

# ENERGIA BIERNA A PRZEPISY UNII EUROPEJSKIEJ

Marek Kurkowski, Tomasz Popławski, Jarosław Mirowski

**Słowa kluczowe:** energia bierna, standard IEEE 1459-2000, liczniki energii elektrycznej, instalacje oświetleniowe

**Streszczenie.** Problematyka artykułu dotyczy rozliczania energii biernej przez spółki dystrybucyjne. Omówiono obowiązujące w Polsce zapisy dyrektyw, rozporządzeń i norm. Przedstawiono warunki legalizacji liczników energii elektrycznej. Opiszano metodę rozliczania energii biernej określoną w standardzie IEEE 1459-2000. Zaprezentowano wyniki badań i analiz dotyczących zużycia energii instalacji oświetleniowych zewnętrznych.

## 1. WSTĘP

Projekt Prawa energetycznego, zakłada, że inteligentne liczniki zostaną zainstalowane w Polsce do 2020 roku u wszystkich odbiorców energii elektrycznej. Nowe liczniki przyniosą korzyści konsumentom ponieważ dostaną oni lepszą informację o zużyciu energii, czyli nie tylko dane dotyczące prognozowania, jak to ma miejsce w przypadku tradycyjnych liczników. Również te dane, które pozwalają lepiej zarządzać kwestią popytu i podaży energii elektrycznej i to w czasie rzeczywistym. Według ekspertów operatorów systemów dystrybucyjnych nowy licznik pozwoli odbiorcy szczegółowo monitorować zużycie prądu. Każdy będzie mógł wyświetlić na monitorze komputera łączne zużycie energii pobieranej przez urządzenia elektryczne. Pierwsze systemy już są instalowane w Polsce m.in. w Kaliszu. Chociaż zgodnie z opinią ekspertów PTPIRE pozwalają na pomiar zarówno energii czynnej jak i biernej (np. licznik NP71.e), to jednak umożliwiają one niestety na razie tylko wizualizację zużycia energii czynnej [1].



**Rys.1.** Wizualizacja zużycia energii w systemie inteligentnym

Podstawy prawne i sposób naliczania opłat za energię bierną określa rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad kształtowania i kalkulacji taryf oraz rozliczeń w obrocie energią elektryczną [2]. W paragrafie 45.1 określono ponadumowny pobór energii biernej jako: (...) ilość energii elektrycznej biernej odpowiadającą:

- współczynnikowi mocy  $\text{tg}\varphi$  wyższemu od umownego współczynnika  $\text{tg}\varphi_0$  (niedokompensowanie) i stanowiącą nadwyżkę energii biernej indukcyjnej

ponad ilość odpowiadającą wartości współczynnika  $\text{tg}\varphi_0$ ,

- indukcyjnemu współczynnikowi mocy przy braku poboru energii elektrycznej czynnej,
- pojemnościowemu współczynnikowi mocy (przekompensowanie) zarówno przy poborze energii elektrycznej czynnej, jak i braku takiego poboru.

