

Andrzej OLENCKI

UNIwersytet Zielonogórski Instytut Informatyki i Elektroniki, ul. Licealna 9, 65-417 Zielona Góra

Testowanie cęgowych liczników kontrolnych

Dr hab. inż. Andrzej OLENCKI, prof. UZ

Projektant urządzeń elektronicznych w zakładach Lumel 1977-89, Inmel 1989-90 i Calmet od 1990. Studia (Bydgoszcz, Charków 1972-77, doktorat (Wrocław 1984-86), habilitacja (Kijów 1989-91). Od 1991 profesor Instytutu Informatyki i Elektroniki. Zainteresowania to elektronika i projektowanie urządzeń elektronicznych – kalibratory napięć, prądów i mocy, mierniki parametrów sieci i jakości energii, testery liczników energii i zabezpieczeń.

e-mail: A.Olencki@iie.uz.zgora.pl



Streszczenie

Omówiono przenośne cęgowe testery liczników energii, które są stosowane do bezinwazyjnego testowania liczników energii podłączonych do sieci energetycznej. Przedstawiono układ do sprawdzania dokładności tych testerów i niepewność spowodowaną interakcją miernik cęgowy/cewka. Zaproponowano definicję niepewności interakcji. Przedstawiono rezultaty pomiarów z użyciem cewki ZW100/10A – niepewność interakcji wynosi około 0,1% i zmienia się o około 0,06% w zależności od położenia cęgów. Opracowano wytyczne dla potrzeb wzorcowania i eksploatacji cęgowych testerów.

Słowa kluczowe: mierniki cęgowe, testery liczników energii, wzorcowanie, cewka prądowa.

Calibration of energy meter testers with current clamps

Abstract

This article presents a portable of energy meter testers with current clamps, which are used to non-invasive testing of energy meters (Fig.1a) connected to the power network or instrument current transformers (Fig.1b). System for accuracy testing of such testers and uncertainty due to clamp meter/coil interaction are discussed in section 2. There is presented definition of this uncertainty of interaction (5) and results of measurements with using ZW100/10A coil (section 3). Uncertainty of interaction of this coil is equal near 0,1%. That is better result relatively to uncertainty of known coils [7,8] twice. Position sensitivity defined as change of uncertainty of interaction caused change of position of coil (or current cable) according to clamps is equal near 0,06%. Processed directions for calibration and exploitations of energy meter testers with clamps are placed in conclusions this paper. Calibration of high accuracy 0,2% energy meter testers with current clamps up to 100A should be made with only using current calibrators, for example three phase power calibrator model C300, accuracy class 0,05%, without using coils.

Keywords: clamps meter, energy meter testers, calibration, current coil.

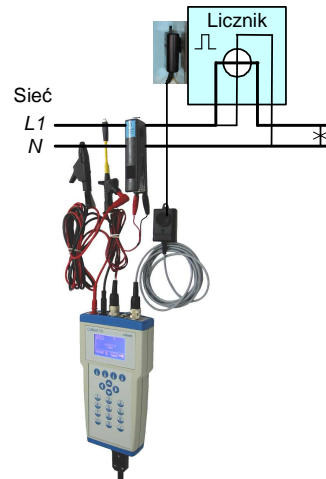
1. Cęgowe liczniki kontrolne

Do sprawdzania dokładności liczników energii elektrycznej u użytkownika, bez potrzeby odłączania sprawdzanego licznika od sieci, są stosowane liczniki kontrolne, które oprócz funkcji automatycznego obliczania błędu sprawdzanego licznika, umożliwiają weryfikację poprawności połączeń sieci i pomiar parametrów sieci. Przykładami takich krajowych liczników kontrolnych są analizatory Anot-10 firmy Energopomiar [1] i Calport 100 firmy Calmet [2]. Dla rozszerzenia zakresu pomiaru prądów są stosowane cęgi prądowe z zakresami 100 A, 1000 A i cęgi elastyczne do 3000 A, co umożliwia bezinwazyjne testowanie obwodów bezpośrednich i półpośrednich. Bezinwazyjność jest tu rozumiana jako brak konieczności rozłączania obwodu prądowego licznika. Bezinwazyjne włączenie licznika kontrolnego jest szczególnie istotne przy sprawdzaniu liczników bezpośrednich jednofazowych. W związku z tym wejście prądowe krajowego jednofazowego analizatora Caltest 10 [3], podobnie jak i analizatora CheckMeter 2.1 [4], jest wyłącznie wejściem cęgowym. Najbardziej zaawansowa-

