

Łukasz MAZURKIEWICZ

POLITECHNIKA WROCLAWSKA, INSTYTUT PODSTAW ELEKTROTECHNIKI I ELEKTROTECHNOLOGII,
pl. Grunwaldzki 13, 50-377 Wrocław

Wzorcowanie elektronicznych liczników energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego

Mgr inż. Łukasz MAZURKIEWICZ

W 2005 r. ukończył studia na kierunku Inżynieria Biomedyczna na Wydziale Podstawowych Problemów Techniki Politechniki Wrocławskiej. 3 lata pracował w Okręgowym Urzędzie Miar we Wrocławiu jako metrolog i zajmował się wzorcowaniem liczników energii elektrycznej. Obecnie jest doktorantem na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej. W swoich pracach naukowych zajmuje się zagadnieniami związanymi z wzorcowaniem rezystorów o wysokich wartościach rezystancji i przekazywaniem jednostki rezystancji.



e-mail: lukasz.mazurkiewicz@pwr.wroc.pl

Streszczenie

Przedstawiono zasadę pomiaru energii elektrycznej czynnej licznikami elektronicznymi (stacycznymi) i wymagania stawiane tym licznikom. Zwrócono uwagę na proces prawnej kontroli metrologicznej, której podlegają użytkowe elektroniczne liczniki energii elektrycznej. Opisano sposób wzorcowania urządzeń do sprawdzania liczników, tzw. USL. Omówiono zakres ich badań i sprawdzeń. Zagadnienia te mają istotne znaczenie, ponieważ wskazania liczników są podstawą rozliczeń finansowych za energię elektryczną.

Słowa kluczowe: wzorcowanie, liczniki elektroniczne, liczniki wzorcowe, liczniki użytkowe.

Calibration of static energy meters

Abstract

This paper describes methods for calibration of static energy meters and technical requirements the energy meters have to fulfill. The author presents the rules of measuring the electrical energy with use of an energy meter which is a device that measures the amount of electrical energy consumed by a receiver or an electrically powered device. The energy meters fall into two basic categories: electromechanical (induction) and electronic. Nowadays induction meters are replaced with the static energy meters. Electronic meters can transmit the readings to remote places and even record the other parameters. Now electronic meters can use not only a wired link but also GPRS, Bluetooth, IrDA and global system for mobile communications (GSM) to transmit the readings, which allows them to be checked without sending a meter reader out. An electronic meter can store the entire measured data in memory and send the demanded readings by a telephone line or radio. Electricity energy meters work by continuous measurement of the voltage and current instantaneous values. In the result they find the product of these instantaneous values to give instantaneous electrical power which is then changed to give the energy used. The largest source of long-term errors in the electronic energy meter is drift in the preamp, followed by the voltage reference accuracy. Both of them vary with temperature as well, because many meters work outside. Hence, characterization and compensation of them is a major part of the meter design.

Keywords: calibration, energy meters, standard energy meters.

1. Wstęp

Liczniki energii elektrycznej służą do pomiaru energii czynnej i biernej prądu przemiennego. Ze względu na sposób ich wykorzystania można podzielić je na liczniki użytkowe oraz liczniki wzorcowe. Wskazania liczników użytkowych są podstawą do rozliczeń finansowych za energię elektryczną.

Dotychczas powszechnie stosowane są jeszcze indukcyjne liczniki energii elektrycznej. Przyłożenie do takiego licznika w odpowiednim miejscu jednego, lub dwóch magnesów neodymowych powoduje zmniejszenie prędkości obrotowej jego tarczy i znaczne zmniejszenie wskazań zużycia energii elektrycznej. Ten przestęp-

czy proceder pozwala na nielegalne zmniejszenie opłat za zużytą energię. Oddziaływanie neodymowego magnesu na licznik indukcyjny powoduje również uszkodzenie organu hamującego. Po usunięciu zewnętrznego magnesu licznik rejestruje wielokrotnie większe zużycie energii niż ma to miejsce w rzeczywistości [1].

