wyświetlanie wyników oraz dostęp do przycisków funkcyjnych realizowane jest poprzez program na komputerze;
- fotogłówicy służącej do detekcji ruchu tarczy licznika badanego. Dzięki automatycznej regulacji czułości, zapewniona jest bardzo duża pewność działania przy dowolnym oświetleniu zewnętrznym. Równie dobrze reaguje na markę czarną, jak i czerwoną oraz impulsy z diody LED liczników elektronicznych;
- krzyżaka mocującego służącego do szybkiego zainstalowania licznika do badań. Składa się on z docisku oraz skrzynki szybkomocującej. Skrzynka posiada złącze prądowe z twardej miedzi stopowej i bardzo elastyczne przewody prądowe oraz napięciowe. Konstrukcja skrzynki umożliwia łatwe dostosowanie do różnych liczników, oraz regulację położenia przód – tył;
- zestawu komputerowego z oprogramowaniem testującym licznik.

3.2. Proces pomiarów

Podczas wykonywania pomiarów, wartości prądów ustawiano stopniowo w kolejności rosnącej i utrzymywano dla każdej nastawionej wartości przez czas wystarczający do uzyskania warunków stabilności termicznej (przyjmuje się, że liczniki statyczne stabilność termiczną uzyskują się po 3 min. dla prądów od 0,05A do 10A, po 4 min. dla prądów od 10A do 60A i po 5 min. dla prądów od 60A do 120A) [2, 5, 7].

Błąd licznika definiowany jest następująco:

$$E_x = E_L + E_W \quad (3)$$

gdzie:

E_L - wartość średnia błędu otrzymana z pomiarów.

E_W - wartość błędu wzorca, dla którego estymata przyjmuje postać:

$$e_x = e_L + e_{LR} + e_W + e_i + e_d \quad (4)$$

gdzie:

\bar{e}_L - wartość średnia błędu z 10 pomiarów, wykonanych w porównywalnych warunkach, dla każdego punktu pomiarowego, których wynik odczytywany jest na wyświetlaczu przelicznika błędu,

e_{LR} - błąd związany z rozdzielczością odczytu,

e_w - błąd wzorca odniesienia Laboratorium,

e_t - błąd temperatury,

e_d - błąd dodatkowy od pozostałych wielkości wpływających

Natomiast złożona niepewność standardowa błędu licznika wzorcowanego $u_c(e_x)$ definiowana jest jako [8]:

$$u_c^2(e_x) = c_1^2 u^2(\bar{e}_L) + c_2^2 u^2(e_{LR}) + c_3^2 u^2(e_w) + c_4^2 u^2(e_t) + c_5^2 u^2(e_d) \quad (5)$$

Przyjmując założenie, że gdzie $c_{1..5} = 1$ równanie złożonej niepewności standardowej błędu licznika wzorcowanego przyjmuje postać:

$$u_c^2(e_x) = u^2(\bar{e}_L) + u^2(e_{LR}) + u^2(e_w) + u^2(e_t) + u^2(e_d) \quad (6)$$

4. WNIOSKI

Liczniki elektroniczne w porównaniu do liczników indukcyjnych posiadają bardziej rozbudowane opcje pomiarowe jak również są wyposażone w szereg elementów funkcjonalnych niedostępnych w przypadku liczników indukcyjnych. Dzięki programowi komputerowemu wspomagającego pracę licznika istnieje możliwość zapisywania w pamięci licznika okresów rozliczeniowych z uwzględnieniem kontroli mocy, definiowania ustawień pracy licznika, czy też rejestracji ewidencji błędów licznika.

Konstrukcja licznika zapewnia jego bezpieczną eksploatację, gdyż zastosowane układy zabezpieczające zabezpieczają przed występującymi w sieciach elektrycznych udarami prądowymi i napięciowymi. Również dokładność liczników elektronicznych jest dużą zaletą tego typu urządzeń. Błędy liczników elektronicznych są o wiele mniejsze niż błędy liczników indukcyjnych [6]. Błędy licznika elektronicznego EA5 mieszczą się w granicach od 0,1% do 0,5% , co jest wartością bardzo rzadko osiągalną w przypadku liczników indukcyjnych.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Chwaleba A., Paniński M., Siedlecki A.: *Metrologia elektryczna*, Warszawa, WN-T 2007.
- [2] Nowak G.: *Badanie właściwości metrologicznych elektronicznego licznika energii elektrycznej typu EA5*, Praca dyplomowa, Politechnika Radomska, Radom, 2011
- [3] Ratyńska J.: *Laboratorium techniki pomiarowej*, Wydawnictwa Politechniki Radomskiej, Radom, 2011
- [4] Instrukcja obsługi licznika EA5, Fabryka Aparatury Pomiarowej PAFAL S.A., 2010
- [5] Laboratorium Wzorcowania Aparatury Kontrolno-Pomiarowej, Instrukcja IN 01 „Wzorcowanie liczników energii elektrycznej”, 2011
- [6] Laboratorium Wzorcowania Aparatury Kontrolno-Pomiarowej, Instrukcja IN 01 „Szacowanie niepewności pomiarów w procesie wzorcowania liczników”, 2011
- [7] Instrukcja obsługi programu KomPaf, Fabryka Aparatury Pomiarowej, PAFAL, 2009
- [8] *Wytyczne do obliczania i wyrażania niepewności pomiaru*, GUM, Warszawa, 1994.