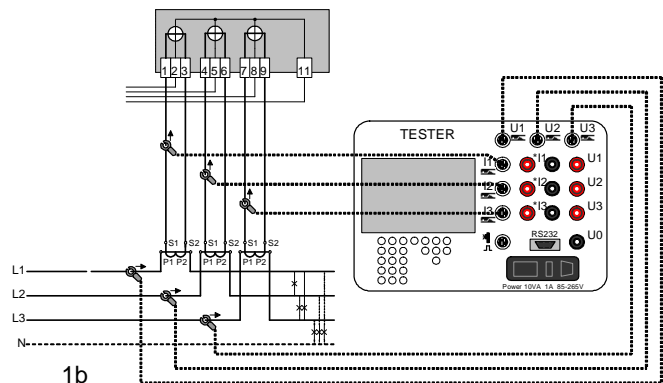
ne analizatory realizują już funkcje trzech urządzeń: testera liczników, testera przekładników i analizatora jakości energii – do realizacji tych funkcji wyposażane są w szeroki asortyment cęgów prądowych – przykładem takiego krajowego analizatora jest Caltest 300 [5]. Podane przykładowe analizatory nazwano cęgowymi licznikami kontrolnymi.

Bezinwazyjne testowanie obwodów bezpośrednich przedstawiono na przykładzie testowania jednofazowego licznika energii (rys.1a), gdzie cęgowy licznik kontrolny jest wyposażony w miniaturowe cęgi prądowe z zakresem 100 A. W przypadku testowania przekładnika prądu, cęgi takie są zapinane na wtórny obwód przekładnika (rys.1b), natomiast na pierwotny obwód przekładnika są zapinane cęgi 1000 A lub elastyczne 30/300/3000 A.

Testowanie cęgowych liczników kontrolnych ma na celu sprawdzenie, czy parametry licznika kontrolnego są zgodne ze specyfikacją – np. czy nie są przekroczone dopuszczalne wartości błędów.



1a



1b

Rys. 1. Bezinwazyjne testowanie licznika jednofazowego (1a) i trójfazowego przekładnika prądu (1b)

Fig. 1. Noninvasive testing of single phase meter (1a) and three phase current transformer (1b)

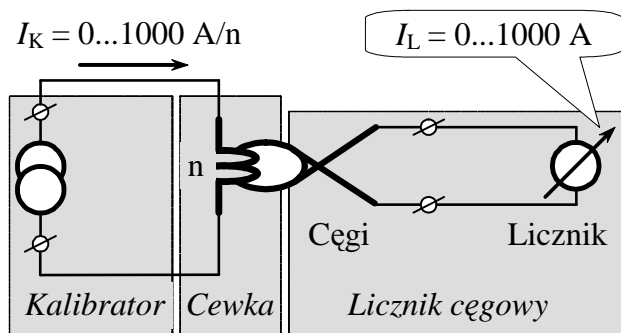
2. Sprawdzanie błędów amplitudowych

Na rys.2 przedstawiono układ do sprawdzania błędów amplitudowych toru prądowego liczników cęgowych, złożony z kalibratora prądu i cewki (zwojnicy) o liczbie zwojów równej n . Wskazania badanego licznika I_L w zakresie 0...1000 A odpowiadają

nastawom prądu I_K kalibratora w zakresie $0 \dots 1000 \text{ A}/n$, ponieważ wymagany zakres nastaw kalibratora jest określony wzorem:

$$I_K = \frac{I_L}{n}, \quad (1)$$

W ten sposób możliwe jest sprawdzanie liczników cęgowych z zakresem prądu 1000 A przy stosowaniu kalibratora z zakresem 10 A i cewki o liczbie zwojów $n=100$, oczywiście pod warunkiem wystarczająco dużej obciążalności wyjścia kalibratora [6].



