

Anna PIASKOWY, Artur SKÓRKOWSKI, Tadeusz SKUBIS
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, INSTYTUT METROLOGII, ELEKTRONIKI I AUTOMATYKI
ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice

Pomiary mocy strat własnych wybranych liczników energii elektrycznej stosowanych w systemach SMART GRID

Dr inż. Anna PIASKOWY

Ukończyła studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w 2006 roku. W 2012 roku obroniła z wyróżnieniem pracę doktorską uzyskując tytuł doktora nauk technicznych z dyscypliny Elektrotechnika. Obecnie pracuje jako adiunkt w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki Politechniki Śląskiej. Jej zainteresowania naukowe dotyczą precyzyjnych pomiarów wielkości fizycznych, oraz systemów pomiarowych.



e-mail: anna.piaskowy@polsl.pl

Dr inż. Artur SKÓRKOWSKI

Studia ukończył na Wydziale Elektrycznym Politechniki Częstochowskiej w 1995 roku. W 2004 roku obronił pracę doktorską uzyskując tytuł doktora nauk technicznych w dyscyplinie Elektrotechnika. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta w Instytucie Metrologii, Elektroniki i Automatyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej. Główne kierunki działalności naukowo-badawczej to: obróbka danych pomiarowych, systemy pomiarowe, interfejsy bezprzewodowe, przyrządy wirtualne (oprogramowanie w środowisku LabVIEW).



e-mail: artur.skorkowski@polsl.pl

Prof. dr hab. inż. Tadeusz SKUBIS

Studia ukończył na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej w roku 1970. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał w roku 1975, stopień doktora habilitowanego w roku 1995 w dyscyplinie Elektrotechnika, a tytuł profesora w roku 2005. Specjalizuje się w podstawowych problemach metrologii, badaniach kompatybilności elektromagnetycznej, elektrycznych pomiarach dokładnych wielkości fizycznych, zwłaszcza składowych impedancji. Jest autorem ponad 150 prac naukowych, książek i patentów.



e-mail: tadeusz.skubis@polsl.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono informacje dotyczące inteligentnych sieci elektroenergetycznych oraz inteligentnych systemów pomiarowych ze szczególnym uwzględnieniem zalet wynikających z ich wdrażania oraz obaw powstających na etapie projektowania i wyboru podzespołów. Zasadniczą częścią pracy są badania strat własnych wybranych urządzeń pomiarowych stosowanych w systemach smart grid, co umożliwi ich ocenę i klasyfikację. Zaprezentowano oryginalne układy pomiarowe składowych prądów wejściowych liczników dołączanych do sieci bez obciążenia, co z kolei umożliwi obliczenie mocy czynnej, bierniej i pozornej strat własnych liczników. W pomiarach uwzględniono zarówno klasyczne indukcyjne liczniki energii jak i liczniki elektroniczne z różnymi modemami komunikacyjnymi.

Słowa kluczowe: liczniki energii elektrycznej, inteligentne sieci elektroenergetyczne, inteligentne systemy pomiarowe, moc strat własnych.

Measurements of running light power losses of electric energy meters used in SMART GRID systems

Abstract

Information on the smart grid and smart metering systems with particular emphasis on the benefits resulting from their implementation are shortly summarized in the Chapter 1. The essential part of the work are measurements of running light power loss of some chosen measuring devices, both 1-phase and 3-phase, used in smart grid systems, allowing for their assessment and classification. The essential idea of the measuring circuit consists in the measurement of real and imaginary components of small current consumed by the voltage circuit of the meter under test, while its current circuit is broken (Chap. 2). This is a normal condition of the energy meter connected to the power line, but without load. The current components to be measured are fixed in relation to the respective phase voltage. The measurements are easily and precisely performed by lock-in amplifier instrument (Figs. 2, 3). Original measuring circuits for input current components of meter voltage circuit under tests are presented. The measuring results allow to calculate the active, reactive, and apparent power losses in the meter voltage circuit. For the measurements and analysis both the common induction energy meters and modern electronic meters of various communication modems were taken into consideration (Tabs. 1, 2).

Keywords: energy meters, smart grid, smart metering, running light power losses.

1. Wstęp

Mianem „smart grid” określa się zmodernizowane sieci elektroenergetyczne, z zaimplementowanym systemem dwustronnej komunikacji cyfrowej między dostawcą a konsumentem oraz inteligentne systemy pomiarów i monitorowania różnych parametrów charakteryzujących przepływ energii. Nieodłączną częścią inteligentnych sieci są inteligentne systemy pomiarowe [1, 6, 7, 8].