W praktyce rozliczenia ponadumownego poboru mocy opierają się na podstawie średnich wartości współczynnika mocy obliczanych za okres rozliczeniowy, dlatego do naliczania opłat nie są brane chwilowe przekroczenia zadanego współczynnika  $\text{tg}\varphi_0$ . Rozliczeniami za ponadumowny pobór energii biernej obciążani są odbiorcy zasilani z sieci średniego, wysokiego i najwyższego napięcia. Rozliczeniami tymi mogą być objęci w „uzasadnionych przypadkach” także odbiorcy zasilani z sieci o napięciu znamionowym nie wyższym niż 1kV, którzy użytkują odbiorniki o charakterze indukcyjnym, o ile zostało to określone w warunkach przyłączenia lub umowie o świadczenie usług dystrybucji energii elektrycznej lub umowie kompleksowej. Ponieważ przepisy nie definiują „uzasadnionego przypadku” a odbiorniki o charakterze indukcyjnym użytkują dziś wszyscy odbiorcy (silniki, lodówki, chłodnie, oświetlenie wyładowcze), dlatego rozliczeniem za ponadumowny pobór energii biernej może zostać objęty praktycznie każdy odbiorca zasilany napięciem poniżej 1 kV. W praktyce, poza zakładami przemysłowymi, warsztatami i biurami w pierwszej kolejności rozliczeniami zostają objęci odbiorcy zmieniający sprzedawcę energii elektrycznej. Wartość współczynnika mocy  $\text{tg}\varphi_0$  określa się w warunkach przyłączenia lub w umowie o świadczenie usług przesyłania lub dystrybucji energii elektrycznej lub umowie kompleksowej. Jeżeli wartość  $\text{tg}\varphi_0$  nie została określona w warunkach przyłączenia lub w umowie o świadczenie usług dystrybucji energii elektrycznej, lub umowie kompleksowej, do rozliczeń przyjmuje się wartość  $\text{tg}\varphi_0 = 0,4$  ( $\cos\varphi_0=0,927$ ) chyba że indywidualna ekspertyza uzasadnia wprowadzenie niższej wartości.

## 2. LICZNIKI ENERGII BIERNEJ

W rozporządzeniu w sprawie rodzajów przyrządów pomiarowych podlegających prawnej kontroli metrologicznej oraz zakresu tej kontroli [3] określono, iż liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego, do stosowania w gospodarstwach domowych, w usługach i handlu oraz w przemyśle drobnym muszą być poddane prawnej kontroli metrologicznej. Zakres kontroli wykonywanej przez organy administracji miar przy sprawowaniu nadzoru nad wykonywaniem przepisów tej ustawy obejmuje sprawdzenie, czy producenci lub ich upoważnieni przedstawiciele wprowadzają do obrotu w Polsce liczniki energii elektrycznej zatwierdzonego typu z cechą legalizacji pierwotnej. Rozporządzenia dla przekładników pomiarowych i dla liczników odpowiednio określały i nadal określają tylko wymagania metrologiczne. Stąd prawna kontrola metrologiczna liczników energii elektrycznej czynnej odbywa się przy idealnie sinusoidalnych przebiegach napięć i prądów w warunkach odniesienia. Zalegalizowane liczniki są instalowane w sieci dystrybucyjnej i bardzo często mierzą energię przy odkształconych przebiegach napięcia i prądu. Prawo o miarach stanowi, że kto wbrew przepisom tej ustawy wprowadza do obrotu lub użytkowania przyrządy pomiarowe podlegające prawnej kontroli metrologicznej bez wymaganych dowodów tej kontroli podlega karze grzywny. Podsumowując powyższe przepisy należy pamiętać, że wszystkie urządzenia metrologiczne o nazwie „licznik energii elektrycznej” będące w obrocie na terenie Rzeczypospolitej Polskiej i wprowadzone przed 29.10.2006 podlegają obowiązkowi zatwierdzenia typu GUM. Liczniki energii biernej nie są sprawdzane i nie obejmuje ich procedura zatwierdzania typu.

Według stanowiska ekspertów PTPIRE należy wprowadzić jednolite wymagania wobec elementów systemu AMI, którymi są także liczniki energii elektrycznej. Wymagania te zaprezentowano z podziałem na liczniki komunalne i bilansujące [4, 5].

Wybrane wymagania dla liczników komunalnych:

- licznik powinien dokonywać pomiaru i rejestracji energii czynnej i biernej w czterech kwadrantach,
  - zmierzone wartości energii biernej powinny być rejestrowane w kVarh z precyzją co najmniej do trzech miejsc po przecinku,
  - licznik powinien dokonywać pomiaru skutecznych napięć i prądów fazowych,
  - wielkości wyświetlane na wyświetlaczu powinny być opisane przy użyciu kodów OBIS, m.in. Energia bierna indukcyjna (suma), Energia bierna pojemnościowa (suma),
- licznik powinien mieć klasę pomiaru energii biernej co najmniej 3, zgodnie z systemem badania określonym normami [7,8].

