

doi:10.15199/48.2024.12.24

## Wymagania współczesnych liczników dla biernej energii elektrycznej w świetle obowiązujących przepisów.

**Streszczenie.** W artykule opisano najważniejsze informacje dotyczące wymagań prawnych dotyczących pomiarów i rozliczania za ponadumowny pobór energii biernej. Ponieważ przepisy prawne określają także najważniejsze parametry stawiane licznikom energii elektrycznej czynnej i biernej, w pracy opisano również podstawowe wymagania jakie muszą spełniać nowoczesne liczniki zdalnego odczytu. Szczególny nacisk został położony na zagadnienia związane z pomiarem energii biernych w licznikach czterokwadrantowych.

**Abstract.** In this article the information about legal requirements for reactive energy measurements and settlements between the energy suppliers and customers are described. Law regulations define the main parameters towards the energy meters for reactive energy. The major requirements for 4-quadrants energy meters are also presented. (Reactive energy measurements issues in the aspect of legal regulations).

**Słowa kluczowe:** licznik energii elektrycznej, pomiar energii biernej, wymagania prawne.

**Keywords:** electricity meter, measurements of reactive energy, legal requirements.

### Wstęp

Występowanie mocy biernej w sieciach prądu przemiennego spowodowane jest obecnością elementów reaktancyjnych. Na potrzeby rozliczeń rozróżniamy energię elektryczną bierną indukcyjną  $E_{QL}$  (nazywaną również energią bierną pobraną, lub ze względu na znak na wykresie wskazowym dodatnią) oraz pojemnościową  $E_{QC}$  (nazywana energią bierną oddaną lub ujemną). Zarówno jedna jak i druga mierzona jest w kilowarogodzinach (kvarh) lub megawarogodzinach (Mvarh). Różnica polega jedynie na określeniu umownego kierunku przepływu (oznaczenie  $E_{Q+}$  oraz  $E_{Q-}$ ). Należy jednak zwrócić uwagę, że powyższe nazewnictwo odnosi się tylko do przypadku gdy jest pobierana energia czynna. W przypadku dwukierunkowego przepływu energii czynnej, aby nie było niejednoznaczności, należy mówić o energii biernej mierzonej w 4 kwadrantach pomiarowych oznaczonych  $E_{Q1}$ ,  $E_{Q2}$ ,  $E_{Q3}$ ,  $E_{Q4}$  oraz o energii biernej dodatniej  $E_{Q+}$  i ujemnej  $E_{Q-}$  (zależności pokazane na rys. 1). Operowanie nazewnictwem związanym z kwadrantami pomiarowymi jest bardziej precyzyjne, dokładnie określa bowiem jakich liczydeł należy użyć w celu poprawnego obliczenia opłat za energię bierną. Moc bierna indukcyjna, pomimo że nie wiąże się ze zmianą energii elektrycznej na inny rodzaj energii użytkowej np. pracę mechaniczną lub energię cieplną, jest potrzebna do prawidłowej pracy niektórych urządzeń. Jest ona niezbędna do wytworzenia pola magnetycznego, umożliwiającego prawidłową pracę transformatorów oraz silników. Moc bierna pojemnościowa spowodowana jest obecnością kondensatorów w obwodach zasilających urządzeń elektrycznych, a także obecnością pojemności pasożytniczych np. w długich liniach kablowych. Znaczna część obecnie produkowanych urządzeń wyposażona jest w różnego rodzaju przekształtniki zawierające na wejściu zasilania układy prostownicze oraz filtry tętnień zbudowane w oparciu o kondensatory dużej pojemności. Urządzenia tego typu pracują ze znaczną mocą bierną pojemnościową. Zarówno moc bierna indukcyjna jak i pojemnościowa powodują wzrost prądu zasilania, przez co są przyczyną zwiększonych strat występujących na rezystancjach sieci zasilającej. Powoduje to więc zmniejszenie mocy czynnej (użytkowej) z jaką może być przesłana energia przez system zasilający, co wymaga projektowania układów przesyłowych z pewnym zapasem. Spółki dystrybucyjne, chcąc ograniczyć moc bierną, wprowadzają zatem opłaty za jej ponadnormatywną wartość, co pośrednio wymusza stosowanie u odbiorcy

urządzeń kompensujących, w konsekwencji powoduje to ograniczenie mocy biernej w sieci elektroenergetycznej.