Zapisy dotyczące zagadnienia wdrażania sieci inteligentnych można znaleźć w załączniku I.2 do dyrektywy w sprawie energii elektrycznej (2009/72/WE), który zobowiązuje państwa członkowskie do oceny wprowadzania inteligentnych systemów pomiarowych jako głównego etapu na drodze do wprowadzenia sieci inteligentnych [2]. Ponadto, w dyrektywie w sprawie efektywności końcowego wykorzystania energii i usług energetycznych (2006/32/WE) zwrócono uwagę na konieczność stosowania systemów pomiarowych, które dokładnie odzwierciedlają faktyczne zużycie energii przez odbiorcę końcowego oraz dostarczają informacji dotyczących czasu użytkowania [1].

Do korzyści płynących z zastosowania inteligentnych sieci elektroenergetycznych można zaliczyć między innymi [3]:

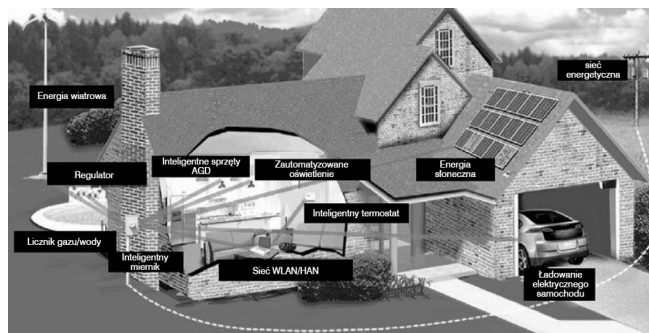
- możliwość wpływu na zachowania konsumentów, na przykład zachęcania ich do takich zachowań, które prowadzić będą do zmniejszenia zużycia energii oraz do niwelowania szczytów poboru mocy;
- możliwość lepszego zarządzania siecią, co wpłynie na większe bezpieczeństwo dostaw i tańszą eksploatację;
- możliwość łatwego zintegrowania wielu małych źródeł energii (szczególnie energii odnawialnej), co przyczyni się do zmniejszenia zużycia paliw kopalnych i emisji dwutlenku węgla;
- wzrost gospodarczy za sprawą powstania rynku, dzięki któremu rozwijać będą się mogły innowacyjne firmy (zwiększenie liczby miejsc pracy).

Rozważając korzyści płynące z wdrażania inteligentnych sieci należy także uwzględniać możliwe zagrożenia, do których można zaliczyć między innymi wysokie koszty inwestycji czy zagrożenie prywatności konsumentów energii. Obawy dotyczą również kosztów związanych z eksploatacją „mierników inteligentnych”. Analiza istotnego czynnika kosztów eksploatacji czyli strat własnych wybranych mierników energii elektrycznej jest przedstawiona w dalszej części tego opracowania.

Wdrożenie inteligentnych systemów energetycznych „smart grid”, w tym inteligentnego opomiarowania „smart metering”, ma na celu: zoptymalizowanie pracy sieci energetycznej, usprawnienie komunikacji z odbiorcami usług energetycznych oraz zwiększenie ich świadomości w zakresie możliwości oszczędzania energii. Realizacja ostatniego założenia zależy od rozwoju koncepcji tzw. sieci HAN (Home Area Networks), które zapewnią komunikację między domowymi odbiornikami energii a jej elektronicznymi miernikami [6, 7, 8, 9].

Wdrożenie systemów smart grid w oparciu o sieci HAN (rys. 1) zapewni odbiorcom energii m.in.:

- wgląd w informacje o bieżącym zużyciu energii,
- możliwość monitorowania zużycia energii w ciągu doby,
- wybór optymalnych godzin pracy energochłonnych urządzeń,
- możliwość zmiany taryfy rozliczeniowej,
- możliwość przystąpienia do programów rabatowych.



Rys. 1. Przykładowe urządzenia integrowane w obrębie sieci domowej HAN
Fig. 1. Examples of devices integrated in the home area network (HAN)

Użytkownicy, którzy świadomiej będą zarządzać zużyciem energii we własnym domu, będą wносить swój wkład w ochronę środowiska naturalnego. Z kolei dostawcy energii elektrycznej, wykorzystując systemy smart grid, w tym dwukierunkową łączność z odbiorcami energii, będą mogli:

- usprawnić proces odczytu danych z mierników energii,
- usprawnić zarządzanie danymi z liczników energii,
- wyznaczać profile obciążenia, które pozwolą dokładniej rozliczać odbiorców,
- usprawnić zarządzanie zasobami sieci,
- zoptymalizować pracę zakładów wytwórczych w oparciu o dane o rzeczywistym zapotrzebowaniu na energię,
- reagować na duże obciążenie sieci w celu uniknięcia tzw. blackoutów,
- wykrywać i weryfikować zgłoszenia o występowaniu przerw w dostawach energii,
- szybciej reagować na zaniki napięcia.