Wybrane wymagania dla liczników bilansujących:

- licznik powinien rejestrować 2 profile dla energii czynnej oraz 4 profile dla energii biernej (cztery kwadranty), jak również rejestrować napięcia i prądy fazowe,
- licznik powinien dokonywać pomiaru i rejestracji energii pozornej w obu kierunkach (pobór i oddanie),
- zmierzone wartości energii biernej powinny być rejestrowane w kVarh z precyzją co najmniej do trzech miejsc po przecinku,
- zmierzone wartości energii pozornej powinny być rejestrowane w kVAh z precyzją co najmniej do trzech miejsc po przecinku,
- licznik powinien mieć klasę pomiaru energii biernej co najmniej 1, zgodnie z systemem badania określonym normami [7,8].

W wymaganiach uwzględniono pomiary energii biernej, ale w punktach 3 i 6 nie sprecyzowano czy są to tylko składowe podstawowe czy może wartość skuteczna dla 40 (50) harmonicznych.

Według wytycznych do budowy systemów elektroenergetycznych opracowanych w PGE dla odbiorców sieci nn. zarówno dla liczników jedno- i trójfazowych nie przewiduje się pomiarów energii biernej [6].

Rozliczanie energii biernej jest realizowane za pomocą liczników energii biernej zarówno indukcyjnych [7] jak i statycznych [8]. Liczniki energii biernej są wykonywane w klasach dokładności – indukcyjne 3 a statyczne 2 i 3. W porównaniu z licznikami energii czynnej są mniej dokładne o rząd wielkości. Ponadto w normie [8] zapisano: „z przyczyn praktycznych niniejsza norma jest oparta na konwencjonalnej definicji energii biernej sinusoidalnych prądów i napięć zawierających tylko częstotliwość podstawową”. Oferowane na rynku liczniki muszą być zgodnie z zapisami dyrektywy MID odporne na zakłócenia elektromagnetyczne przewodzone i emitowane według norm kompatybilności elektromagnetycznej. Dotychczas stosowane liczniki statyczne według obowiązujących norm zużycia energii biernej związanej z harmonicznymi nie muszą jej rejestrować.

Według przeprowadzonych badań [11] wraz ze wzrostem odkształceń w przebiegach napięć i prądów wartości błędów pomiaru energii czynnej są dodatnie i nie przekraczają 5%, natomiast wartości błędów pomiaru energii biernej są ujemne i sięgają nawet

40% przy THD napięcia (od 3 do 8)% i THD prądu (od 30 do 40)%.

### 3. STANDARD IEEE 1459

Stosowanie coraz większej ilości urządzeń elektronicznych powoduje coraz większe zużycie energii czynnej, a co za tym idzie także energii biernej. W praktyce nie ma odbiorcy z poborem energii elektrycznej o charakterze czysto rezystancyjnym. Co więcej energia bierna jest skorelowana z występowaniem składowych harmonicznych. W roku 2000 IEEE opublikował standard 1459, którego nazwa brzmi: „Definicje do pomiarów wielkości związanych z mocą elektryczną w warunkach sinusoidalnych, niesinusoidalnych, symetrycznych i niesymetrycznych” [9,10]. Moc bierna wg definicji Budeanu znalazła się w grupie definicji niezależnych, których nie należy stosować w nowych miernikach mocy i energii biernej. Wielkości elektryczne na podstawie których wyznaczana jest wartość energii biernej podzielono na związane z podstawową składową prądu i napięcia (pierwszą harmoniczną) oraz pozostałymi wyższymi harmonicznymi. W większości przypadków uznaje się bowiem, że użyteczna część energii jest przenoszona właśnie za pomocą składowych 50/60Hz, przy dużo mniejszym i często szkodliwym udziale wyższych harmonicznymi. W standardzie pojawiła się również nowa wielkość – *moc nieaktywna*  $N$ , która reprezentuje wszystkie nieaktywne składniki mocy. Moc bierna jest tutaj jednym ze składników mocy nieaktywnej  $N$ . Znana pod oznaczeniem literowym  $Q$  moc bierna została ograniczona do składowej podstawowej i dotyczy to zarówno układów jednofazowych jak i trójfazowych. W miejsce mocy odkształcenia  $D_B$  zaproponowano inną wielkość, która w dużo lepszy sposób charakteryzuje całkowitą moc zniekształceń w systemie – moc pozorną odkształcenia  $S_{eN}$ . Moc  $S_{eN}$  pozwala na szybką ocenę, czy obciążenie pracuje w warunkach małego czy dużego odkształcenia harmonicznymi. Jednak mimo upływu 13 lat energia bierna nadal jest rozliczana według poprzednich metod i to mimo nowelizacji przepisów [2]. Wśród istniejących teorii mocy najbardziej adekwatna do rozliczania energii biernej jest właśnie określona w standardzie IEEE1459-2000 (wersja rozszerzona w 2010 roku) [9]. Podano tu definicję mocy i zalecane wyrażenia matematyczne dla stosowania podczas projektowania i konstruowania przyrządów pomiarowych. Jest ona punktem odniesienia dla dzisiejszych urządzeń pomiarowych. Definiuje pomiary parametrów mocy dla przebiegów sinusoidalnych i okresowych odkształconych. Jest to realizowane dzięki rozdzieleniu sku-