### Regulacje prawne dotyczące poboru energii biernej

Aktualne wymagania prawne dotyczące pomiaru oraz rozliczania za energię bierną zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie systemu pomiarowego z dnia 22 marca 2022 roku [1] oraz w Rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie kształtowania i kalkulacji taryf oraz sposobu rozliczeń w obrocie energią elektryczną z dnia 29 listopada 2022 roku [2]. W pierwszym dokumencie zdefiniowano wymagania funkcjonalne jakie musi spełniać system pomiarowy wykorzystywany do rozliczeń za energię elektryczną czynną oraz bierną. W dokumencie szczególny nacisk położony został na infrastrukturę dotyczącą pozyskiwania, przesyłania i bezpieczeństwa danych pomiarowych odczytywanych z liczników energii elektrycznej oraz analizatorów jakości energii elektrycznej. Wymagania jakie muszą spełniać liczniki zdalnego odczytu zawarte są w załączniku 1 do rozporządzenia w sprawie systemu pomiarowego. W punkcie 8.2.2 dokumentu wskazano, że pomiar energii biernej musi odbywać się według normy PN-EN 62053-24 [3]. Norma ta określa pomiar energii biernej tylko dla częstotliwości podstawowej. Wszystkie harmoniczne i subharmoniczne muszą być więc filtrowane. Obecnie obowiązująca edycja normy została wydana w 2021 roku. Określono w niej podstawowe wymagania dla wszystkich klas dokładności pomiaru energii biernej dopuszczonych w rozporządzeniu do rozliczeń (tabela 1). Liczniki produkowane przed wejściem rozporządzenia w sprawie systemu pomiarowego, w zależności od klasy, mierzyły energię bierną według różnych norm. W przypadku liczników klasy 2 i 3, był to pomiar zgodnie z PN-EN 65053-23 [4] w oparciu o definicję energii biernej sinusoidalnych prądów i napięć zawierających tylko harmoniczną o częstotliwości podstawowej. Dla liczników klas 0,5S, 1S i 1 obowiązywała natomiast norma PN-EN 62053-24 z 2015 roku [5] która nie obejmowała klas 2 i 3. Dopiero, wspomniana wcześniej, najnowsza wersja normy [3] została rozszerzona o klasy 2 i 3. Wspomnieć również należy, że obecnie obowiązujące w Polsce przepisy nie wymagają przeprowadzania procedury badania typu nowo zaprojektowanego licznika energii biernej. Takie badanie, przeprowadzane przez wyznaczoną jednostkę badawczą, zgodne z obowiązującą dyrektywą 2014/32/UE (MID) wymagane jest tylko dla liczników energii elektrycznej czynnej służących do rozliczeń. Liczniki energii biernej nie

podlegają więc ocenie zgodności z dyrektywą MID. W ich przypadku nie jest również przeprowadzana żadna procedura legalizacji. O niepewności pomiaru decyduje wyłącznie producent licznika. Jedynym sposobem sprawdzenia rzetelności wskazań energii biernej jest przeprowadzenie procedury wzorcowania w akredytowanym laboratorium. Określenie przez rozporządzenie jednakowej normy dla wszystkich klas pomiarowych ułatwia więc porównanie różnych urządzeń. Ważną informacją jest również fakt, że wszystkie układy pomiarowo rozliczeniowe muszą być dostosowane do wymagań rozporządzenia do dnia 4 lipca 2031. Z zapisu tego wynika, że do tego czasu w układach pomiarowych będą występowały liczniki energii elektrycznej mierzące energię bierną według różnych norm.

