

Wojciech PIERZGALSKI

INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI ODDZIAŁ METROLOGII I AUTOMATYKI „METROL”, ul. Przemysłowa 6, 65-950 Zielona Góra

Standaryzacja metod pomiarowych grupy przyrządów przeznaczonych do wyznaczania wskaźników jakości energii elektrycznej**Mgr inż. Wojciech PIERZGALSKI**

Studia wyższe ukończył na Wydziale Elektrycznym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, studia podyplomowe na Wydziale Elektrycznym Politechniki Wrocławskiej. Obecnie pracuje w Instytucie Elektro-techniki Oddział Metrologii i Automatyki „METROL” na stanowisku głównego konstruktora. Obszar szczególnych zainteresowań obejmuje cyfrowe przyrządy pomiarowe wielkości elektrycznych tj. analizatory jakości energii elektrycznej, mierniki parametrów sieci oraz wieloparametrowe przetworniki wielkości elektrycznych.

e-mail: W.Pierzgalski@metrol.pl**Streszczenie**

W artykule przedstawiono próbę standaryzacji metod pomiarowych do wyznaczania wskaźników jakości energii elektrycznej na podstawie dokumentów normalizacyjnych IEC/TC77. Wymagania dotyczą grupy przyrządów realizujących pomiary w systemach zasilających prądu przemiennego 50/60 Hz, a w szczególności analizatorów parametrów sieci. Na podstawie zaleceń przyjętych z dokumentów normalizacyjnych przedstawiono niektóre wymagania określające utrzymywanie warunków kompatybilności (EMC-ElectroMagnetic Compatibility), zarówno po stronie dostawców jak i odbiorców energii elektrycznej. Przedstawiono także przykłady wybranych przyrządów zaliczanych do grupy analizatorów jakości energii elektrycznej, które spełniają wymagania standaryzacji metod pomiarowych i zapewniają zbliżoną otrzymanyh wyników do porównywania wskaźników jakości energii elektrycznej w ramach określonej normami klasy pomiarowej.

Słowa kluczowe: wskaźniki jakości energii elektrycznej, kompatybilność elektromagnetyczna (EMC), analizatory jakości energii elektrycznej.

Standardization of measurement methods of devices desined to reckon electrical energy quality coefficients**Abstract**

In the article a test of standardization of measurement methods to calculate electrical energy quality indicators has been introduced. The test has been described in few publications and standardization documents, prepared by IEC/TC77. The requirements refer to a group of devices that designed for measurements in boosting systems of alternate current 50/60 Hz. They precisely refer to measurement devices that analyse network parameters, which as multiparameter tools should allow on complex electromagnetic compatibility assessment (EMC-ElectroMagnetic Compatibility) evaluation of devices and systems in circuits of public distribution networks. Following the rules and regulations which are accepted according to standardization documents some of the compatibility requirements on both side-suppliers and receivers of electrical energy have been pointed out. There has been general outlook survey conducted of all possible dangers that can appear when using devices of public distribution networks and also when acceptable quality indicators are overlimited. There have been presented some devices which fulfill demands of standardization of measurements methods. They provide convergence of results to compare quality indicators according to certain standards.

Keywords: electrical energy quality indicators, electromagnetic compatibility (EMC), power quality analyzer.

1. Wprowadzenie

Ponieważ energia elektryczna jest produktem, to jak każdy inny produkt, powinna spełniać odpowiednie wymagania jakościowe. Znaczna część obecnie użytkowanych urządzeń elektrycznych (np. elektronicznych i komputerowych) wymaga dotrzymywania wysokich standardów jakości energii elektrycznej. Trudno jest

zakwestionować ogólnie przyjęty pogląd, że utrzymywanie zadowalającej jakości energii w punkcie jej dostarczenia powinno być wspólną odpowiedzialnością dostawcy i odbiorcy [7]. W praktyce oznacza to tylko tyle, że kontrolowany poziom jakości energii jest przyjętym pomiędzy nimi kompromisem. Metody pomiarowe stosowane dotychczas w licznej grupie przyrządów przeznaczonych do wyznaczania wskaźników jakości energii elektrycznej nie były objęte standaryzacją. Często dostawca i odbiorca energii elektrycznej otrzymywane wyniki pomiarów poddawali własnej „rewizji interpretacyjnej”. Stosowanie obecnie wymagań zapewniających obiektywną ocenę wyników pomiarów, otrzymanych z wielu różnych przyrządów zaliczanych do grupy analizatorów jakości energii elektrycznej jest już możliwe. Zapewnia to wprowadzenie standaryzacji metod pomiarowych do wyznaczania wskaźników jakości energii elektrycznej, jaka została zaproponowana w przyjętych dokumentach IEC/TC77 np. w normie IEC 61000 „Kompatybilność elektromagnetyczna”.

