

doi:10.15199/48.2016.12.57

Porównanie dwóch metod pomiaru mocy strat własnych licznika energii elektrycznej

Streszczenie. W artykule zaprezentowano porównanie dwóch metod pomiaru mocy strat własnych liczników energii elektrycznej. Jedną z porównywanych metod jest metoda bezpośredniego pomiaru mocy za pomocą zmodernizowanego licznika wzorcowego typu RD-22 opracowana i stosowana w Głównym Urzędzie Miar. Drugą metodą jest metoda opracowana w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej. Obiektami pomiarów były zarówno klasyczne liczniki indukcyjne jak i liczniki statyczne bez modemów komunikacyjnych.

Abstract. The article presents the comparison of two methods of measuring losses power of their own energy meters. One of the compared method is a method direct measurement power by the modernized standard meter model RD-22, developed and used in the Central Office of Measures. The second method is a method developed by the laboratory in the Institute of Metrology, Electronics and Automation Silesian University of Technology. The objects for power measurement of the own losses were classic electromechanical energy meters and the static energy meters without communication modems. (**Comparison of methods of testing of power losses of electricity meters**).

Słowa kluczowe: prąd AC, moc i energia prądu AC, licznik energii elektrycznej prądu AC

Keywords: AC current, AC power and energy, AC electricity meter

Wstęp

Każdy licznik do pomiaru energii elektrycznej, tak jak każde urządzenie elektroniczne dla swojego poprawnego działania pobiera pewną moc własną, tak zwaną moc strat własnych nazywaną również mocą konsumpcyjną licznika. Pomiar mocy strat własnych pobieranej przez obwody prądowe i obwody napięciowe licznika, jest jednym z pomiarów wykonywanych podczas badań liczników energii elektrycznej do oceny na zgodność z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych (Dz. Urz. UE L 96 z dnia 29.03.2014 r.) [1]. Właściwe normy zharmonizowane z tą dyrektywą [2], określają wymagania na wartość mocy maksymalnej pobieranej przez obwody prądowe i obwody napięciowe licznika. Biorąc pod uwagę ogromną ilość liczników stosowanych w gospodarstwach domowych, problem związany z mocą pobieraną przez licznik ma duże znaczenie. Przy tak dużej populacji liczników staje się to istotne ekonomicznie. Szczególne znaczenie ma to obecnie, kiedy wszystkie liczniki mierzące pobieraną energię zostaną wymienione na tak zwane liczniki inteligentne.

Zaletą nowoczesnych liczników elektronicznych jest ich stosunkowo mały błąd (względny) i niepewność pomiaru. Zapewniają one większą dokładność pomiarów energii. Inną bardzo ważną cechą liczników elektronicznych nowej generacji jest ich bardzo mały prąd startowy I_{st} , tak zwany prąd rozruchu oraz prąd minimalny I_{min} . Istotną zaletą tych liczników jest również mała moc strat własnych. W związku z wprowadzaniem do użytkowania nowoczesnych liczników do pomiaru energii elektrycznej, w pracowni pomiaru mocy i energii Zakładu Elektrycznego Głównego Urzędu Miar podjęto starania opracowania dokładniejszej od dotychczasowej, metody pomiaru mocy strat własnych liczników energii elektrycznej.

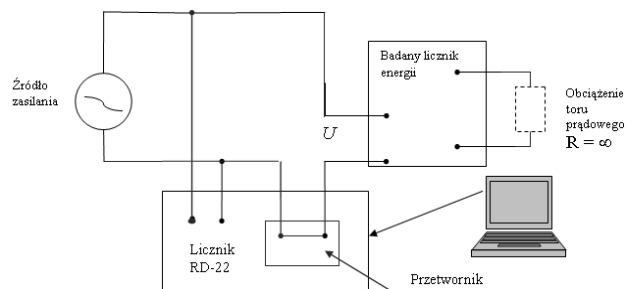
Pomiar mocy strat własnych licznika energii elektrycznej