tecznych wartości napięcia i prądu na składową podstawową i harmoniczne, co umożliwi zdefiniowanie mocy czynnej, biernej, pozornej, mocy pozornej odkształcenia i mocy nieaktywnej oraz całkowitego współczynnika mocy jako:

$$P = U_1 I_1 \cos \varphi_1 + \sum_{h \neq 1} U_H I_H \cos \varphi_H \quad (1)$$

$$Q = U_1 I_1 \sin \varphi_1 + \sum_{h \neq 1} U_H I_H \sin \varphi_H \quad (2)$$

$$S = \sqrt{(U_1 I_1)^2 + (U_1 I_H)^2 + (U_H I_1)^2 + (U_H I_H)^2} \quad (3)$$

$$S_{eN} = \sqrt{(S)^2 - (U_1 I_1)^2} \quad (4)$$

$$N = \sqrt{(S)^2 - (P)^2} \quad (5)$$

$$PF = \frac{P}{S} = \frac{U_1 I_1 \cos \varphi_1 + \sum_{h \neq 1} U_H I_H \cos \varphi_H}{\sqrt{(U_1 I_1)^2 + (U_1 I_H)^2 + (U_H I_1)^2 + (U_H I_H)^2}} \quad (6)$$

gdzie:  $S$  – całkowita wartość mocy pozornej,  $U_1$ ,  $I_1$  – wartości skuteczne składowych podstawowych,  $U_H$ ,  $I_H$  – wartości skuteczne składowych harmonicznych,  $PF$  – całkowity współczynnik mocy.

W licznikach starszego typu – elektromechanicznych wyższe harmoniczne są tłumione, przez co pomiar mocy biernej w obecności harmonicznymi jest bardzo bliski wartości mocy biernej składowej podstawowej. Coraz powszechniej stosowane liczniki statyczne realizują pomiary energii biernej różnymi metodami. Na przykład mogą mierzyć moc czynną i moc pozorną, a moc bierną wyliczają z trójkąta mocy. Tak naprawdę więc, w świetle standardu IEEE 1459-2000, mierzą one moc nieaktywną a nie bierną. Inni producenci mogą zastosować metodę z przesunięciem przebiegu napięcia o  $90^\circ$ , co daje wynik zbliżony do mocy biernej składowej podstawowej. Im większa zawartość harmonicznymi, tym większa będzie różnica w odczytach. Oczywiście w konsekwencji inne będą opłaty za naliczoną energię.