2. Standaryzacja metod pomiarowych do wyznaczania wskaźników jakości energii elektrycznej

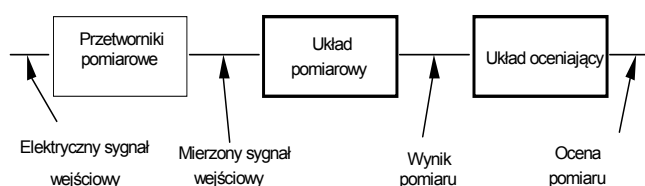
W początkowych latach XXI wieku urządzenia elektryczne stanowią ważny fragment „technicznego wyposażenia” całego środowiska życia człowieka. Nie powinno więc być zbyt dużym uproszczeniem stwierdzenie, że obecnie prawie wszyscy ludzie w jakimś stopniu korzystają z zasobów wielu różnych systemów energetycznych, dostarczających dla tych wszystkich zastosowań niezbędnej energii elektrycznej. Ponadto, można zauważyć wiele obszarów użytkowania klasycznych urządzeń elektrycznych, gdzie obok siebie występują wspólnie pracujące systemy trakcji elektrycznej, systemy radiokomunikacyjne, a nawet systemy telekomunikacyjne i informatyczne. Wszystkie te „zbiory”, pracujących niejako obok siebie wielu różnych urządzeń elektrycznych, które wypełniając swoje podstawowe funkcje, jednocześnie współużytkują przestrzeń i czas, wzajemnie oddziałując na siebie nie tylko w sposób pożądaną [1]. Zjawiska te nazywane są zaburzeniami elektromagnetycznymi. Zagadnienie to jest związane z dobrze zdefiniowanym i już powszechnie uznanym pojęciem kompatybilności elektromagnetycznej (EMC – ElectroMagnetic Compatibility). Wynika stąd, że istnieje realny problem techniczny, który odnosi się do ograniczania w użytkowanych urządzeniach elektrycznych wzajemnego oddziaływania wszelkich występujących w nich zaburzeń, poprzez zapewnienie określonego poziomu odporności na nie, czyli osiągnięcia pewnego stanu równowagi w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej. W przygotowanym przez PKN projekcie normy PN-EN 61000-4-30:2003 „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-30: Metody badań i pomiarów. Metody pomiaru jakości energii” zdefiniowano metody pomiaru wskaźników jakości energii elektrycznej dla systemów zasilających prądu przemiennego o częstotliwości 50/60 Hz oraz wymagania dotyczące interpretacji wyników pomiarów. Dla każdego parametru i wskaźnika opisano metody pomiaru oraz podano sposób umożliwiający uzyskanie wiarygodnych, powtarzalnych i porównywalnych wyników, niezależnie od zastosowanego przyrządu i niezależnie od jego warunków środowiskowych. Zapisy zawarte w normie dotyczą pomiarów realizowanych *in situ* (w miejscu badanej instalacji), a przedstawiona standaryzacja metod wyznaczania wszystkich wskaźników jakości energii elektrycznej odnosi się do wybranego i w pewnym sensie ograniczonego zbioru zaburzeń, obejmującego tylko zjawiska przewodzone (rozchodzące się drogą przewodową), które występują w sieci

zasilającej prądu przemiennego 50/60 Hz oraz uwzględniają wszystkie parametry napięcia i/lub prądu, stosownie do potrzeb. Dlatego też przedstawiona norma jest tylko pewnym opisem działania „przyrządu pomiarowego” (np. analizatora jakości energii elektrycznej), a nie specyfikacją projektową, a określone w niej niepewności wyników pomiaru w podanych przedziałach zmian wielkości wpływających na pomiar, jedynie determinują wymagania funkcjonalne. Sama norma określa głównie metody pomiaru, lecz nie ustala wartości progowych, a wpływ na wyniki pomiarów zastosowanych dodatkowych elementów sprzętowych np. przetworników, włączanych pomiędzy system zasilający i przyrząd pomiarowy, nie są w tym dokumencie szczegółowo rozważane. Istotnym wyznacznikiem dla całego dokumentu jest to, że podstawą przyjętej standaryzacji metod pomiarowych do wyznaczania wskaźników jakości energii elektrycznej z normy PN-EN 61000-4-30:2003 określono w pkt. 4 opisującym postanowienia ogólne, gdzie podano: klasy pomiarowe, organizację pomiarów, mierzone wielkości elektryczne, agregację pomiarów w przedziałach czasu, algorytm agregacji pomiarów, niepewność czasu zegarowego i koncepcję oznaczania. Wszystkie te wymagania odnoszą się bezpośrednio do wymienionych w jej pkt. 5 wskaźników jakości energii, które są tam przywołane jako: zmiany częstotliwości, wartość i wahania napięcia zasilającego, zapady i wzrosty napięcia zasilającego, przerwy w zasilaniu, napięcia przejściowe, asymetria napięcia zasilającego, harmoniczne i interharmoniczne dla napięcia i prądu, napięcia sygnalizacyjne nałożone na napięcie zasilające i szybkie zmiany napięcia. W odniesieniu do każdego mierzonego parametru, jaki został wymieniony wg pkt. 4.1 normy PN-EN 61000-4-30:2003, zdefiniowano dwie klasy pomiarowe [2]:

