

Metody sprawdzania liczników energii elektrycznej prądu przemiennego i stałego

Mirosław Kaźmierski

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi, Wydział Elektryczny

W referacie przedstawiono metody sprawdzania liczników energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego (50 Hz), stosowane przy prawnej kontroli metrologicznej (legalizacji) oraz podlegających ocenie zgodności według dyrektywy 2004/22/WE z dnia 31 marca 2004 r. Referat zawiera również opis metody szacowania niepewności pomiaru i wyznaczania budżetu niepewności przy wzorcowaniu kontrolnych liczników energii elektrycznej prądu przemiennego oraz stanowisk do sprawdzania liczników. Ponadto w referacie przedstawiono metodę wzorcowania liczników prądu stałego opracowaną w Okręgowym Urzędzie Miar w Łodzi oraz sposób zachowania spójności pomiarowej przy wzorcowaniu liczników prądu stałego. Opisano również problemy związane z dokładnym pomiarem energii elektrycznej przy stałym napięciu zasilającym 3,3 kV.

Methods of examination of the alternating and direct current energy meters

In the paper the methods of examination during the legal metrological control (verification) of the alternating current active energy meters (50 Hz), as well as being the subject to the conformity assessment according to the directive no. 2004/22/WE of 31st March, 2004, have been presented. Report as well contains the description of method of measurement uncertainty estimation and determination of the uncertainty budget during the calibration of the control alternating current energy meters as well as of the energy meters examination stands. Additionally in the paper, the method of calibrating of the direct current energy meters, worked out in the Regional Verification Office in Lodz, and the means of the assurance of measurement traceability during the calibration of direct current energy meters have been shown. Also the problems connected with the precise energy measurement at the 3,3 kV DC supply voltage has been described.

1. Wstęp

Dyrektywa 2001/16/WE z dnia 19 marca 2001 r. w sprawie interoperacyjności trans-europejskiego systemu kolei konwencjonalnej (Dz. Urz. WE nr 110, z dnia 20.04.2001 r.) zobowiązuje państwa członkowskie do dokonywania bezpośrednich pomiarów zużywanej przez tabor trakcyjny energii elektrycznej. W związku z tym Prezes Głównego Urzędu Miar wytypował do sprawdzania liczników energii elektrycznej prądu stałego między innymi Okręgowy Urząd Miar w Łodzi, który podjął w 2008 r. działania zmierzające do realizacji tego zadania. Metodyka sprawdzania liczników prądu stałego wymagała przeanalizowania istniejących i szeroko stosowanych metod weryfikacji metrologicznej liczników energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego. Dlatego też w pierwszej części referatu omówione zostały sposoby i metody kontroli metrologicznej tych liczników.

2. Liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki [1] liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego podlegają prawnej kontroli metrologicznej. Szczegółowy zakres sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej określa od-

powiednie Rozporządzenie Ministra Gospodarki [2]. Według tych rozporządzeń liczniki podlegają obowiązkowi legalizacji. Legalizacji dokonuje administracja miar lub instytucje upoważnione przez Prezesa Głównego Urzędu Miar. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady [3] zobowiązała państwa członkowskie do wdrożenia prawodawstwa umożliwiającego producentom przyrządów pomiarowych wprowadzanie do obrotu lub użytkowania przyrządów w wyniku oceny zgodności z normami europejskimi. Rozporządzenie Ministra Gospodarki [4] określa zasadnicze wymagania dla przyrządów pomiarowych podlegających ocenie zgodności.

Wymagania metrologiczne dotyczące liczników energii czynnej w przypadku legalizacji i oceny zgodności są spójne. Przepisy dotyczące oceny zgodności dopuszczają wykorzystanie metody statystycznej podczas weryfikacji liczników. Sprawdzanie liczników podczas legalizacji lub oceny zgodności obejmuje:

- sprawdzenie rozruchu licznika,
- sprawdzenie biegu jałowego licznika,
- sprawdzenie przekładni (stałej) licznika,
- sprawdzenie dokładności wskazań licznika.