Producenci liczników starają się, aby prąd startowy licznika był minimalny, a moc strat własnych była możliwie jak najmniejsza. Parametry te są nobiletującymi czynnikami marketingowymi ułatwiającymi konkurencyjność w przetargach. Wymagania na te parametry są określone w przepisach metrologicznych oraz normach. Moc strat własnych obecnie produkowanych liczników

elektronicznych jest rzędu 1 W a często i mniejsza i wynosi zaledwie 0,1 W. Pomiar tak małych mocy w Głównym Urzędzie Miar stał się możliwy dopiero po modernizacji wzorcowego licznika typu RD-22 firmy Radian, polegającej na rozszerzeniu jego zakresu pomiarowego o pomiar małych prądów. Rozszerzenie zakresu zrealizowano poprzez nawinięcie 200 dodatkowych zwojów na prądowym przetworniku pomiarowym zmodernizowanego licznika, który jest prądowym przekładnikiem pomiarowym licznika RD-22. Jest on kompensowany elektronicznie. Nawinięte dodatkowe zwoje stanowią oddzielne uzwojenie pierwotne przekładnika. Licznik RD-22 mierzy wielkości elektryczne, takie jak wartość skuteczna napięcia i prądu oraz wartość kąta przesunięcia fazowego i częstotliwość w sposób symultaniczny (jednoczesny). Licznik ma szereg innych funkcji pomiarowych, między innymi pomiar wybranych parametrów przebiegów odkształconych, w tym współczynnika THD. Modernizacja umożliwia pomiar małych mocy i energii dla prądu od 1 mA. Wcześniejszy zakres pomiarowy prądu omawianego licznika, określony przez jego producenta zawierał się w przedziale od 0,2 A do 125 A, z niedokładnością pomiaru $\pm 0,01\%$ [3]. Modernizacja zapewnia dla rozszerzonego zakresu ten sam poziom dokładności, jaki deklarowany jest dla pierwotnego zakresu tego licznika.

Układy pomiarowe stosowane do porównania metod

Jedną z porównywanych metod jest metoda opracowana w Głównym Urzędzie Miar. Jest to metoda bezpośredniego pomiaru mocy. W metodzie tej został wykorzystany licznik wzorcowy RD-22. Jego modernizacja opisana jak powyżej, umożliwiła zastosowanie go do pomiaru bardzo małych mocy i energii elektrycznej. Układ pomiarowy tej metody przedstawiony jest na rysunku 1.



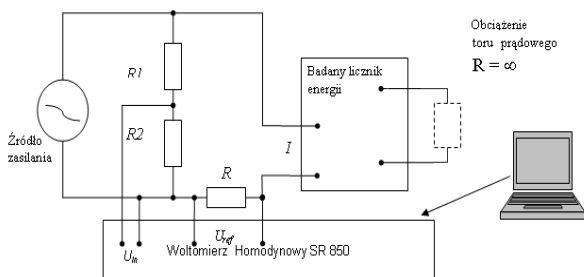
Rys. 1 Układ pomiarowy z licznikiem RD-22

Drugą z porównywanych metod jest metoda opracowana w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Opracowano tam układ pomiarowy z wykorzystaniem woltomierza homodynamicznego typu SR 850.

Metoda ta polega na pomiarze składowych prądów wejściowych liczników dołączanych do sieci bez obciążenia. W oparciu o uzyskane wyniki pomiarów obliczono moc czynną, bierną i pozorną strat własnych liczników. Metoda ta oraz układy pomiarowe zostały zaprezentowane w artykule [4]. W pierwotnym założeniu porównanie obydwóch metod zamierzano wykonać w pracowni Instytutu Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach.

Jednak w ostatnim czasie w Głównym Urzędzie Miar zakupiony został woltomierz homodynamiczny (LIA) typu SR 850 i porównanie tych metod stało się możliwe w pracowni pomiaru mocy i energii GUM. Układ pomiarowy drugiej z porównywanych metod jest analogiczny do układu jaki został zastosowany w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki w Gliwicach.

Układ pomiarowy tej metody przedstawiony jest na rys. 2.



Rys. 2 Układ pomiarowy z woltomierzem homodynamicznym

Układ pomiarowy z woltomierzem homodynamicznym jest bardziej złożony. Układ ten oprócz wspomnianego woltomierza homodynamicznego, zawiera dzielnik napięciowy oraz bocznik prądowy. Elementy te mają bardzo duży wpływ na wyniki pomiarów. Dlatego też wymagane jest aby elementy te charakteryzowały się bardzo stabilnymi charakterystykami temperaturowymi. Szczególnie ma to istotne znaczenie dla bocznika prądowego. Zarówno dzielnik napięciowy jak i bocznik prądowy, powinny być dobrane pod względem stabilności swoich parametrów zależnych od wpływów temperaturowych. Przed przystąpieniem do pomiarów, parametry metrologiczne tych elementów powinny być znane i wcześniej wyznaczone. Wartość rezystancji bocznika powinna być monitorowana podczas wykonywania pomiarów, a w szczególności w przypadku kiedy wykonywana jest duża liczba pomiarów przez dłuższy okres czasu. Z dzielnika napięciowego utworzonego przez rezystory R_1 i R_2 , który włączony jest w tor napięciowy zasilania badanego licznika, pobierany jest sygnał odniesienia U_{ref} dla woltomierza homodynamicznego. Natomiast bocznik R spełniający rolę przetwornika prąd/napięcie włączony jest w tor prądowy badanego licznika. Na nim mierzone są składowe napięcia (czynna i bierna). Mierzone sygnały które są równe spadkowi napięcia na tym boczniku, na schemacie układu oznaczone jako sygnał U_{in} . Mając równocześnie sygnał odniesienia U_{ref} można sygnał mierzony U_{in} przedstawić w postaci zespolonej Re i Im lub biegunowej R i φ [5].