### 4. ENERGIA BIERNĄ W OŚWIETLENIU

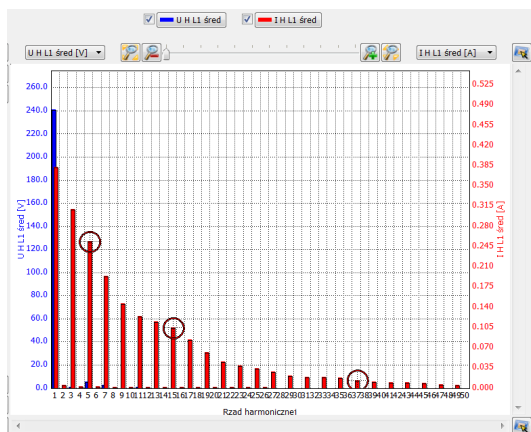
Wśród odbiorników, których dotyczy zużycie energii biernej są oprawy oświetleniowe zawierające źródła światła (m.in. CFL i LED) oraz wspomagające je układy elektroniczne. Ich parametry świetlne i elektryczne są określone m.in. w rozporządzeniach UE [12,13]. Charakter opraw oświetleniowych jako odbiorników energii czynnej biernej jednoznacznie określa całkowity współczynnik mocy  $PF$ .

Tabela 1  
Wartości współczynnika mocy dla źródeł (lamp) i opraw oświetleniowych [12,13]

	PF
Wymogi w zakresie funkcjonalności dla <u>bezkierunkowych</u> kompaktowych lamp fluorescencyjnych CFL	$\geq 0,55$ dla $P < 25$ W $\geq 0,90$ dla $P \geq 25$ W
Wymogi w zakresie funkcjonalności dla <u>bezkierunkowych</u> lamp (z wyjątkiem CFL i LED)	$\geq 0,95$
Wymogi dotyczące funkcjonalności dla <u>kierunkowych</u> kompaktowych lamp fluorescencyjnych CFL	$\geq 0,55$ dla $P < 25$ W $\geq 0,90$ dla $P \geq 25$ W
Wymogi dotyczące funkcjonalności dla pozostałych lamp <u>kierunkowych</u> (z wyjątkiem lamp : LED, CFL i wyładowczych dużej intensywności)	$\geq 0,5$ dla $P \leq 25$ W $\geq 0,90$ dla $P > 25$ W
Wymogi dotyczące funkcjonalności dla <u>bezkierunkowych i kierunkowych</u> lamp LED	$P \leq 2$ W brak wymogu $2$ W $< P \leq 5$ W ; PF $> 0,4$ $5$ W $< P \leq 25$ W ; PF $> 0,5$ $P > 25$ W ; PF $> 0,9$

Lampa (źródło) CFL i LED może oznaczać także moduł lub oprawę oświetleniową. Lampa kierunkowa oznacza lampę, w której co najmniej 80 proc. strumienia świetlnego przypada wewnątrz kąta przestrzennego wynoszącego  $\pi$  sr (co odpowiada stożkowi o kącie  $120^\circ$ ). Lampa bezkierunkowa oznacza lampę, która nie jest lampą kierunkową [13].

W celu oceny wartości całkowitego współczynnika mocy PF przeprowadzono pomiary parametrów elektrycznych świetlówek kompaktowych CFL i źródeł (modułów) LED na stanowisku badawczym w skład którego wchodzi m.in. analizator jakości zasilania PQM 701. Wartości parametrów były odczytywane po 100 godzinach pracy. Zarejestrowany przykładowy rozkład harmonicznych prądu zasilania oprawy LED 100W przedstawiono na rys. 2. Otrzymane wartości harmonicznych prądu zasilania są niezgodne z zapisami normy [14].



Rys. 2. Rozkład harmonicznych prądu zasilania oprawy LED 100W

Jak widać z wyników zamieszczonych w tabeli 2 moc znamionowa deklarowana przez dostawców różni się od zmierzonej. Również zmierzone wartości współczynnika mocy PF dla świetlówek kompaktowych odbiegają od wymaganych przez przepisy (tab. 1). W grupie źródeł LED współczynnik mocy PF także odbiega od zalecanych.