W najprostszym przypadku w obrębie sieci domowej realizowana będzie transmisja danych z miernika elektronicznego do minikomputera z ekranem dotykowym, na którym prezentowane będą informacje o zużyciu energii przez odbiorniki domowe. Na tej podstawie użytkownik będzie mógł zdecydować np. o ręcznym odłączeniu najbardziej energochłonnych sprzętów. W przyszłości będą dostępne bardziej zaawansowane rozwiązania dedykowane oszczędzaniu energii. Na przykład korzystając z komunikacji w sieci domowej, użytkownik będzie mógł sterować poszczególnymi urządzeniami (wyłączając/włączając je lub regulując ich ustawienia w celu ograniczenia poboru mocy) [7]. Przewiduje się, że wbudowana możliwość komunikacji w sieciach domowych w przyszłości będzie standardem w przypadku większości odbiorców, zwłaszcza tych o dużym poborze mocy, takich jak np. systemy ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, oświetlenie, podgrzewacze wody użytkowej i wody w basenach, pompy w basenach, elektryczne sprzęty domowe, np. pralki, lodówki, a także gniazda do ładowania akumulatorów pojazdów elektrycznych.

O ile przeznaczenie sieci HAN zostało precyzyjnie określone to kwestią otwartą pozostaje interfejs lub interfejsy komunikacyjne, które posłużą do zrealizowania zakładanej funkcjonalności. Twórcy interfejsów komunikacyjnych prześcigają się w tworzeniu nowych wersji dostosowanych do wymagań zarządzania energią w sieciach HAN oraz zachęcaniu producentów tzw. inteligentnych mierników do implementacji akurat ich specyfikacji.

Wśród typowych bezprzewodowych interfejsów stosowanych w sieciach HAN wymienić można:

- Wi-Fi oparte na rodzinie specyfikacji IEEE 802.11,
- ZigBee szczególnie w wersji Smart Energy 2.0,

- Z-Wave przygotowane pod kątem zastosowania w zdalnym sterowaniu różnymi domowymi urządzeniami,
- Bluetooth opracowywane przez ekspertów ze Smart Energy Study Group,
- GSM/GPRS umożliwiające integrację wielu inteligentnych systemów domowych [4].

W zakresie przewodowej transmisji informacji największe szanse na zdominowanie rynku sieci domowych mają technologie:

- PLC, umożliwiającą transmisję danych za pośrednictwem sieci energetycznej,
- HomePlug AV wykorzystująca tzw. transmisję adaptacyjną,
- HomePlug GP gdzie transmisję adaptacyjną zastąpiono techniką ROBO (Robust OFDM), czyli tzw. kodowaniem z powtarzaniem, które polega na transmisji tej samej informacji na kilku podnośnych,
- PRIME, napisana od podstaw jako specyfikacja przeznaczona do obsługi komunikacji w inteligentnych systemach energetycznych,
- G3, czyli standard umożliwiający transmisję zarówno w sieciach niskiego, jak i średniego napięcia,
- G.hn, który ma być wykorzystywany do transmisji danych multimedialnych.

O ile bardzo dobrze jest opisana specyfikacja systemów typu smart grid to nadal brak jest jednolitej definicji „inteligentnego licznika”. Przyjmuje się, że inteligentny licznik to licznik energii elektrycznej wyposażony w dodatkowe funkcje. Do najczęściej wymienianych funkcji dodatkowych można zaliczyć: zdalny odczyt, zdalne włączanie/wyłączanie dopływu energii, możliwość rejestracji zużycia energii w określonych okresach czasu, zdalną zmianę taryfy (sposobu rozliczania energii).

Jak zaznaczono wcześniej, pod pojęciem licznika inteligentnego rozumie się zwykle licznik energii elektrycznej wyposażony w dodatkowe funkcje. Z punktu widzenia ściśle metrologicznego licznik taki nie różni się niczym od „licznika klasycznego”: w sferze zainteresowania metrologii prawnej pozostaje część wykonująca pomiar - część ta winna spełniać wymagania takie same jak „licznik klasyczny”. Część licznika realizująca dodatkowe funkcje ma dla metrologii prawnej znaczenie w tym sensie, że nie może ona wywierać niedozwolonego wpływu na część pomiarową ani w sposób niedozwolony wpływać na przesyłane dane [3, 5]. Niedozwolony wpływ na część pomiarową dotyczy m.in. mocy strat własnych czyli mocy potrzebnej do zasilenia części elektronicznej licznika, która nie powinna być wliczana do opłat za zużyty energię. Moc strat własnych powinna obciążać jedynie dostawcę energii a nie konsumenta. W analizie przedstawionej w dalszej części artykułu „licznik klasyczny” będzie reprezentowany przez powszechnie stosowany licznik indukcyjny, natomiast liczniki przeznaczone do systemów smart grid będą licznikami elektronicznymi wyposażonymi w różne modemy komunikacyjne wykorzystujące do transmisji danych zarówno interfejsy przewodowe jak i bezprzewodowe.