Sprawdzenia dokładności wskazań licznika można wykonać metodą licznika kontrolnego lub metodą mocy i czasu. W praktyce, metoda mocy i czasu nie jest stosowana przy licznikach prądu przemiennego, gdyż są dostępne bardzo dokładne liczniki kontrolne klasy 0,01; 0,02, 0,05 i 0,1.

Metoda licznika kontrolnego polega na zliczaniu liczby impulsów licznika kontrolnego, odpowiadającej N impulsom (obrotom tarczy) licznika badanego, i porównaniu jej ze zmierzoną liczbą impulsów licznika kontrolnego. Błąd wskazania należy obliczyć według wzoru

$$\delta = \frac{N_{kn} - N_k}{N_k} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: N_k – zmierzona liczba impulsów licznika kontrolnego, a N_{kn} – liczba impulsów licznika kontrolnego, obliczona według wzoru

$$N_{kn} = \frac{C_k \cdot U_{wk} \cdot I_{wk}}{C_b \cdot U_b \cdot I_b} \cdot N \quad (2)$$

gdzie: N – wybrana liczba impulsów (obrotów tarczy) licznika badanego, C_k – wartość stałej licznika kontrolnego w obrotach na kilowatogodzinę lub w impulsach na kilowatogodzinę, U_{wk} – wartość napięcia na wejściu licznika kontrolnego w woltach, I_{wk} – wartość natężenia prądu na wejściu licznika kontrolnego w amperach, C_b – wartość stałej licznika badanego wyrażona w obrotach na kilowatogodzinę lub w impulsach na kilowatogodzinę, U_b – wartość napięcia na wejściu licznika badanego w woltach, I_b – wartość natężenia prądu na wejściu licznika badanego w amperach.

Wyznaczenia błędów dokonuje się za pomocą urządzeń spełniających wymagania normy PN-IEC 736:1998 [5]. Urządzenia do sprawdzania liczników podlegają okresowej kontroli metrologicznej – wzorcowaniu. Okręgowy Urząd Miar w Łodzi wykonuje wzorcowanie tych urządzeń wykorzystując komparator energii typ K2006 klasy 0,01 lub licznik kontrolny typ RD33 klasy 0,01. Wzorcowanie polega na podłączeniu do sprawdzanego urządzenia licznika kontrolnego i wykonaniu pomiarów błędów tego licznika. Niepewność pomiaru wyznaczana jest zgodnie z EA-4/02 [6, 7].

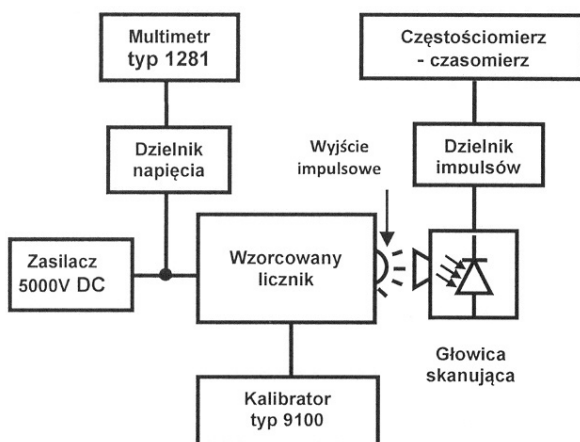
3. Liczniki prądu stałego

Obecnie w Polsce jest użytkowanych około 4,5 tysiąca pojazdów trakcyjnych, które mogłyby być wyposażone w liczniki prądu stałego. Aktualnie w Polsce nie ma przepisów normatywnych dotyczących kontroli metrologicznej liczników prądu stałego, dlatego jedyną formą sprawdzenia dokładności tych liczników jest wzorcowanie według procedur opracowanych przez laboratorium pomiarowe.