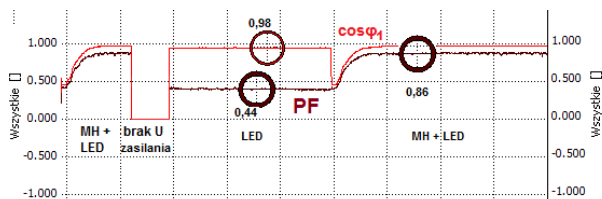
Tabela 2  
Parametry elektryczne badanych źródeł światła

Świetlóвки kompaktowe				
Lp	Moc $P_N$	Moc $P_I$	Moc $S$	PF
	W	W	VA	-
1	30	26,43	45,91	0,464
2	25	28,23	47,70	0,467
3	23	23,20	39,41	0,459
4	21	19,56	33,66	0,462
5	15	13,80	23,76	0,459
6	13	8,43	14,13	0,479
7	13	12,84	21,27	0,487
8	11	8,59	13,86	0,504
9	9	8,13	13,86	0,467
10	9	8,28	15,70	0,416
11	7	6,76	11,20	0,483
Źródła i moduły LED				
12	1,2	1,53	16,57	0,30
13	2,0	3,93	8,26	0,47
14	2,0	2,12	4,51	0,46
15	3,5	4,31	9,16	0,47
16	5,0	8,54	14,11	0,53
17	12,0	13,54	62,18	0,29
18	12,0	12,31	54,76	0,35
19	45,0	48,5	89,45	0,55
20	100,0	102,3	195,34	0,31

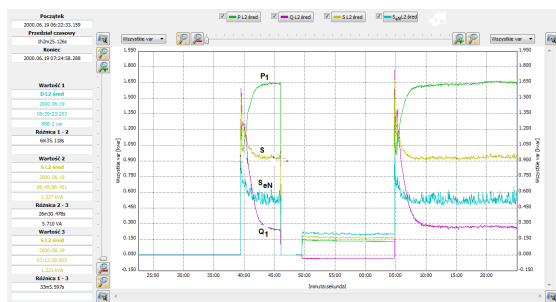
gdzie:  $P_N$  – wartość mocy deklarowana przez producenta,  $P_I$  – moc czynna składowych podstawowych,  $S$  – moc pozorna,  $PF$  – współczynnik mocy ( $P/S$ ).

Dla wyznaczenia parametrów elektrycznych oraz oceny zawartości harmonicznych wykonano pomiary instalacji oświetleniowej podzielonej na 3 obwody połączone w gwiazdę. Badana instalacja zawierała oprawy wyładowcze i LED. Oprawy były załączane cyklicznie.

Na rys 3. pokazano przebieg zmian współczynników mocy w jednym z obwodów instalacji oświetleniowej – mieszanej.



Rys. 3. Przebieg zmian wartości współczynników mocy:  $\cos\phi_1$  i PF obwodu zawierającego źródła wyładowcze i LED

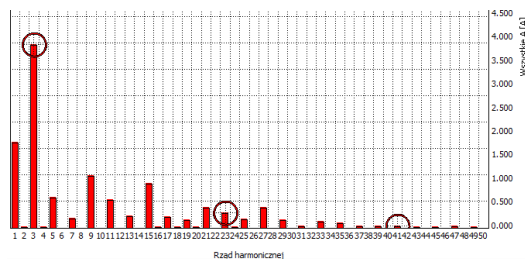


Rys. 4. Rejestracja wartości składowych mocy obwodu zawierającego źródła wyładowcze i LED

Na rys. 4 przedstawiono zmiany wartości mocy czynnej  $P_1$ , bierniej  $Q_1$ , pozornej  $S$  oraz mocy pozornej odkształcenia  $S_{eN}$ . Przykładowe zmierzone wartości mocy zamieszczono w tab. 3.