W przypadku liczników elektronicznych (stacycznych) tego rodzaju problemy nie występują. Dlatego między innymi, liczniki indukcyjne zastępuje się licznikami elektronicznymi. Niektóre liczniki elektroniczne umożliwiają również zdalny odczyt wskazań, na przykład z dyspozytorni, co ułatwia rozliczenia finansowe bez konieczności dokonywania odczytów u bardzo licznych odbiorców przez inkasenta. Do przesyłania wskazań elektronicznych liczników energii elektrycznej można wykorzystywać wiele nowoczesnych technologii teletransmisyjnych takich jak na przykład GPRS (General Packet Radio Service), a także sieć telefonii komórkowej GSM (Global System for Mobile Communication) [2].

Nowe liczniki energii elektrycznej, w tym i elektroniczne, przed wprowadzeniem ich do obrotu, podlegają ocenie zgodności z wymaganiami zawartymi w dyrektywie MID 2004/22/WE, Measuring Instruments Directive, przetransponowanej do polskiego ustawodawstwa [3].

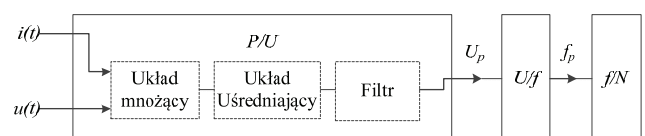
W czasie użytkowania liczniki energii elektrycznej podlegają legalizacji ponownej w ramach prawnej kontroli metrologicznej dokonywanej przez służby miar. Legalizacja obejmuje sprawdzenie wartości błędów wskazań licznika i ich ocenę czy nie przekraczają wartości błędów dopuszczalnych określonych w przepisach [4]. Podczas legalizacji porównuje się wskazania badanego licznika ze wskazaniami wzorcowego licznika kontrolnego. Liczniki wzorcowe kontrolne wzorcują się również w odniesieniu do dokładniejszych liczników wzorcowych lub metodą pośrednią w złożonych układach wzorcowania, tak ażeby zapewnić odpowiednią spójność pomiarową do wzorców państwowych.

2. Zasada działania elektronicznych liczników energii elektrycznej

Wartość energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego

$$W = \int_0^{t_f} p(t) dt = \int_0^{t_f} P(t) dt \quad (1)$$

jest całką mocy chwilowej $p = u(t) \cdot i(t)$ (gdzie $u(t)$ i $i(t)$ są wartościami chwilowymi napięcia i prądu, lub całką mocy czynnej P , w czasie jej poboru t_f . W liczniku elektronicznym w czasie pomiaru energii elektrycznej następuje mnożenie wartości napięcia $u(t)$ i prądu $i(t)$ i przetworzenie jej na inną wielkość o wartości proporcjonalnej do mocy P . Następnie wielkość ta jest całkowana. Całka tej wielkości jest proporcjonalna do mierzonej energii elektrycznej. Elektroniczne użytkowe liczniki energii elektrycznej składają się z przetwornika mocy P/U , przetwornika napięcie-częstotliwość U/f oraz przetwornika częstotliwości na liczbę impulsów f/N (rys. 1).



Rys. 1. Schemat blokowy elektronicznego licznika energii elektrycznej
Fig. 1. Block diagram of static energy meter

Przetwornik mocy P/U pełni funkcję mnożnika napięcia i prądu. Napięcie U_p na jego wyjściu jest odfiltrowaną wartością średnią przebiegu prostokątnego o stałej częstotliwości i amplitudzie. Zmiana mocy czynnej powoduje zmianę szerokości impulsów. Przetwornik mocy wyposażony jest w filtr dolnoprzepustowy. Wartość średnia napięcia wyjściowego U_p z przetwornika mocy, proporcjonalna do mocy czynnej P , jest sygnałem wejściowym przetwornika U/f , w którym wartość napięcia U_p przetwarzana jest na sygnał napięciowy o przebiegu prostokątnym którego częstotliwość f_p proporcjonalna jest do napięcia U_p , a zatem i do mocy czynnej P . Następnie w przetworniku f/P zmienna częstotliwość f_p , zależna od mocy P , jest całkowana. Wartość tej całki jest proporcjonalna do liczby impulsów N zliczonych w czasie t . Przetwarzanie w elektronicznym liczniku energii elektrycznej opisuje zależność:

$$W = \int_0^{t_1} P(t) dt = k_u \int_0^{t_1} U_p(t) dt = k_f \int_0^{t_1} f_p(t) \frac{1}{C} N, \quad (2)$$

w której k_u , k_f są współczynnikami proporcjonalności, C – stałą licznika energii elektrycznej.