2. Pomiary mocy strat własnych różnych liczników energii elektrycznej

Niniejsze opracowanie dotyczy pomiarów i analizy porównawczej strat własnych wybranych urządzeń pomiarowych energii elektrycznej. Przeprowadzone badania dotyczyły różnych typów liczników energii elektrycznej, m.in.:

- 1-fazowych i 3-fazowych liczników elektronicznych z modemami GSM/GPRS,
- 1-fazowych i 3-fazowych liczników elektronicznych z modemami PLC,
- 1-fazowych i 3-fazowych liczników elektronicznych bez modemów,
- 1-fazowych i 3-fazowych liczników indukcyjnych,

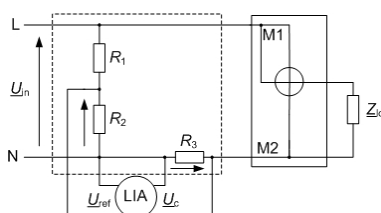
Badania obejmowały swym zasięgiem zawsze kilka liczników danego typu w celu sprawdzenia powtarzalności otrzymywanych wyników. Do badań wybrano liczniki typowe, czyli powszechnie stosowane. Celowo zostały zmienione oznaczenia typu liczników.

Badaniami objęto również liczniki bez modemów aby porównać moce strat własnych w tego typu licznikach z mocami potrzebnymi do zasilania liczników inteligentnych stosowanych w systemach smart grid.

Podczas pomiarów liczniki zasilane były napięciami znamionowymi a pomiary prądów wejściowych licznika wykonano niezależnie w obwodach napięciowych każdej fazy. Obwody prądowe poszczególnych faz liczników nie były w trakcie pomiarów obciążane dlatego wyznaczone w trakcie badań moce wynikają jedynie ze strat własnych liczników. Wszystkie wyniki badań zostały wyznaczone na podstawie reprezentatywnych serii pomiarowych dla których określono zarówno wartości typowe (średnie arytmetyczne) jak i wartości maksymalne. Dla zobrazowania rozrzutu wyników pomiarów w dalszej części opracowania przedstawiono fragmenty serii pomiarowych dla wybranych liczników 1-fazowych z różnymi modemami komunikacyjnymi.

2.1. Układ pomiarowy stosowany dla liczników 1-fazowych

Na rysunku 2 przedstawiono układ przeznaczony do pośrednich pomiarów prądów w obwodach napięciowych liczników 1-fazowych, zarówno indukcyjnych jak i elektronicznych. W układzie zastosowany jest przetwornik prąd/napięcie w postaci bocznika R_3 na którym mierzone są składowe napięcia (czynna i bierna) nanowoltomierzem wektorowym (LIA). Napięcie referencyjne U_{ref} pobierane jest z rezystora R_2 rezystancyjnego dzielnika napięcia zasilanego z badanej fazy zasilającej licznik energii elektrycznej. Podczas pomiarów strat własnych licznika obwody prądowe nie były obciążane $Z_{lo} = \infty$. Moce strat własnych licznika (czynna P_{1th} , bierna Q_{1th} i pozorna S_{1th}) dla poszczególnych faz zasilających były wyliczane na podstawie zmierzonych składowych prądów w poszczególnych wejściowych obwodach napięciowych licznika.



Rys. 2. Układ z nanowoltomierzem wektorowym przeznaczony do pomiaru składowych prądów w obwodzie napięciowym liczników 1-fazowych
Fig. 2. Measuring circuit of component currents in voltage circuit of 1-phase meter (LIA – lock-in amplifier)

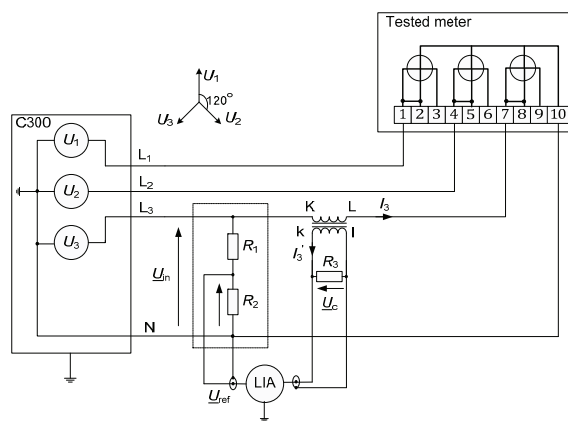
Pomiary polegały na rejestracji składowej czynnej i biernej prądów, których wartości zmieniały się w czasie a także były różne dla różnych typów liczników. Następnie, na podstawie otrzymanych serii wyników pomiarów określone zostały wartości typowe i maksymalne co pozwoliło również na określenie typowych i maksymalnych wartości mocy strat własnych badanych liczników. Wszystkie pomiary i obliczenia wykonywane były dla podstawowej harmonicznej mierzonych sygnałów.