Tabela 3  
Przykładowe wartości składowych mocy  
Światłówki kompaktowe

Lp	Moc P	Moc $Q_1$	Moc S	Moc $S_{eN}$	PF
	W	Var	VA	VA	-
Obwód LED					
1	95,63	-31,59	233,4	211,0	0,41
Obwód oprawy wyładowcze + LED					
2	1100	256,3	1264	566,8	0,87



Rys. 5. Rozkład harmonicznych prądu w przewodzie neutralnym

Na podstawie analizy wyników pomiarów stwierdzono:

- znaczne, niezgodne z normą, przekroczenie zawartości harmonicznych prądu zasilającego badane obwody (niewłaściwa budowa przekształtników opraw LED),

- wartość skuteczna prądu w przewodzie neutralnym przy obciążeniu oprawami LED jest większa od wartości prądu w przewodach fazowych a trzecia harmoniczna jest dwukrotnie większa od składowej podstawowej (rys.5.),
- składowa nieaktywna mocy  $N$  (moc bierna podstawowej składowej i harmonicznych) jest duża.

## 5. PODSUMOWANIE

Postęp i rozwój technologii oraz coraz wyższe wymagania samych odbiorców, niosą ze sobą coraz większe zużycie nie tylko energii czynnej, ale również i biernej. Urządzenia takie jak klimatyzacja, chłodziarki, komputery, urządzenia elektroniczne, wentylacja mechaniczna w blokach mieszkalnych, wyciągi spalin z podziemnych garaży, szeroko stosowane „oszczędne” oświetlenie fluorescencyjne i LED są źródłem energii biernej. Oznacza to, że (zwłaszcza po zmianie sprzedawcy energii) coraz częściej powinno się instalować liczniki realizujące pomiar energii biernej u odbiorców na niskim napięciu, zwłaszcza w dobie „Smart meteringu”. Dlatego coraz bardziej istotny jest pomiar wartości w sieci nn, która jest najbardziej rozległa i rozproszona, a tym samym jest coraz większym udziałowcem generowania energii biernej. W większości przypadków dla odbiorców „komunalnych” nadal dokonuje się rozliczeń na podstawie zarejestrowanej energii czynnej. Jednakże pomiar energii biernej (realizowany według standardu IEEE 1459) mógłby być źródłem wiedzy, którą spółka dystrybucyjna może wykorzystać do poprawy funkcjonowania sieci elektroenergetycznej.

Zrealizowane pomiary, zarówno w laboratorium jak i na rzeczywistej instalacji oświetleniowej pozwalają stwierdzić, iż część odbiorników nie spełnia wymagań określających parametry elektryczne (PF) oraz zapisy norm EMC. Przedstawione (tab.1) wymagania dotyczące współczynnika mocy źródeł, modułów i opraw oświetleniowych zarówno CFL jak i LED pozwalają na wprowadzanie na rynek i również późniejszą eksploatację odbiorników energii biernej. Pozwalają również na instalowanie grup odbiorników małej mocy (<25W) dla których współczynnik mocy PF będzie (zgodnie z przepisami) większy lub równy ~ 0,55 – CFL i większy lub równy ~ 0,4 LED. W badanej instalacji oświetleniowej zawierającej oprawy ze źródłami wyładowczymi i LED zainstalowano 72 szt. nowoczesnych i energooszczędnych opraw z diodami LED o mocy znamionowej 3W każda, co pozwoliło uzyskać 3 „odbiorniki” o mocy znamionowej 72W (zmierzonej 95,63W) i współczynnika PF równym 0,41.