Rozwiązania techniczne układów pomiarowych i związane z nimi wymagania dotyczące liczników energii elektrycznej podzielone zostały na następujące kategorie:

- kategoria A - wszystkie podmioty należące do I i II grupy przyłączeniowej,
- kategoria B3 - podmioty należące do III grupy przyłączeniowej o mocy większej niż 5 MW,
- kategoria B2 - podmioty należące do III grupy przyłączeniowej o mocy od 40 kW do 5 MW,
- kategoria B1 - podmioty należące do III grupy przyłączeniowej o mocy mniejszej niż 40 kW,
- kategoria C2 - podmioty należące do IV i V grupy przyłączeniowej o mocy większej niż 40 kW,
- kategoria C1 - podmioty należące do IV i V grupy przyłączeniowej o mocy mniejszej niż 40 kW.

Najważniejsze wymagania metrologiczne stawiane przed licznikami energii elektrycznej biernej montowanymi w układach pomiarowo - rozliczeniowych odbiorców zaliczanych do poszczególnych kategorii zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Najważniejsze wymagania metrologiczne liczników energii elektrycznej biernej zaliczanych do poszczególnych kategorii układów pomiarowych

	Kategoria A	Kategoria B1, B2, B3	Kategoria C1	Kategoria C2
Ilość faz	3	3	1 lub 3	3
Układ pomiarowy	pośredni	pośredni	bezpośredni	pośredni lub półpośredni
Klasa dokładności energii biernej	0,5S	1 lub 1S	1	1 lub 1S
Wymagania pomiaru energii biernej	PN-EN 62053-24 (najnowsza edycja 2021-05) (moc i energia bierna mierzona dla składowej podstawowej)			
Taryfikacja	Pomiar w 4 kwadrantach			

W rozporządzeniu Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie kształtowania i kalkulacji taryf oraz sposobu rozliczeń w obrocie energią elektryczną określono sposoby naliczania opłat za energię elektryczną czynną oraz bierną. W dokumencie tym można znaleźć zapis, że spółka zajmująca się dystrybucją energii elektrycznej może pobierać opłaty za ponadumowny pobór energii biernej. Przez ponadumowny pobór energii biernej przez odbiorcę rozumie się ilość energii biernej odpowiadającą:

- współczynnikowi mocy  $tg\varphi$  wyższemu od współczynnika  $tg\varphi_0$  stanowiącą nadwyżkę energii biernej indukcyjnej,
- indukcyjnemu współczynnikowi mocy przy braku poboru energii elektrycznej czynnej,
- pojemnościowemu współczynnikowi mocy zarówno przy poborze energii elektrycznej czynnej, jak i przy braku takiego poboru.

Powyższy zapis oznacza, że w przypadku obciążenia rezystancyjno indukcyjnego opłaty naliczane są wyłącznie po przekroczeniu ustalonego w umowie współczynnika  $tg\varphi_0$ . Współczynnik ten najczęściej przyjmuje wartość 0,4. W uzasadnionych przypadkach może być inny z zakresu 0,2 – 0,4. Poniżej tej wartości opłaty nie są naliczane. Dla obciążenia czysto indukcyjnego oraz pojemnościowego i rezystancyjno pojemnościowego opłaty są pobierane za całkowitą ilość, zmierzonej w okresie rozliczeniowym, energii biernej. Rozliczeniami za pobór energii biernej zawsze są objęci odbiorcy zasilani z sieci średniego, wysokiego i najwyższego napięcia. Takimi rozliczeniami mogą być objęci również odbiorcy zasilani z sieci o napięciu nie wyższym niż 1kV, co musi być określone w umowie. Należy zwrócić uwagę że powyższe wymagania rozporządzenia dotyczą tylko przypadków gdy pobierana jest energia czynna i nic nie mówią o sytuacjach gdy jest ona oddawana do sieci.

### Naliczanie opłat

Opłata za energię bierną indukcyjną jest naliczana według wzoru:

$$(1) \quad Ob = k \cdot Crk \left( \sqrt{\frac{1 + tg^2\varphi}{1 + tg^2\varphi_0}} - 1 \right) \cdot EP$$

gdzie:  $Ob$  - opłata wyrażona w zł,  $k$  - krotność ceny,  $Crk$  - cena energii elektrycznej obowiązująca w zatwierdzonej taryfie,  $EP$  - pobrana energia czynna.