3. Ocena zgodności i legalizacja

Ocena zgodności według dyrektywy MID 2004/22/WE zastępuje dotychczasowy system prawnej kontroli metrologicznej w zakresie zatwierdzenia typu i legalizacji pierwotnej. Według dyrektywy MID liczniki energii elektrycznej podlegają ocenie zgodności jeszcze przed wprowadzeniem ich do obrotu przez producenta lub jego upoważnionego przedstawiciela. Ponadto liczniki energii elektrycznej powinny być poddane ocenie zgodności z innymi dyrektywami nowego podejścia, które ich dotyczą.

Według dyrektywy MID liczniki energii elektrycznej wytwarzane są w trzech klasach dokładności: A, B lub C. Producent powinien określić warunki znamionowe użytkowania liczników podając wartości parametrów, się takich jak: częstotliwość nominalna, napięcie nominalne licznika, prąd nominalny, wartość prądu, powyżej której błąd licznika wielofazowego przy obciążeniu symetrycznym nie przekracza błędów granicznych dopuszczalnych najwyższą wartość prądu, przy której błąd licznika nie przekracza błędów granicznych dopuszczalnych. Ponadto producent zobowiązany jest do określenia zakresów napięć, częstotliwości oraz współczynnika mocy liczników podlegających ocenie zgodności. Szczegółowe wartości wyżej wymienionych parametrów zostały zawarte w tabeli nr 1 dyrektywy MID 2004/22/WE [3]. Dodatni błąd licznika poniżej znamionowego napięcia użytkowania nie powinien przekraczać 10%, a urządzenie wskazujące całkowitą energię powinno mieć odpowiednią liczbę cyfr, która zapewni wskazanie wartości odpowiadającej pełnemu obciążeniu licznika w czasie 4000 godzin. Zgodnie z dyrektywą MID podczas biegu jałowego przez licznik nie powinien przepływać prąd elektryczny, a licznik nie powinien rejestrować energii przy napięciu z zakresu od 0,8 wartości napięcia nominalnego do 1,1 wartości tego napięcia.

Dyrektywa określa także warunki środowiskowe, i elektromagnetyczne w których licznik użytkowy może pracować i który powinien również:

- spełniać wymagania dla klasy E2 warunków środowiskowych elektromagnetycznych, w której zakłada się dodatkowe 144 godziny ekspozycji na $+50^\circ\text{C}$ przy 90% wilgotności, gdzie stężenie soli jest na poziomie od 2,5 do 7,5 g/l,
- być zabezpieczony przed zmianą charakterystyk metrologicznych z powodu wystąpienia wyładowań atmosferycznych.

Skutki oddziaływania długotrwałych zaburzeń elektromagnetycznych nie powinny powodować zmiany dokładności licznika, a ponadto bezpośrednio po wystąpieniu zaburzenia żadne z wyjść przeznaczonych do sprawdzania dokładności licznika nie powinno wytwarzać impulsów ani sygnałów odpowiadających energii o wartościach ściśle określonych w dyrektywie MID 2004/22/WE [3].

Po ustąpieniu takiego zaburzenia licznik powinien powrócić do działania w granicach błędów granicznych dopuszczalnych przy zachowaniu wszystkich funkcji pomiarowych oraz umożliwić odzyskanie danych pomiarowych. Z przeprowadzonej oceny zgodności powinna zostać sporządzona odpowiednia dokumentacja zawierająca min. wyniki badań i certyfikaty badań typu [5], a na przyrządzie pomiarowym powinien zostać umieszczony znak zgodności z dyrektywami Unii Europejskiej CE.