Rys. 2. Układ do sprawdzania liczników cęgowych

Fig. 2. System for testing of energy meters with clamps

Dla potrzeb budowy układu do sprawdzania mierników cęgowych (i liczników cęgowych) (rys.2) są oferowane cewki 5500A Fluke [7] i 16201 Ballantine [8], dla których jest specyfikowana niepewność spowodowana interakcją miernik cęgowy/cewka (ang. Uncertainty Due to Clamp Meter/Coil Interaction) U_{INT} , w skrócie niepewność interakcji. Niepewność sprawdzania licznika w układzie przedstawionym na rys.2 dana jest wzorem [7]:

$$U = \sqrt{U_{INT}^2 + U_{KAL}^2}, \quad (2)$$

gdzie: U_{INT} jest niepewnością interakcji a U_{KAL} jest niepewnością efektywnego prądu kalibratora w cewce (ang. Uncertainty of effective calibrator current in the coil bundle). Niepewność interakcji wyrażana jest jako absolutna niepewność rozszerzona przy poziomie ufności 99%, w ciągu jednego roku i w zakresie temperatur $\pm 5^\circ\text{C}$ względem temperatury odniesienia, a jej składowa addytywna jest wyrażona w jednostkach efektywnego prądu w cewce. Niepewność efektywnego prądu kalibratora jest sumą składowej multiplikatywnej niepewności kalibratora i iloczynu składowej addytywniej niepewności kalibratora pomnożonej przez liczbę zwojów cewki.

Dla ilustracji podano przykład liczenia niepewności U według wzoru (2), przy sprawdzaniu licznika cęgowego w układzie przedstawionym na rys.2, z zastosowaniem kalibratora 5500A Fluke o specyfikacji rocznej $\pm(0,06\% \text{ nastawy} + 2 \text{ mA})$ i krajowego C101F Calmet $\pm(0,075\% \text{ nastawy} + 1,5 \text{ mA})$ przy nastawie prądu kalibratora równej 4A i częstotliwości równej 60Hz oraz stosowaniu cewki 5500A/Coil o liczbie zwojów $n=50$:

- wartość efektywnego prądu kalibratora w cewce jest równa $I_{eff} = I_K \cdot n = 4 \text{ A} \cdot 50 = 200 \text{ A}$,
- niepewność interakcji cewki jest równa $U_{INT} = (0,25\% + 0,05 \text{ A}/200 \text{ A}) = 0,275\%$,
- niepewność efektywnego prądu kalibratora 5500A jest równa $U_{KAL5500A} = (0,06\% + 2 \text{ mA} \cdot 50/200 \text{ A}) = 0,110\%$,
- niepewność efektywnego prądu kalibratora C101F jest równa $U_{KALC101F} = (0,075\% + 1,5 \text{ mA} \cdot 50/200 \text{ A}) = 0,113\%$,
- niepewność sprawdzenia licznika jest równa $U_{5500A} = \sqrt{0,275\% ^2 + 0,110\% ^2} = 0,296\%$

przy stosowaniu kalibratora 5500A i

$$U_{C101F} = \sqrt{0,275\% ^2 + 0,113\% ^2} = 0,297\% \quad (4)$$

przy stosowaniu kalibratora C101F.

Z prezentowanych równań (3) i (4) wynika, że o niepewności wzorcowania i sprawdzania liczników cęgowych decyduje niepewność interakcji.

3. Niepewność interakcji miernika cęgowego i cewki

W literaturze nie znaleziono definicji niepewności interakcji. Ponieważ wartość niepewności interakcji znanych cewek jest większa od klasy dokładności najdokładniejszych cęgowych liczników kontrolnych klasy 0,2, zbadano niepewność interakcji krajowej cewki ZW100/10A [9] o liczbie zwojów $n=100$ i prądzie znamionowym 10 A i przedstawionej na rys.3a.



3a



3b

Rys. 3. Położenie cęgów 1000 A względem cewki ZW100/10A (3a) i przewodu z prądem (3b)

Fig. 3. Position of the 1000 A Current Clamp reference to ZW100/10A Current Coil (3a), and current cable positions (3b)

Przyjęto następującą postać analityczną niepewności interakcji:

$$U_{INT} = I_n - I_1 \quad (5)$$

gdzie:

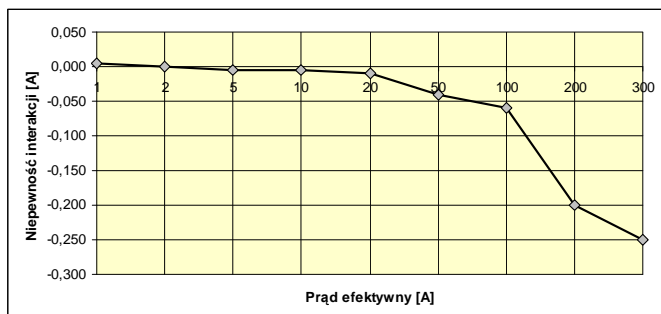
I_n jest wynikiem pomiaru prądu I_{eff} z zastosowaniem cewki o liczbie zwojów n i w położeniu cęgów względem cewki jak przedstawiono na rys.3a,

I_1 jest wynikiem pomiaru prądu I_{eff} z zastosowaniem pojedynczego przewodu z prądem zamiast cewki i położonego w środku szczęk cęgów (położenie 1), jak przedstawiono na rys.3b,

I_{eff} jest efektywnym prądem w cewce lub pojedynczym przewodzie.