Liczniki produkowane w Polsce przez „Elester PKP” typu LE3000 plus pierwotnie nie posiadały wyjścia impulsowego z określoną „stałą licznika”. Jedynym możliwym sposobem sprawdzenia błędów wskazań takiego licznika była metoda „obserwacji” zmiany w czasie wskazań zużytej energii. Wzorcowanie tą metodą byłoby jednak bardzo czasochłonne i niedokładne. Konsultacje jakie przeprowadzono we wrześniu 2009 r. z konstruktorami tych liczników doprowadziły do wyposażenia ich w wyjście impulsowe dla energii pobieranej jak i energii oddawanej w wyniku rekuperacji. Została również dobrana stała licznika która wynosi $c = 10 \text{ imp/kWh}$.

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi na bazie posiadanego stanowiska do wzorcowania liczników prądu przemiennego skonstruował stanowisko do wzorcowania liczników prądu stałego. W związku z brakiem kontrolnych liczników prądu stałego jedyną możliwą metodą jest metoda mocy i czasu.

W skład stanowiska wchodzi: stabilizowany zasilacz DC 5 kV, dzielnik napięcia, precyzyjny woltmierz cyfrowy, kalibrator napięcia stałego, dzielnik impulsów, głowica skanująca oraz częstotściomierz-czasomierz cyfrowy. Schemat blokowy układu przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Schemat blokowy układu do wzorcowania liczników prądu stałego

Przy wzorcowaniu liczników, kiedy dokonywany jest pomiar czasu określonej liczby impulsów, do obliczenia wartości poprawnej tego czasu należy posłużyć się zależnością:

$$t_p = \frac{3600000}{c_b} \cdot \frac{N}{U_p \cdot I_p} \quad (3)$$

gdzie: t_p – poprawny czas N impulsów, c_b – stała badanego licznika, U_p – poprawna wartość napięcia, I_p – poprawna wartość natężenia prądu. Następnie błąd licznika prądu stałego w danym punkcie pomiarowym δ_x obliczamy stosując zależność

$$\delta_x = \frac{t_p - t_x}{t_x} \cdot 100\% \quad (4)$$

gdzie: t_x – zmierzony czas N impulsów.

Spójność pomiarowa zachowana jest przez przeniesienie wskazań przyrządów pomiarowych zastosowanych w stanowisku do państwowych wzorców rezystancji, napięcia stałego oraz czasu i częstotliwości poprzez nieprzerwany łańcuch porównań.

Niepewność pomiarów wykonanych na tym stanowisku uzależniona jest w głównej mierze od dokładności użytej aparatury pomiarowej. Dokładność pomiaru napięcia stałego w sieci przy wykorzystywaniu multimetru i dzielnika napięcia wynosi około 0,01 %. Zastosowanie kalibratora jako symulatora spadku napięcia na zewnętrznym boczniku prądowym, z uwagi na jego pracę przy wysokim potencjale 3,3 kV, wymaga zasilania tego kalibratora z separowanej sieci wykorzystując np. UPS. Uzyskana dokładność symulacji toru prądowego wynosi ok. 0,01 %. Pomiar czasu impulsowania w układzie częstotlicznik-zasomierz, głowica skanująca i dzielnik impulsów realizowany jest z dokładnością ok. 1 ms. Ze względu na to, minimalny czas pomiaru impulsów powinien wynosić nie mniej niż 20 sekund. Przy powtarzalności pomiarów całkowita niepewność pomiaru na przedstawionym stanowisku wynosi ok. 0,02 %.

Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 27 grudnia 2007 r. w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli (Dz. U. Nr 3, poz. 13).
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 7 stycznia 2008 r. w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego oraz szczególnego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 11, poz. 63).
- [3] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2004/22/WE z dnia 31 marca 2004r. w sprawie przyrządów pomiarowych (Dz. Urz. UE L 2004 nr 135 str. 1, Dz. Urz. UE Polskie wydanie specjalne, roz. 13, t. 34, str. 149).
- [4] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 grudnia 2006 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla przyrządów pomiarowych (Dz. U. Nr 3 z dnia 10 stycznia 2007 r., poz. 27).
- [5] PN-IEC 736:1998 Urządzenia do sprawdzania liczników energii elektrycznej.
- [6] EA-4/02. *Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu*. Główny Urząd Miar, Warszawa 2001.
- [7] *Wyrażanie niepewności pomiaru. Przewodnik*. Główny Urząd Miar, Warszawa 1999.