Elektroniczne liczniki energii elektrycznej będące już w użytku podlegają legalizacji ponownej, która polega na sprawdzeniu czy ich parametry metrologiczne są zgodne z wymaganiami określonymi w przepisach [4]. Podczas sprawdzenia dokonuje się oceny błędów wskazań licznika, prądu rozruchu, biegu jałowego oraz przekładni [4]. Sprawdzenie prądu rozruchu licznika energii elektrycznej polega na ustaleniu czy po obciążeniu go prądem o wartości 0,5 % prądu bazowego dla licznika klasy A i 0,4 % - dla licznika klas B i C, wyemituje co najmniej 2 impulsy.

Bieg jałowy licznika sprawdza się przykładając do obwodów napięciowych, przy otwartych obwodach prądowych, najpierw napięcie równe 80 % wartości napięcia nominalnego, a następnie 115 % wartości napięcia nominalnego. Licznik nie powinien wyemitować więcej niż jeden impuls w czasie Δt [4]:

- dla liczników klasy dokładności A,

$$\Delta t \geq \frac{480 \times 10^6}{C \cdot m \cdot U_n \cdot I_{max}} [\text{min}] \quad (7)$$

- dla liczników klasy dokładności B,

$$\Delta t \geq \frac{600 \times 10^6}{C \cdot m \cdot U_n \cdot I_{max}} [\text{min}] \quad (8)$$

gdzie: C – stała licznika, m – liczba elementów pomiarowych, U_n – napięcie nominalne wyrażone w woltach, I_{max} – prąd maksymalny wyrażony w amperach.

W przypadku biegu jałowego licznika klasy C należy przyjąć, że ma on czas Δt dwudziestokrotnie dłuższy niż czas upływający między dwoma impulsami, gdy w torach prądowych płynie prąd o wartości równej prądowi rozruchu licznika [4].

Sprawdzenie przekładni¹ licznika polega na ustaleniu czy jej wartość jest zgodna ze stałą licznika podaną na tabliczce znamionowej. Niepewność wyznaczenia przekładni nie powinna przekraczać: 2 % - dla licznika klasy dokładności A, 1 % - dla licznika klasy B, 0,5 % - dla licznika klasy C [4].

Wymagania metrologiczne dotyczące sprawdzania elektronicznych liczników energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego zawarte są w normie PN-EN 62053-21 [6] oraz Rozporządzeniu Ministra i Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r [4]. Dokumenty te precyzują punkty charakterystyki, określają wartości dopuszczalnych błędów oraz błędów dodatkowych wynikających z czynników wpływających na pomiar, a także określają warunki sprawdzania oraz warunki odniesienia.

4. Wzorcowanie

Kontroli poprawności wskazań liczników energii elektrycznej dokonuje się w procesie wzorcowania, któremu podlegają liczniki użytkowe, kontrolne i wzorcowe. Na rys. 2 pokazano hierarchię wzorcowania elektronicznych liczników energii elektrycznej.

Wyróżnia się dwie metody wzorcowania liczników: metodę licznika kontrolnego oraz metodę pomiaru mocy i czasu, która obecnie rzadko jest wykorzystywana do sprawdzania użytkowych liczników energii elektrycznej.

¹ Przekładnię licznika definiuje się, jako stosunek liczby impulsów licznika statycznego do odpowiadającej jej zmiany wskazania urządzenia wskazującego [3]



Rys. 2. Hierarchia wzorcowani liczników energii elektrycznej
Fig. 2. Calibration hierarchy of electric energy meters

Sprawdzenie licznika metodą pomiaru mocy i czasu polega na porównaniu zmierzonej energii przez licznik elektroniczny z energią obliczoną ze wskazań watomierza wzorcowego i miernika czasu. Dla elektronicznego licznika wzorcowanego o stałej C , przy ustalonej niezmiennej w czasie mocy P mierzonej watomierzem i liczby impulsów N , nominalny czas t_n , w którym energia W powinna być zmierzona przez wzorcowany licznik, oblicza się ze wzoru