2.2. Układ pomiarowy stosowany dla liczników 3-fazowych

Przedstawiony na rysunku 3 układ przeznaczony do pomiarów składowych czynnych i biernych prądów w obwodach napięciowych liczników 3-fazowych działa podobnie jak układ przedstawiony na rysunku 2, z tą różnicą, że rolę przetwornika prąd/napięcie pełni tutaj przekładnik prądowy obciążony rezystancją R_3 o małej wartości. Na rysunku przedstawiono także podstawowy schemat połączeń wewnętrznych kalibratora zasilającego układ, oraz schemat połączeń układu z licznikiem.

Układ przedstawiony na rysunku 2 nie mógł być zastosowany, ponieważ w układzie 3-fazowym natężenie prądu fazowego musi

być mierzone w przewodzie fazowym (przewód na wysokim potencjale) na wyjściu kalibratora. Przewód fazowy od strony punktu wspólnego zasilania nie mógł być wykorzystany, ponieważ kalibrator nie daje dostępu do punktu wspólnego od strony przewodów fazowych. Przewód neutralny nie mógł być wykorzystany, ponieważ przewodzi on sumę wszystkich prądów fazowych. Z tych powodów zastosowano w przewodzie fazowym przekładnik prądowy o przekładni 1:1, którego uzwojenie wtórne jest zwarte przez rezystor o małej wartości. Przekładnik ten oddziela galwanicznie obwód pomiarowy nanowoltomierza od przewodu fazowego, a spadek napięcia na rezystorze jest proporcjonalny do natężenia prądu fazy, tak jak w układzie z rysunku 2.



Rys. 3. Układ przeznaczony do pomiarów prądów w obwodach napięciowych liczników 3-fazowych
Fig. 3. Measuring circuit of component currents in voltage circuits of 3-phase meter

W przypadku badania liczników 3-fazowych układ pomiarowy podłączano kolejno do każdej fazy napięciowych obwodów wejściowych licznika zasilanego 3-fazowo.

Każdy wynik zamieszczony w poniższych tabelach jest wynikiem uśrednionym, uzyskanym na podstawie wielokrotnych pomiarów. Konieczność uśredniania wynika z silnego tła wyższych harmonicznych w mierzonych przebiegach prądu.

3. Wyniki badań liczników elektronicznych

Pomiary strat własnych liczników 1-fazowych elektronicznych wykonano w układzie, którego schemat przedstawiony jest na rysunku 2. W tabeli 1 zestawiono typowe wartości mocy strat własnych wyznaczone dla badanych liczników 1-fazowych elektronicznych z modemami GSM/GPRS i PLC oraz dla liczników elektronicznych bez modemów.

Tab. 1. Zestawienie typowych wartości mocy strat własnych liczników 1-fazowych elektronicznych

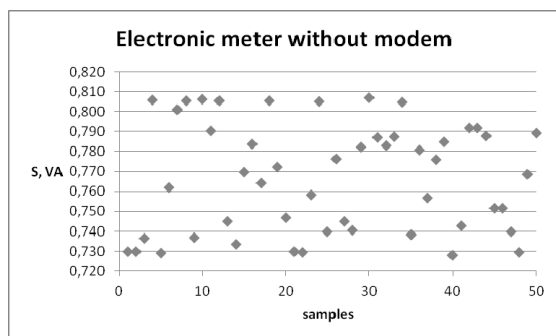
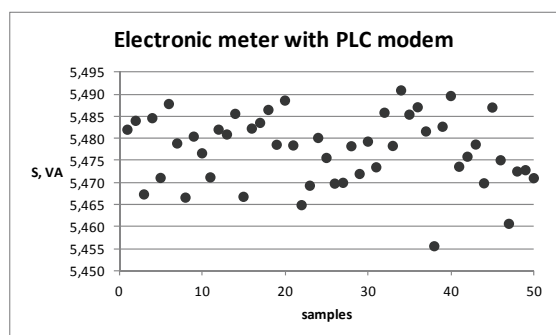
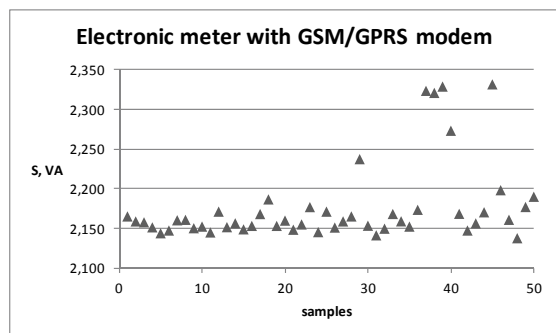
Tab. 1. Specification of typical values of running light power losses for 1-phase electronic meters