Występująca we wzorze (1) krotność ceny  $k$  zależna jest od napięcia z jakiego odbiorca jest zasilany. Współczynnik ten określony jest w taryfie i obecnie wynosi: 0,5 dla WN; 1,0 dla SN; 3,0 dla nN. Tangens mocy  $tg\varphi$  jest obliczany według wzoru (2) całodobowo lub w strefach czasowych, w których jest dokonywana kontrola poboru energii biernej. Ponieważ jest on obliczany w oparciu o całkowitą energię zmierzoną w okresie rozliczeniowym nie są więc pobierane opłaty za krótkotrwałe przekroczenia współczynnika mocy pod warunkiem, że przekroczenie to ma charakter indukcyjny. Ważne jest aby obliczony na koniec okresu rozliczeniowego  $tg\varphi$  nie przekraczał wartości  $tg\varphi_0$ .

$$(2) \quad tg\varphi = \frac{EQ1_k - EQ1_p}{EP_k - EP_p}$$

gdzie:  $EQ1_k$ ,  $EQ1_p$ ,  $EP_k$ ,  $EP_p$  - wartość liczydła energii biernej indukcyjnej (I kwadrant) oraz energii czynnej pobranej na końcu oraz na początku okresu rozliczeniowego.

W przypadku gdy występuje szybkozmiennie obciążenie mocą bierną współczynnik  $tg\varphi$  obliczany jest ze wzoru:

$$(3) \quad tg\varphi = \frac{\Delta EQ1}{EP} + tg\varphi_0$$

gdzie:  $\Delta EQ1$  - nadwyżka energii biernej zmierzona w okresie rozliczeniowym.

Niestety w rozporządzeniu nie ma informacji jakie rodzaje obciążenia są uznawane za szybkozmiennie.

Opłata za energię bierną pojemnościową pobierana jest za każdą pobraną kilowarogodzinę (lub megawarogodzinę) wg wzoru:

$$(4) \quad Ob = k \cdot Crk \cdot (EQ4_k - EQ4_p)$$

gdzie:  $EQ4_k$ ,  $EQ4_p$  - wartość liczydła energii biernej pojemnościowej (IV kwadrant) na końcu oraz na początku okresu rozliczeniowego.

## Pomiar energii biernej przez licznik

Energia bierna obliczana jest z następującej zależności:

$$(5) \quad EQ = \int_{t_p}^{t_k} Q dt$$

gdzie:  $Q$  - moc bierna zmierzona w okresie przebiegu składowej podstawowej,  $t_p$ ,  $t_k$  - początek oraz koniec okresu rozliczeniowego.

W obwodach jednofazowych z wymuszeniami sinusoidalnymi moc bierna jest wyrażona za pomocą wzoru:

$$(6) \quad Q = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t - \frac{T}{4}) dt = U \cdot I \sin \varphi$$

Od początku rozwoju elektrotechniki definicja mocy biernej dla przebiegów odkształconych budzi duże kontrowersje, co doprowadziło do wielu różnych teorii mocy [6, 7, 8, 9]. Można wykazać znaczne różnice wyników pomiarów mocy biernej, dla przebiegów odkształconych, mierzonych wg różnych definicji, co dokładnie opisano w pracy [10]. Wprowadzenie konieczności pomiarów energii biernej tylko harmonicznej podstawowej według normy PN-EN 62053-24 dla wszystkich liczników służących do rozliczeń jest więc próbą ujednoczenia wskazań przez urządzenia różnych typów. Należy jednak zwrócić uwagę, że pomiary przebiegów odkształconych w rzeczywistych sieciach zasilających dokonywane przez różne liczniki, zwłaszcza różnych producentów, nawet dla pomiaru zgodnie z normą tylko składowej podstawowej nie dadzą takich samych wyników. Wynika to z faktu zastosowania różnych rozwiązań konstrukcyjnych i algorytmów pomiarowych oraz różnych niepewności pomiaru poszczególnych liczników. Aby obliczyć energię bierną należy przesunąć przebieg prądu o  $90^\circ$  względem napięcia (wzór 6).