$$t_n = \frac{3600 \cdot 10^3}{CP} \cdot N. \quad (3)$$

Następnie po uruchomieniu stanowiska pomiarowego i nastawieniu właściwych wskazań przyrządów (watomierza, amperomierza, woltomierza i fazomierza) mierzy się czas t zliczania przez licznik N impulsów. Błąd wskazania licznika statycznego oblicza się z zależności [4]:

$$\delta = \frac{t_n - t}{t} \cdot 100. \quad (4)$$

Zgodnie z wymaganiami przepisów, dotyczących prawnej kontroli metrologicznej liczników energii elektrycznej, przyrządy służące do pomiaru czasu powinny być sterowane przez urządzenia z głowicą fotoelektryczną lub przez elektroniczne wyjście impulsowe licznika [7]. Przy sprawdzeniu błędów wskazań liczników o klasach dokładności A i B dopuszcza się wykonanie pomiarów czasu urządzeniem sterowanym ręcznie. W takim przypadku czas pomiaru nie może być krótszy niż 50 s. Podczas sprawdzania błędów wskazań licznika metodą mocy i czasu należy zapewnić stałość mocy obciążenia w czasie trwania pomiaru.

Wyznaczenie błędów wskazań elektronicznych liczników energii elektrycznej metodą licznika kontrolnego polega na porównaniu odpowiadającej liczbie impulsów z licznika badanego z liczbą impulsów z licznika wzorcowego w tym samym czasie. Minimalna liczba impulsów podczas sprawdzania licznika powinna być określona w instrukcji producenta. Błąd wskazania licznika statycznego w tym przypadku oblicza się z zależności [4]:

$$\delta = \frac{N_{kn} - N_k}{N_k} \cdot 100\%, \quad (5)$$

w której: N_k - zmierzona liczba impulsów licznika kontrolnego, N_{kn} - liczba impulsów licznika kontrolnego odpowiadająca liczbie impulsów licznika badanego, obliczona ze wzoru:

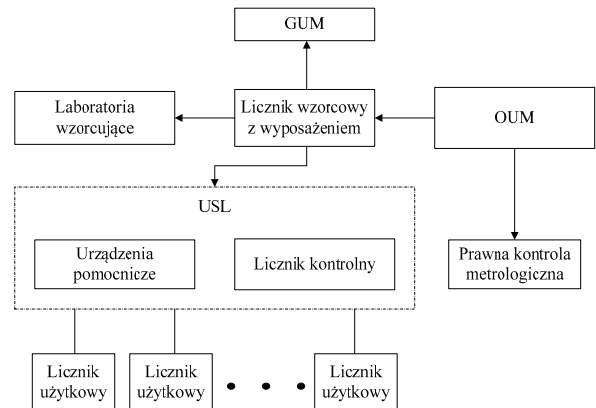
$$N_{kn} = \frac{C_k}{C_b} \cdot N \quad (6)$$

w którym: N - liczba impulsów licznika badanego, C_k - wartość stałej licznika kontrolnego, C_b - wartość stałej licznika badanego.

Liczniki użytkowe sprawdzane są przy pomocy Urządzeń do Sprawdzania Liczników (USL) energii elektrycznej. Szczegółowy program sprawdzeń użytkowych liczników energii elektrycznej przedstawiono w punkcie 2 i 3. USL wyposażone są we wzorcowe

kontrolne liczniki energii elektrycznej. Liczniki kontrolne wzorcowane są przy pomocy liczników wzorcowych wyższej klasy dokładności

W Polsce jednostką mogącą zapewnić spójność pomiarową wzorcowania liczników wzorcowych w odniesieniu do wzorców państwowych jest Główny Urząd Miar (GUM). Liczniki wzorcowe powinny być wzorcowane przynajmniej raz w ciągu roku, a wynik wzorcowania powinien być udokumentowany w postaci świadectwa wzorcowania. Na rysunku 3 pokazano wykorzystanie wzorcowych liczników energii elektrycznej.