Liczniki 1-fazowe elektroniczne			Typowe wartości mocy strat własnych		
Typ licznika	Numer	Typ modemu	P_{1th} , W	Q_{1th} , var	S_{1th} , VA
LE1G	1	GSM/GPRS	2,17 (1,02)	-0,04 (-0,04)	2,17 (1,02)
LE1G	2	GSM/GPRS	2,13 (1,01)	-0,15 (-0,04)	2,14 (1,01)
LE1G	3	GSM/GPRS	2,15 (1,00)	-0,15 (-0,04)	2,15 (1,00)
LE1P	1	PLC:IEC61334-5-1	2,08	4,93	5,35
LE1P	2	PLC:IEC61334-5-1	2,13	5,05	5,48
LE1P	3	PLC:IEC61334-5-1	2,12	4,97	5,40
LE1	1	-	0,40	-0,65	0,77
LE1	2	-	0,36	-0,55	0,65
LE1	3	-	0,39	-0,64	0,75

W nawiasach podano wartości mocy strat własnych licznika z odłączonym modemem GSM/GPRS

W tabelach 1 i 2 zamieszczono dla liczników z modemami GSM/GPRS zarówno wartości mocy strat własnych liczników z podłączonymi jak i odłączonymi modemami (wartości w nawiasach).

Wykresy przedstawione na rysunku 4 zawierają fragmenty serii pomiarowych, zarejestrowanych w celu określenia typowych i maksymalnych wartości mocy strat własnych różnych liczników elektronicznych. Liczebności całych serii pomiarowych wahały się od kilkuset do kilku tysięcy próbek w zależności od typu badanego licznika. Konieczność stosowania w analizie tak długich serii wynikała ze zmienności zapotrzebowania na energię w trakcie pracy liczników oraz konieczności uwzględnienia różnych trybów pracy modemów komunikacyjnych, w które wyposażone są liczniki stosowane w systemach smart grid.



Rys. 4. Serie pomiarowe mocy pozornej, zarejestrowane dla różnych 1-fazowych liczników elektronicznych

Fig. 4. Measurement series of apparent power recorded for various 1-phase electronic meters

Pomiary strat własnych liczników 3-fazowych elektronicznych wykonano w układzie, którego schemat przedstawiony jest na rysunku 3. W tabeli 2 zestawiono typowe wartości mocy strat własnych wyznaczone dla liczników 3-fazowych elektronicznych z modemami GSM/GPRS i PLC oraz bez modemów.

Prezentowane w tabelach 1 i 2 wyniki pomiarów uwzględniają moc: czynną P_{1h} , bierną Q_{1h} i pozorną S_{1h} , wyznaczone dla podstawowej harmonicznej mierzonego prądu. W tabelach prezentowane są jedynie wybrane, ale reprezentatywne, wyniki pomiarów dla liczników różnych typów. Pomiary wykonywane były dla wielu liczników danego typu a w tabelach zamieszczono jedynie wyniki dla trzech liczników danego typu aby przedstawić charakterystyczną powtarzalność wyników.

Tab. 2. Zestawienie typowych wartości mocy strat własnych liczników 3-fazowych elektronicznych

Tab. 2. Specification of typical values of running light power losses for 3-phase electronic meters

Liczniki 3-fazowe elektroniczne				Wartości typowe mocy strat własnych		
Typ licznika	Numer	Typ modemu	Faza	P_{1h} , W	Q_{1h} , var	S_{1h} , VA
LE3G	1	GSM/GPRS	L1	0,65 (0,27)	0,30 (0,16)	0,71 (0,32)
			L2	0,62 (0,26)	0,28 (0,13)	0,68 (0,29)
			L3	0,65 (0,25)	0,26 (0,14)	0,71 (0,29)
LE3G	2	GSM/GPRS	L1	0,70 (0,25)	0,29 (0,14)	0,76 (0,29)
			L2	0,68 (0,25)	0,28 (0,15)	0,74 (0,29)
			L3	0,66 (0,25)	0,26 (0,15)	0,71 (0,29)
LE3G	3	GSM/GPRS	L1	0,65 (0,27)	0,29 (0,13)	0,71 (0,30)
			L2	0,65 (0,26)	0,27 (0,13)	0,71 (0,29)
			L3	0,65 (0,27)	0,28 (0,13)	0,70 (0,30)
LE3P	1	PLC: IEC613 34-5-1	L1	-0,54	4,35	4,38
			L2	-0,55	4,26	4,29
			L3	-0,51	4,21	4,24
LE3P	2	PLC: IEC613 34-5-1	L1	-0,52	4,34	4,37
			L2	-0,47	4,28	4,31
			L3	-0,56	4,21	4,24
LE3P	3	PLC: IEC613 34-5-1	L1	-0,49	4,30	4,32
			L2	-0,41	4,06	4,08
			L3	-0,51	4,04	4,07
LE3	1	-	L1	0,39	-0,08	0,40
			L2	0,38	-0,07	0,39
			L3	0,40	-0,07	0,40
LE3	2	-	L1	0,40	-0,07	0,40
			L2	0,41	-0,09	0,42
			L3	0,36	-0,05	0,36
LE3	3	-	L1	0,36	-0,05	0,36
			L2	0,35	-0,06	0,35
			L3	0,38	-0,09	0,39