W przypadku gdy występuje tylko składowa sinusoidalna o stałej częstotliwości wystarczające jest wprowadzenie czasowego opóźnienia o zadaną liczbę próbek jest to stosowane w prostszych przetwornikach pomiarowych. W praktyce lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie przekształcenia Hilberta które wprowadza stałe przesunięcie fazy dla wszystkich częstotliwości jakie występują w sygnale. Korzyści wynikające z właściwości przekształcenia w szczególności uwidaczniają się w przetwornikach pomiarowych umożliwiających wybór metody pomiaru energii biernej. Aby licznik spełniał wymagania normy PN-EN 62053-24 dodatkowo przed układem obliczania energii biernej, w torach pomiaru prądu

i napięcia, powinien znajdować się filtr harmonicznych. Filtr ten nie musi występować w starszych konstrukcjach spełniających wymagania normy PN-EN 62053-23. Liczniki energii biernej klas 0,5S oraz 1S i 1 ale spełniające wymagania normy z 2015 mogą posiadać filtr o mniejszym współczynnikiem tłumienia co jest przyczyną, że nie zawsze jest spełnione wymaganie najnowszej wersji normy. W celu weryfikacji poprawności filtracji składowych harmonicznych przeprowadzane jest badanie licznika w obecności 5 harmonicznej. Jest ono dokładnie opisane w normie PN-EN 62053-24 i polega na podaniu na wejścia pomiarowe licznika, oprócz składowej podstawowej, 5 harmonicznej o takich poziomach prądu i napięcia, aby moc bierna przenoszona przez tę harmoniczną wynosiła 4 % mocy biernej składowej podstawowej. Jeżeli badany licznik poprawnie filtruje harmoniczne błąd jego jest niewielki. W zależności od klasy nie może przekroczyć wartości podanych w tabeli 2.

Tabela 2. Maksymalne wartości błędu dodatkowego w obecności 5 harmonicznej

PN-EN 62053-24:2021 (norma obecnie obowiązująca)				
Klasa licznika	0,5S	1S, 1	2	3
Max błąd [%]	0,5	0,8	1,0	1,5
PN-EN 62053-24:2015				
Klasa licznika	0,5S		1S, 1	
Max błąd [%]	2,5		2,5	
PN-EN 62053-23				
Klasa licznika	2		3	
Max błąd [%]	Brak wymagań			

W tabeli 3 zestawione są wyniki, przeprowadzonych przez autorów, pomiarów 6 trójfazowych liczników pośrednich różnych producentów jakie można spotkać obecnie w systemie elektroenergetycznym. Pomiary zostały przeprowadzone na stanowisku dla którego niepewność rozszerzona w obecności harmonicznych została oszacowana na wartość  $U_{MS} = 0,64\%$ . Kolorem szarym zaznaczono wymagania norm obowiązujących w momencie wprowadzenia urządzeń do obrotu. Pomimo, że błąd dodatkowy w obecności 5 harmonicznej badanych urządzeń jest różny, wszystkie spełniały wymagania norm obowiązujących w momencie wprowadzenia liczników na rynek. Należy jednak zwrócić uwagę, że w obecności przebiegów odkształconych wskazania będą różne w zależności od poziomów harmonicznych w mierzonych przebiegach mocy.

Tabela 3. Błąd dodatkowy pomiaru energii biernej liczników w obecności 5 harmonicznej

badany licznik	licznik 1	licznik 2	licznik 3	licznik 4	licznik 5	licznik 6
rok produkcji	2024	2022	2021	2020	2018	2020
deklarowana przez producenta klasa	0,5S	2	2	0,5S	2	0,5S
zmierzony błąd dodatkowy [%]	0,047	0,842	4,191	-0,001	0,844	2,251
klasa wg PN-EN 65053-24:2021	0,5S	2	nie spełnia	0,5S	2	nie spełnia
klasa wg PN-EN 65053-24:2015	0,5S	0,5S	nie spełnia	0,5S	0,5S	0,5S
klasa wg PN-EN 65053-23:2006	2	2	2	2	2	2