Rys. 3. Wykorzystanie liczników wzorcowych
Fig. 3. Use of standard energy meters

Wzorcowe liczniki energii elektrycznej mogą być konstruowane jako przenośne liczniki wzorcowe z dodatkowym wyposażeniem, które mierzą nie tylko energię elektryczną czynną i bierną, ale również umożliwiają kontrolę napięcia, prądu, częstotliwości i przesunięcia fazowego w sieciach trójfazowych trójprzewodowych i czteroprzewodowych oraz w sieciach jednofazowych. Niektóre takie liczniki są wyposażone w dodatkowe wewnętrzne wzorce odniesienia prądu, napięcia i częstotliwości [8]. Umożliwiają one sprawdzenie i kalibrację wyposażenia dodatkowego licznika wzorcowego. Taki licznik wzorcowy może być sterowany z zewnętrznego komputera [9, 10]. Nazywane są one często testerami liczników energii elektrycznej [11].

Przenośne wzorcowe liczniki energii elektrycznej wykorzystywane są np. do okresowego wzorcowania urządzeń do sprawdzania liczników (USL). USL składają się z licznika kontrolnego oraz urządzeń pomocniczych, w których skład wchodzi przekładniki, komputer, zasilacz i stojak. Na rysunku 4 pokazano przykładowe USL SKLe – T6 prod. IKSAiP.



Rys. 4. Uniwersalne urządzenie do sprawdzania liczników USL SKLe-T6 [12]
Fig. 4. Universal device for checking energy meters USL SKLe-T6 [12]

Jednostki użytkujące urządzenia do sprawdzenia liczników energii elektrycznej, którymi mogą być np. producenci liczników, zgodnie z przepisami [4] mają obowiązek wzorcowania takich urządzeń przynajmniej raz w ciągu roku, a także po każdej naprawie, konserwacji lub modernizacji. Sprawdzenia USL wykonują Okręgowe Urzędy Miar (OUM). Upoważniony i kompetentny personel Okręgowego Urzędu Miar deleguje się do wzorcowania USL na terenie jednostki, która go używa. Wykorzystywany wzorzec podrzędny podlega wstępnej aklimatyzacji w celu ustabilizowania jego parametrów metrologicznych. Podczas wzorcowania należy sprawdzić nie tylko licznik kontrolny stosowany w USL ale również urządzenia pomocnicze takie jak przekładniki - jeśli są wykorzystywane w danym urządzeniu – a także zasilacz, czy wytwarza odpowiednie wartości napięć i prądów. Sprawdzana jest również zawartość harmonicznych. Dodatkowo przy wykorzystaniu miernika pola magnetycznego sprawdza się indukcję zewnętrznego pola magnetycznego, która zgodnie z wartościami podanymi w przepisach [4] nie powinna przekraczać 0,05 mT. Istotne jest aby podczas wzorcowania USL kontrolować warunki środowiskowe.

Poprawność wskazań wzorcowych liczników energii elektrycznej sprawdza się również podczas porównań międzylaboratoryjnych, w których laboratorium pilotujące udostępnia obiekty do porównań i opracowuje raporty końcowe. Porównania międzylaboratoryjne polegają na wzorcowaniu tego samego obiektu przez każdego z uczestników porównań, według procedur pomiarowych stosowanych przez dane laboratorium.

5. Uwagi i wnioski

Podczas wzorcowania elektronicznych liczników energii elektrycznej jak i urządzeń do sprawdzania liczników można napotkać kilka istotnych problemów, które wciąż pozostają nierozwiązane, a na które warto zwrócić uwagę.

Pierwszy z problemów dotyczy wzorcowania urządzeń do sprawdzania liczników energii elektrycznej a zwłaszcza pomiaru warunków odniesienia określonych w przepisach [4], a szczególnie natężenia indukcji zewnętrznego pola magnetycznego. Przepisy nie regulują w sposób jednoznaczny jak powinien zostać wykonany pomiar wpływu natężenia zewnętrznego pola magnetycznego na Urządzenie do Sprawdzania Liczników (USL). Rozporządzenie Ministra i Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego, oraz szczegółowego zakresu ich sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej jasno nie precyzuje jak i gdzie powinna zostać zmierzona wartość indukcji zewnętrznego pola magnetycznego mogąca mieć wpływ na poprawne działanie USL. Brak jednego zuniifikowanego algorytmu, a także sprecyzowania sposobu takiego pomiaru wprowadza wiele niejasności dla Okręgowych Urzędów Miar (OUM) wykonujących takie pomiary podczas okresowych sprawdzeń USL. Dlatego w zależności od subiektywnej interpretacji wyżej wymienionego rozporządzenia OUM w różny sposób dokonują takiego pomiaru. Prowadzi to do różnych wyników, a co za tym idzie nasuwa się pytanie: jaki sposób pomiaru jest właściwy?