W nawiasach podano wartości mocy strat własnych licznika z odłączonym modemem GSM/GPRS

4. Wyniki badań liczników indukcyjnych

Pomiary strat własnych liczników 1-fazowych indukcyjnych wykonano w układzie, którego schemat przedstawiony jest na rysunku 2. W tabeli 3 zestawiono typowe wartości mocy strat własnych wyznaczone dla badanych liczników 1-fazowych indukcyjnych. Natomiast pomiary strat własnych liczników 3-fazowych indukcyjnych wykonano w układzie, przedstawionym na rysunku 3. Typowe wartości mocy strat własnych wyznaczonych dla liczników 3-fazowych indukcyjnych przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 3. Zestawienie typowych wartości mocy strat własnych liczników 1-fazowych indukcyjnych

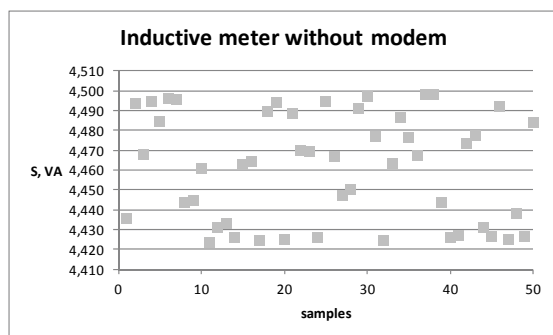
Tab. 3. Specification of typical values of running light power losses for 1-phase induction meters

Liczniki 1-fazowe indukcyjne		Wartości typowe mocy strat własnych		
Typ licznika	Numer	P_{1h} , W	Q_{1h} , var	S_{1h} , VA
L11	1	1,22	-4,84	4,99
L11	2	1,19	-4,73	4,87
L11	3	1,12	-4,32	4,46

Liczniki indukcyjne zostały przebadane w tych samych układach pomiarowych co liczniki elektroniczne, aby wyniki mogły być porównane z wynikami charakterystycznymi dla liczników elektronicznych stosowanych w systemach smart grid. Takie porównanie ma dać

odpowiedź na pytanie, czy liczniki elektroniczne, zwłaszcza liczniki z modemami komunikacyjnymi, charakteryzują się znacznie większym zapotrzebowaniem na energię zapewniającą ich działanie.

Na rysunku 5 przedstawiono fragmenty serii pomiarowej mocy pozornej zarejestrowanej w celu określenia typowej i maksymalnej wartości mocy strat własnych 1-fazowego licznika indukcyjnego. Podobnie jak dla liczników elektronicznych liczebności całych serii pomiarowych, rejestrowanych dla określenia typowych i maksymalnych wartości mocy strat własnych, były znacznie większe niż prezentowane na rysunku 5.



Rys. 5. Fragment serii pomiarowej mocy pozornej zarejestrowanej dla przykładowego 1-fazowego licznika indukcyjnego

Fig. 5. Measurement series of apparent power recorded for 1-phase induction meter

Tab. 4. Zestawienie typowych wartości mocy strat własnych liczników 3-fazowych indukcyjnych

Tab. 4. Specification of typical values of running light power losses for 3-phase induction meters

Liczniki 3-fazowe indukcyjne			Typowe wartości mocy strat własnych		
Typ licznika	Numer	Faza	P_{1h} , W	Q_{1h} , var	S_{1h} , VA
LI3	1	L1	1,93	-2,90	3,48
		L2	1,96	-2,89	3,49
		L3	1,93	-2,98	3,55
LI3	2	L1	2,00	-2,86	3,49
		L2	2,09	-2,96	3,63
		L3	1,97	-3,01	3,60
LI3	3	L1	2,05	-2,81	3,48
		L2	2,12	-2,97	3,65
		L3	2,01	-3,07	3,67

Prezentowane w tabelach 3 i 4 wyniki pomiarów uwzględniają moce: czynną P_{1h} , bierną Q_{1h} i pozorną S_{1h} , wyznaczone dla podstawowej harmonicznej mierzonego prądu.