Ta ostatnia właściwość woltomierza homodynamicznego została wykorzystana do pomiaru przesunięcia fazowego pomiędzy prądem i napięciem w układzie do pomiarów mocy czynnej i biernej przedstawionym na rysunku 2. W przedstawionym układzie pomiarowym został zastosowany

bocznik prądowy firmy Tettex Instruments o rezystancji $0,1 \Omega$. Istotne jest dla obydwóch układów pomiarowych, aby obciążenie toru prądowego badanego licznika było nieskończenie duże co oznacza, że obwód prądowy powinien być rozwarty. Nieobciążanie obwodu prądowego licznika w trakcie pomiarów poprzez jego rozwarcie zapewnia, że zmierzone w trakcie badań moce wynikają jedynie ze strat własnych liczników.

Wyniki pomiarów

W celu porównania obu metod, pomiary mocy strat wykonano dla jednego egzemplarza licznika statycznego (elektronicznego) i jednego indukcyjnego (mechanicznego). Pomiary wykonano dla liczników jednofazowych.

Jak już zostało wspomniane, metoda z woltomierzem homodynamicznym jest bardziej złożona od metody z licznikiem RD-22, która została opracowana w Głównym Urzędzie Miar, ze względu na złożoność stosowanego układu pomiarowego. W metodzie w której zastosowano układ z licznikiem RD-22, pomiar wielkości mocy strat był zrealizowany w wyniku bezpośredniego jej pomiaru, a jej wartość odczytywano bezpośrednio ze wskaźnika licznika RD-22. Natomiast pomiary mocy strat badanego licznika w przypadku metody z woltomierzem homodynamicznym polegały na pomiarze i rejestracji składowej czynnej i biernej prądów wejściowych licznika. Wartości mocy strat własnych uzyskiwano dopiero w wyniku przeprowadzonych obliczeń na podstawie uzyskanych pomiarów składowych prądów wejściowych.

W celu sprawdzenia i potwierdzenia powtarzalności otrzymywanych wyników, wykonano kilkanaście serii pomiarowych w różnym okresie czasu

W artykule zaprezentowane zostały wyniki jako średnie ze wszystkich serii. Wyniki pomiarów uzyskane przy pomocy obu metod są bardzo zbliżone i różnią się nieznacznie. Błędy względne pomiarów są rzędu kilku mW dla mocy czynnej i kilkudziesięciu mVA dla mocy pozornej.

Przedstawione wyniki pomiarów uwzględniają moc czynną i moc pozorną i zostały wyznaczone dla podstawowej harmonicznej mierzonego prądu. Analizując uzyskane wyniki badań można zauważyć, że moc strat własnych licznika elektronicznego jest około dwa razy mniejsza niż moc strat licznika indukcyjnego. Wartości mocy strat własnych jakie zostały zarejestrowane w trakcie badań są wartościami typowymi jakie zostały określone w przepisach prawnych oraz normach właściwych dla tego typu liczników. Uzyskane wyniki uzasadniają również cel ekonomiczny wymiany klasycznych liczników indukcyjnych na liczniki elektroniczne. Uzyskane wyniki są prezentowane w artykule w tabeli 1 oraz tabeli 2. W tabelach zawarto jedynie wybrane wyniki pomiarów, ale są one reprezentatywne dla badanych liczników.

Tabela 1 Wyniki dla licznika indukcyjnego

	Licznik indukcyjny	
	P (W)	S (VA)
Za pomocą licznika RD-22	0,7493	3,0989
Za pomocą LIA	0,7502	3,1150
Δ błąd względny	-0,0009	-0,0161

Tabela 2 Wyniki dla licznika statycznego

	Licznik statyczny	
	P (W)	S (VA)
Za pomocą licznika RD-22	0,3775	0,4477
Za pomocą LIA	0,3699	0,4283
Δ błąd względny	0,0076	0,0194

Zakończone

Celem porównania obu metod było potwierdzenie adekwatności (równoważności) ich stosowania.