## LITERATURA

- [1] [www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/inteligentne-liczniki-u-wszystkich-do-2020-r](http://www.portalsamorzadowy.pl/gospodarka-komunalna/inteligentne-liczniki-u-wszystkich-do-2020-r)
- [2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie szczegółowych zasad kształtowania i kalkulacji taryf oraz rozliczeń w obrocie energią elektryczną Dz.U. 2011 Nr 189, poz. 1126 z późniejszymi zmianami
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie wymagań, którym powinny odpowiadać liczniki energii elektrycznej czynnej prądu przemiennego, oraz szczegółowego zakresu sprawdzeń wykonywanych podczas prawnej kontroli metrologicznej tych przyrządów pomiarowych Dz.U. 2008 nr 11 poz. 63 z późniejszymi zmianami
- [4,5] [www.ptpiree.pl/data/sm/1\\_wymagania\\_liczniki\\_komunalne.pdf](http://www.ptpiree.pl/data/sm/1_wymagania_liczniki_komunalne.pdf) ; [2\\_wymagania\\_liczniki\\_bilansujace.pdf](http://www.ptpiree.pl/data/sm/2_wymagania_liczniki_bilansujace.pdf)
- [6] Wytyczne do budowy systemów energetycznych w PGE Dystrybucja SA 2010 [www.zelt.pl/docs/wbse\\_tom\\_7.pdf](http://www.zelt.pl/docs/wbse_tom_7.pdf)
- [7] PN-EN 62053-21:2006 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) -- Wymagania szczegółowe -- Część 21: Liczniki statyczne energii czynnej (klas 1 i 2)
- [8] PN-EN 62053-23:2006 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej (prądu przemiennego) -- Wymagania szczegółowe -- Część 23: Liczniki statyczne energii biernej (klas 2 i 3)
- [9] IEEE Std 1459-2010 Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions; IEEE, New York, 2010.
- [10] Papiież K.: Pomiar mocy biernej z wykorzystaniem transformacji Hilberta w świetle normy IEEE Std 1459-2010. *Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska*, (2011), nr.4, 15-18
- [11] Wakieć A.: Wpływ dokładności pomiaru poszczególnych elementów układów pomiaroworozliczeniowych energii elektrycznej na wartość różnicy bilansowej. *Energia Elektryczna* (2009), nr.4, 17-19
- [12] Rozporządzenie komisji (WE) nr 244/2009 z dnia 18 marca 2009r. w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla bezkierunkowych lamp do użytku domowego
- [13] Rozporządzenie komisji (WE) nr 1194/2012 z dnia 12 grudnia 2012r. w odniesieniu do wymogów dotyczących ekoprojektu dla lamp kierunkowych, lamp z diodami elektroluminescencyjnymi i powiązanego wyposażenia
- [14] PN - EN 61000-3-2:2007 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 3-2: Poziomy dopuszczalne - - Poziomy dopuszczalne emisji harmoniczných prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika < lub = 16 A)

## REACTIVE ENERGY AND REGULATIONS OF EUROPEAN UNION

**Key words:** reactive energy, standard IEEE 1459-2000, electric energy meters, lighting installations

**Summary.** The issue of article relates to accounting reactive energy by distribution companies. Discussed the records in force in Poland, directives, regulations and standards. Conditions of legalization of electric energy meters were introduced. Describes a method of accounting for reactive energy specified in standard IEEE 1459-2000. Results of research and analysis of energy consumption of external lighting installations were presented.

**Marek Kurkowski**, dr inż., Wydział Elektryczny Politechnika Częstochowska. Jego badania skupiają się na problematyce związanej z techniką świetlną, projektowaniem oświetlenia, prognozowaniem zużycia energii na oświetlenie, pomiarami wielkości elektrycznych i nieelektrycznych – [marekk@el.pcz.czyst.pl](mailto:marekk@el.pcz.czyst.pl)

**Tomasz Popławski** dr hab. inż. prof. PCZ, Wydział Elektryczny Politechnika Częstochowska. Jego badania skupiają się na analizach, modelowaniu i prognozowaniu zjawisk związanych z eksploatacją oraz programowaniem rozwoju systemów elektroenergetycznych – [poptom@el.pcz.czyst.pl](mailto:poptom@el.pcz.czyst.pl)

**Jarosław Mirowski**, mgr inż., Wydział Elektryczny Politechnika Częstochowska doktorant. Jego badania skupiają się na problematyce związanej z techniką świetlną, projektowaniem oświetlenia, prognozowaniem zużycia energii na oświetlenie, pomiarami wielkości elektrycznych i nieelektrycznych – [jarmirowski@gmail.com](mailto:jarmirowski@gmail.com)