## Taryfikacja

W zależności od kierunku przepływu energii czynnej i biernej wyróżniamy 4 kwadranty pomiarowe co pokazano na rysunku 1. Kwadrantom tym odpowiadają liczydła energii czynnej i biernej. W celu ich rozróżnienia stosowane są kody OBIS (zgodnie z normą PN-EN 62056-6-1 [11]) określające z jakim liczydłem mamy do czynienia. Do rozliczeń za energię bierną najbardziej użyteczne są tzw. liczydła kwadrantowe EQ1 - EQ4, które jednoznacznie określają znak mocy biernej. W przypadku poboru energii

czynnej, do rozliczeń, wykorzystywane są liczydła z I oraz IV kwadrantu pomiarowego. Energii indukcyjnej odpowiadają liczydła EQ1 o kodzie OBIS 5.8.x, natomiast pojemnościowej liczydła 8.8.x. Zaznaczone na rysunku liczydła 3.8.x oraz 4.8.x nazywane liczydłami energii biernej pobór (EQ+, czasem oznaczane EQL) oraz oddawanie (EQ- czasem oznaczane EQC) odpowiadają liczydłom kwadrantowym tylko w przypadku gdy mamy do czynienia z poborem energii czynnej. Należy zauważyć, że w przypadku oddawania energii czynnej charakter pobieranej

energii biernej zostaje zamieniony z indukcyjnego na pojemnościowy natomiast oddanej z pojemnościowego na indukcyjny. W takim przypadku liczydło 3.8.x oznacza energię pojemnościową a 4.8.x indukcyjną. Oznaczenie liczydeł EQL oraz EQC może więc w takim przypadku wprowadzać w błąd. Dla obciążeń szybkozmiennych, gdzie do rozliczeń za energię bierną stosowany jest wzór (3), wykorzystywane jest tzw. liczydło nadwyżki energii biernej oznaczone kodem OBIS 5.38.0. W liczydło tym zliczana jest energia bierna indukcyjna (I kwadrant) jaka została pobrana po przekroczeniu umownego współczynnika  $tg\phi_0$ . W takim przypadku graniczna wartość  $tg\phi_0$  musi być ustawiona w odpowiednim rejestrze konfiguracyjnym licznika. W przypadku pomiaru w kilku strefach czasowych dodatkowo występują niezależne liczydła energii czynnej oraz biernej kwadrantowej dla każdej strefy (litera x w oznaczeniach na rysunku 1 oznacza strefę czasową). Nadwyżka energii biernej jest jednak zawsze mierzona bezstrefowo dlatego ostatni znak w kodzie OBIS ma wartość 0.

Rys. 1. Liczydła energii w kwadrantach pomiarowych

W przypadku pomiarów w sieciach trójfazowych ważnym zagadnieniem jest międzyfazowe bilansowanie energii. Sposób bilansowania jest szczególnie ważny w przypadku dwukierunkowego przepływu energii. Możemy wyróżnić metodę arytmetyczną oraz wektorową. Rozporządzenie w sprawie systemu pomiarowego wymusza stosowanie bilansowania wg metody arytmetycznej. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że w dokumencie opisany jest wymóg bilansowania arytmetycznego tylko dla energii czynnej. Należy jednak założyć, że producenci stosują jednakowy sposób bilansowania dla obydwu rodzajów energii. Ponieważ wcześniejsze przepisy nie definiowały metody bilansowania międzyfazowego w krajowym systemie energetycznym można spotkać urządzenia bilansujące energię według różnych algorytmów. Metoda arytmetyczna polega na niezależnym pomiarze energii w każdej z faz i w zależności od kierunku przepływu zwiększanie zawartości odpowiedniego liczydła. W przypadku energii płynącej w dwu fazach w różnych kierunkach możliwe jest więc równoczesne zwiększanie zawartości liczydeł zarówno energii pobranej jak i oddanej (oraz odpowiednich liczydeł kwadrantowych). Dla metody wektorowej w pierwszej kolejności sumowana jest, z uwzględnieniem znaku, energia ze wszystkich faz a następnie w zależności od znaku wyniku zwiększana jest zawartość tylko jednego liczydła energii pobranej bądź oddanej. Zwiększane jest również tylko jedno liczydło kwadrantowe energii biernej.