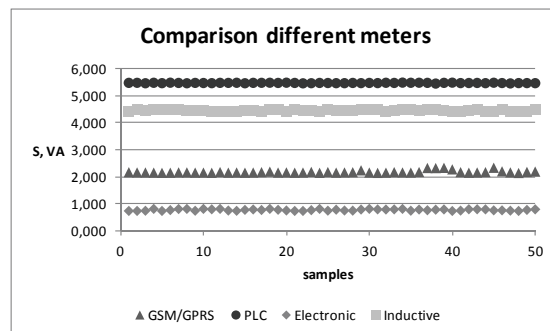
5. Podsumowanie i wnioski

Nie ma już odwrotu od inteligentnych sieci elektroenergetycznych. Ich funkcjonowanie regulowane będzie zapewne bardziej normami europejskimi niż „twardymi” przepisami prawa, które znajdują swoje miejsce raczej w obszarach najbardziej wrażliwych, jak rzetelność pomiaru czy ochrona danych osobowych odbiorców energii elektrycznej [3].

W niniejszej pracy zaprezentowano wyniki pomiarów mocy strat własnych, zarówno „liczników klasycznych” jak i liczników elektronicznych stosowanych w systemach smart grid, w celu dokonania analizy porównawczej mocy potrzebnej do poprawnego ich funkcjonowania.

Maksymalne zarejestrowane wartości mocy strat własnych liczników 1-fazowych, zarówno elektronicznych jak i indukcyjnych, nieznacznie różnią się od wartości typowych, co oznacza że dla tego typu liczników wartości mocy strat własnych dla liczników tego samego typu wykazują mały rozrzut, a ponadto są stałe w czasie (rys. 6).

Największe różnice wartości mocy strat własnych, obserwowane w dłuższym czasie pracy, występują dla liczników 3-fazowych elektronicznych z modemami GSM/GPRS. Dla tego typu liczników stosunek wartości maksymalnych mocy strat własnych do odpowiadających im wartości typowych często jest zbliżony do 2.



Rys. 6. Wartości mocy strat własnych zarejestrowane dla różnych typów liczników 1-fazowych

Fig. 6. Values of running light power losses recorded for different types of 1-phase meters

Porównując straty własne liczników z modemami GSM/GPRS i PLC można zauważyć, że niezależnie czy są to liczniki 1-fazowe czy 3-fazowe, urządzenia z modemami PLC charakteryzują się znacznie większą mocą strat własnych niż liczniki bez modemów, a nawet większą niż analogiczne liczniki indukcyjne.

Analizując wyniki badań można zauważyć, że moce strat własnych liczników elektronicznych o różnych modemach komunikacyjnych nie różnią się znacząco od mocy wymaganych do zasilania liczników indukcyjnych. Potwierdza to fakt, że koszty eksploatacji zarówno klasycznych liczników jak i elektronicznych są podobne i nie mogą stanowić argumentu przeciw wprowadzaniu do użytku liczników inteligentnych dla realizacji idei smart grid.

6. Literatura

- [1] Komisja Europejska: Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów: Inteligentne sieci energetyczne: od innowacji do wdrożenia, KOM(2011) 202 Bruksela, 12.4.2011 r.
- [2] Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/72/WE z dnia 13 lipca 2009 r. dotycząca wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej i uchylająca dyrektywę 2003/54/WE, Dz.U UE L 211 z 14.08.2009 r.
- [3] Plackowski K.: Instrumenty prawne międzynarodowe i rekomendacje w dziedzinie Smart Grid, Materiały IX Konferencji Naukowo-Technicznej PPM'12, Krynica-Zdrój 2012.
- [4] Maćkowski M.: The packet transmission in the GPRS, EDGE, UMTS networks in Real-Time measuring systems. Pomiary Automatyka Kontrola 2008 nr 06, s. 362-364.
- [5] Kocot M., Olszyna J., Winiecki W.: Remotely configurable distributed measurement system. Pomiary Automatyka Kontrola 2012 nr 09, s. 792-794.
- [6] Świderski J., Tarasiuk M.: Technika smart meteringu. Warszawa 2010.
- [7] Marcińczak R.: Integracja inteligentnych pomiarów zużycia energii elektrycznej, gazu, ciepła i wody. Federacja Stowarzyszeń Naukowo-Technicznych Naczelna Organizacja Techniczna, Warszawa 2009.
- [8] Studium wdrożenia inteligentnego pomiaru energii elektrycznej w Polsce. Instytut Energetyki Oddział Gdańsk, Jednostka Badawczo Rozwojowa, Gdańsk 2010.
- [9] Suchanek J.: Automatykacja odczytów wskazań liczników energii elektrycznej w gospodarstwach domowych. Wiadomości Elektrotechniczne nr 4, 2004.