Wzorcowanie liczników wzorcowych z dodatkowym wyposażeniem, czyli tzw. testerów energii elektrycznej, jest wykonywane metodą licznika kontrolnego. W tabeli 1 przedstawiono podstawowe parametry trzech najpopularniejszych obecnie liczników wzorcowych: D3000, RD-33 oraz K2006 [9, 10, 13]. Wzorcowanie licznika wzorcowego D3000 o klasie 0,05 metodą licznika kontrolnego wykorzystując do tego celu licznik RD-33 o klasie 0,01 nie stanowi większego problemu. Sytuacja komplikuje się jednak już w przypadku wzorcowania licznika K2006 licznikiem RD-33. Dzieje się tak ponieważ na niepewność wzorcowania licznika K2006 wpływa niepewność wzorca RD-33, a oba te liczniki są tej samej klasy dokładności.

Tab. 1. Parametry liczników wzorcowych
Tab. 1. Parameters of standard meters

Parametr	Licznik		
	TESTGYR® D3000	RADIAN RD-33	MTE K2006
Klasa	0,05	0,01	0,01
Zakres prądowy [A]	0,005 ÷ 120	0,02 ÷ 120	0,001 ÷ 160
Zakres napięciowy [V]	83 ÷ 554	30 ÷ 630	30 ÷ 500
Analiza harmonicznych	Do 50	Do 64	Do 60

W takim przypadku należałoby zastosować metodę pośredniego wzorcowania o odpowiedniej dokładności.

6. Literatura

- [1] Kasperczyk B.: Ustalenie przyczyn pewnych uszkodzeń indukcyjnych liczników energii elektrycznej, Materiały Międzynarodowego Seminarium Poświęconego Pamięci Profesora Włodzimierz Krukowskiego. Radom 2010. s. 30.
- [2] Association of U.S. Shareholder-Owned Electric Companies. Handbook for Electricity Metering – Tenth Edition, Edison Electric Institute, U.S. 2002.
- [3] Ustawa z dn. 11.05.2001 – Prawo o miarach. Dz. U. z 2004 r. nr 243, poz. 2441 z późniejszymi zmianami.
- [4] Rozporządzeniu Ministra i Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego, oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych na podstawie art. 9a ustawy z dnia 11 maja 2001 r. – Prawo o miarach (Dz. U. z 2004 r. Nr 243, poz. 2441).
- [5] Lisowski M.: Podstawy Metrologii. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011.
- [6] PN-EN 62053-21:2003 - Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego). Wymagania szczegółowe.
- [7] Fiut J. Leszczyński J., Podlejski K.: Potrzeby budowy wzorcowych liczników energii elektrycznej przebiegów odkształconych. Materiały Krajowego Kongresu Metrologii, Warszawa 2001.
- [8] Friedl R., Volkmann G.: PTB Testing Instructions – Electricity Meters. Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig 1989.
- [9] Instrukcja obsługi przenośnego uniwersalnego licznika wzorcowego TESTGYR® D3000 o klasie 0,005, LANDIS&GYR 1993.
- [10] Operations Manual.: RD-33 Portable Three – phase Electricity Standard. Radian Reseach, Inc. 2009.
- [11] Olencki A.: Testery liczników energii elektrycznej podłączonych do sieci. Materiały V Kongresu Metrologii, Łódź 2010. s. 160.
- [12] www.iksaip.pl
- [13] Operations Manual.: K2006 Three-phase Comparator (Class 0.01) for verification of Reference Standard Meters and other precision Electrical Measuring Equipment and Systems. MTE Meter Test Equipment AG. 2007.

otrzymano / received: 13.11.2010

przyjęto do druku / accepted: 04.04.2011

artykuł recenzowany