#### Podsumowanie

Opłaty za ponadumowny pobór energii biernej są obecnie jedyną motywacją do ograniczenia przez odbiorców poboru tej energii. Wymuszenie w ten sposób

konieczności stosowania kompensacji mocy biernej powoduje korzystny wpływ na działanie systemu elektroenergetycznego. Brak jednoznacznych wymagań prawnych dotyczących pomiaru energii biernej, takich jak dyrektywa MID dla energii czynnej, pozwala na stosowanie różnych rozwiązań konstrukcyjnych oraz algorytmów obliczeniowych energii biernej. Głównym celem stosowania liczników energii elektrycznej biernej jest ich wykorzystanie do pomiarów związanych właśnie z rozliczeniami za ponadnormatywny pobór tej energii. Ważne jest więc aby, pomimo różnych definicji mocy biernej, pomiar dla wszystkich odbiorców był wykonany tak samo. Określenie wymagań pomiaru zapisane w rozporządzeniu w sprawie systemu pomiarowego jest więc pierwszą próbą ujednoczenia sposobu pomiaru energii biernej na terenie Polski. Ponieważ szeroko stosowane elementy do kompensacji mocy biernej takie jak kondensatory wykorzystuje się do kompensacji składowej podstawowej zasadny jest więc pomiar tylko tej składowej. Ważnym zagadnieniem jest również wspomniane w artykule bilansowanie międzyfazowe. Nabiera ono szczególnego znaczenia w przypadku dwukierunkowego przepływu energii przez licznik co jest coraz powszechniejszym zjawiskiem ze względu na popularność instalacji fotowoltaicznych.

**Autorzy:** mgr inż. Piotr Makles

Zakład Elektronicznych Urządzeń Pomiarowych POZYTON  
Sp. z o.o. E-mail: p.makles@pozyton.com.pl;

dr hab. inż. Andrzej BIEN prof. uczelni

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza E-mail: abien@agh.edu.pl

#### LITERATURA

- [1] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie systemu pomiarowego. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2022poz. 788. Warszawa, dnia 8 kwietnia 2022.
- [2] Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska w sprawie kształtowania i kalkulacji taryf oraz sposobu rozliczeń w obrocie energią elektryczną. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej 2022 poz.2505. Warszawa, dnia 29 listopada 2022.
- [3] Norma PN-EN 62053-24:2021Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej. Wymagania szczegółowe - Część 24: Liczniki statyczne energii biernej dla częstotliwości podstawowej (klas 0,5S, 1S, 1, 2 i 3).
- [4] Norma PN-EN 62053-24:2015 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej. Wymagania szczegółowe - Część 24: Liczniki statyczne energii biernej dla częstotliwości podstawowej (klas 0,5S, 1S, 1).
- [5] Norma PN-EN 62053-23:2006 Urządzenia do pomiarów energii elektrycznej. Wymagania szczegółowe - Część 23: Liczniki statyczne energii biernej (klas 2 i 3).
- [6] Budeanu C.I.: Puicencesreactives et fictives, Institut Romain de L'Energie, Bucharest 1927.
- [7] Iliovici M.: The definition and measurement reactive power and energy, Bull. Soc. Franc. Electriciens, vol. 5, pp. 931 - 956, 1925.
- [8] Fryze S.: Moc rzeczywista, urojona i pozorna w obwodach elektrycznych o przebiegach odkształconych prądu i napięcia, Przegląd Elektrotechniczny, 1931, nr 7, s. 193–203.
- [9] Czarnecki L.S.: Moce w obwodach elektrycznych z niesinusoidalnymi przebiegami prądów i napięć, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2005.
- [10] Kosobudzki G., Dusza D.: Liczniki energii biernej w sieciach z niesinusoidalnymi przebiegami prądu i napięcia. Metrologia, red. Mariusz R. Rząsa, Studia i Monografie z. 585. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole 2023, p 209-219.
- [11] NormaPN-EN 62056-6-1:2018-02 Wymiana danych w pomiarach energii elektrycznej. Zespół DLMS/COSEM. Część 6-1: System identyfikacji obiektów (OBIS).
- [12] Bielecki S.: Specyfikacja formuły naliczania opłat za użytkowanie energii biernej w Polsce. Rynek Energii 5/2018.