Niepewność interakcji cewki ZW100/10A w funkcji efektywnego prądu przedstawiono na rys.4, z którego wynika, że dopuszczalne wartości niepewności interakcji mogą być określone zależnością $U_{INT} = (0,1\% \text{ wartości efektywnego prądu} + 0,005 \text{ A})$. Obrót cęgów o 90° względem położenia pokazanego na rys.3a, przy pomiarze prądu I_n zwiększa niepewność interakcji o 0,06%. Zmiana położenia pojedynczego przewodu (rys.3b) przy pomiarze

prądu I_1 zwiększa niepewność interakcji o 0,06% dla zmiany położenia z 1 na położenia oznaczone jako 3 i 5 oraz zmniejsza niepewność interakcji o 0,06% dla zmiany położenia z 1 na oznaczone jako 2 i 4.



Rys. 4. Niepewność interakcji dla cewki ZW100/10A

Fig. 4. Uncertainty Due to Clamp Meter/Coil Interaction curve for ZW100/10A Current Coil

4. Wnioski

Cęgowe liczniki kontrolne dla potrzeb bezinwazyjnego testowania liczników energii podłączonych do sieci są produkowane w coraz wyższych klasach dokładności specyfikowanych w szerokim zakresie prądów. Przy adiustacji, wzorcowaniu i sprawdzaniu cęgowych liczników z zastosowaniem cewek należy uwzględnić niepewność interakcji cęgow licznika z cewką. Niepewność interakcji krajowej cewki ZW100/10A jest około dwukrotnie mniejsza w porównaniu z niepewnością znanych cewek i wynosi około 0,1%.

Liczniki cęgowe najwyższych klas dokładności, 0,2%, dla zakresu 100 A powinny być wzorcowane bez stosowania cewek a

jedynie z zastosowaniem kalibratora prądu o odpowiednio szerokim zakresie prądów – wymagania te spełnia krajowy trójfazowy kalibrator mocy typu C300 klasy 0,05%.

Przewód prowadzący prąd powinien być umieszczony w środkowej części pola wyznaczonego szczękami cęgów – do zasady tej powinni stosować się zarówno pracownicy laboratoriów podczas wzorcowania jak i pracownicy służb pomiarowych w trakcie wykonywania pomiarów w obiektach energetycznych. Zaniechanie stosowania tej zasady skutkuje dodatkowo niepewnością 0,06% od wzorcowania plus 0,06% od pomiaru.

5. Literatura

- [1] Analizator obwodów trójfazowych typ ANOT-10, www.elektryka.com.pl.
- [2] Analizator parametrów sieci energetycznej i tester liczników energii Calport 100A, www.calmet.com.pl.
- [3] Tester liczników energii i miernik parametrów sieci energetycznej Caltest 10, www.calmet.com.pl.
- [4] CheckMeter 2.1 Single-phase Portable Working Standard for Testing of Electricity Meters, MTE Meter Test Equipment, Switzerland, Edition 01.2009.
- [5] Trójfazowy analizator sieci i tester liczników energii Caltest 300, www.calmet.com.pl.
- [6] Olencki A.: Sprawdzenie mierników cęgowych z zastosowaniem kalibratora prądu. Przegląd Elektrotechniczny nr 6, 2003, s.423-426.
- [7] Model 5500A/Coil 50-Turn Current Coil, Instruction Sheet, Fluke, August 1995, REv.8, 1/09.
- [8] Model 166201 5/10 Turn Current Coil, Ballantine Laboratories, www.ballantinelabs.com.
- [9] Zwojnica (cewka) ZW100/10A, katalog, www.calmet.com.pl.

otrzymano / received: 00.00.0000

przyjęto do druku / accepted: 00.00.0000

artykuł recenzowany