Porównanie nie miało charakteru wzorcowania. Porównanie metod nie miało również na celu wskazania, która z nich jest lepsza i dokładniejsza. Potwierdzono, że za pomocą zmodernizowanego licznika RD-22, można mierzyć bardzo małe moce, w tym moc strat własnych liczników do pomiaru energii z dużą dokładnością. Jednak z uwagi na fakt, że wzorcowy licznik RD-22 jest dla wielkości jednostki miary mocy i energii wzorcem odniesienia, stosowanie go do pomiarów mocy strat licznika podczas badań do oceny zgodności z Dyrektywą Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych (Dz. Urz. UE L 96 z dnia 29.03.2014 r.) [1], jest niecelowe i nieracjonalne.

Do celów weryfikacji wartości mocy strat własnych badanego licznika, może być stosowana metoda pomiaru z wykorzystaniem woltomierza homodynamicznego, która zapewnia uzyskanie wyników pomiaru mocy z równie dużą dokładnością. Duża powtarzalność oraz dokładność uzyskanych wyników pomiaru mocy pozwalają stwierdzić, że obie metody pomiarowe mogą mieć również zastosowanie do pomiaru mocy strat własnych nazywaną mocą konsumpcyjną urządzeń oraz odbiorników elektrycznych i elektronicznych o bardzo małych poborach mocy, tak zwane układy Stand-by. Wartości dopuszczalne mocy strat własnej dla poszczególnych urządzeń i odbiorników powszechnego użytkowania określone są we właściwych normach. Istnieje zatem potrzeba dokładnych pomiarów mocy strat własnych przed wprowadzeniem ich na rynek w celu niedopuszczenia do obrotu urządzeń o nadmiernej i niedopuszczalnej wartości mocy strat własnych. W ostatnim czasie odbiorniki takie są coraz bardziej powszechnie stosowane a ich wolumen i zakres ich stosowania nieustannie wzrasta. Z uwagi na ich powszechność i ilość będącą w użytkowaniu, pomiary mocy strat własnych urządzeń wprowadzanych na rynek, pośrednio przyczynić się mogą do oszczędności energii, która jest coraz bardziej deficytowym towarem na rynku. Obie opracowane metody mogą znaleźć szerokie i

praktyczne zastosowanie w tym zakresie. Poprawienie dokładności pomiaru mocy w metodzie z woltomierzem homodynamicznym oraz bocznikiem prądowym można będzie uzyskać w przyszłości przez zastosowanie bocznika o lepszych parametrach metrologicznych.

Przeprowadzone porównanie obu metod i uzyskane w trakcie porównania wyniki potwierdziły równoważność ich stosowania. Porównanie tych metod wykazało również, że mogą one być wykorzystane do wzajemnej walidacji i potwierdzenia jakości uzyskanych wyników.

*Jerzy Szutkowski, Laboratorium Wielkości Elektrycznych Małej Częstotliwości, Zakład Elektryczny, Główny Urząd Miar
ul. Elektoralna 2, 00-139 Warszawa
tel. 22 581 93 04
email: j.szutkowski@gum.gov.pl*

LITERATURA

- [1] *Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/32/UE z dnia 26 lutego 2014 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do udostępniania na rynku przyrządów pomiarowych (Dz. Urz. UE L 96 z dnia 29.03.2014 r.)*
- [2] Normy zharmonizowane:
PN-EN 50470-1:2008 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego)
Część 1: Wymagania ogólne, badania i warunki badań - Urządzenia do pomiarów (klas A, B i C).
PN-EN 50470-2:2008 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego)
Część 2: Wymagania szczegółowe – Liczniki elektromechaniczne energii czynnej (klas A i B)
PN-EN 50470-3:2009 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego)
Część 3: Wymagania szczegółowe – Liczniki statyczne energii czynnej (klas A, B i C)
- [3] RD-22 Primary Transfer Standard – Operations Manual
- [4] Piaskowy A., Skórkowski A., Skubis T.: Pomiary mocy strat własnych wybranych liczników energii elektrycznej stosowanych w systemach SMART GRID. *Pomiary Automatyka Kontrola* vol. 59, nr 6, str. 532-536, 2013
- [5] Sadkowi G., Szutkowski J.: Zastosowanie Woltomierza Homodynamicznego w Pomiarach Mocy AC, *Materiały XLVII Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów, Zielona Góra/Łagów 2015*