Klasa pomiarowa A - jest stosowana w przypadku przeprowadzenia dokładnych pomiarów, a koniecznych przy realizacji celów kontraktowych, weryfikacji zgodności wyników z postanowieniami norm, rozstrzygnięcia zaistniałych sporów itp.

Klasa pomiarowa B - jest najczęściej stosowana przy wykonywaniu pomiarów statystycznych, wykrywaniu przyczyn awarii i eliminacji ich skutków oraz dla innych zastosowań nie wymagających dokładnych wyników, a wyznaczanych z mniejszą niepewnością pomiaru.

Organizacja pomiarów zaproponowana w normie PN-EN 61000-4-30:2003 według pkt. 4.2 pozwala ustalić, że mierzone wielkości elektryczne mogą być dostępne bezpośrednio lub też mogą być dostępne poprzez „przyłączone” przetworniki pomiarowe. Przedstawiony na rys.1 tor pomiarowy „przyrządu” jest kompletny, jednakże w tej części normy nie rozważa się uwzględniania przetworników pomiarowych i związanej z nimi niepewności pomiaru [2].



Rys. 1. Tor pomiarowy
Fig. 1. Measuring chain

Mierzone wielkości elektryczne według PN-EN 61000-4-30:2003 pkt. 4.3, charakteryzują warunki przeprowadzania pomiarów w systemach zasilających jedno- lub wielofazowych. Nie jest celem normy narzucenie wyboru wielkości elektrycznych podlegających pomiarowi. Z wyjątkiem pomiaru asymetrii napięcia, który ze swej natury jest wielofazowy, opisane metody pomiarowe w normie dają niezależne wyniki dla każdego toru pomiarowego. Pomiary prądu mogą być wykonane w systemie zasilającym dla każdego przewodu, łącznie z przewodem neutralnym i przewodem ochronno-neutralnym. Często korzystny jest pomiar prądu równo-

ześnie z pomiarem napięcia i powiązanie pomiarów prądu w danym przewodzie z pomiarami napięcia [2].

Agregacja pomiarów w przedziałach czasu realizowana jest w taki sposób (zgodnie z PN-EN 61000-4-30:2003 pkt. 4.4), że podstawowym czasem pomiaru wyznaczanych parametrów (napięcia zasilającego, harmonicznych, interharmonicznych i asymetrii napięć) jaki przyjęto do „obserwacji” w systemie zasilającym są określone przedziały czasu: 10-okresów dla 50 Hz lub 12-okresów dla 60 Hz. Wszystkie otrzymane wyniki pomiarów są agregowane w trzech różnych przedziałach czasu [2] dla obu klas pomiarowych (A i B).

Klasa pomiarowa A – przyjęto przedziały czasów agregacji:

1. 3s (jako 150 okresów dla częstotliwości znamionowej 50 Hz lub jako 180 okresów dla częstotliwości znamionowej 60 Hz),
2. 10 min,
3. 2 h.

Klasa pomiarowa B – podano tylko, że metodę, liczbę i czasy przedziałów agregacji powinien wskazać producent.

Algorytm agregacji pomiarów według PN-EN 61000-4-30:2003 pkt. 4.5 podaje, że agregacje wyników pomiarów wyznacza się z wykorzystaniem pierwiastka kwadratowego ze średniej arytmetycznej mierzonych wielkości wejściowych podniesionych do kwadratu. Wyróżnione są trzy kategorie agregacji [2]:

- **Agregacja okresowa** – wyniki pomiarów powinny być zagregowane dla 150/180-okresowego przedziału czasowego z piętnastu 10/12-okresowych przedziałów czasów agregacji. Ten czas agregacji nie jest „czasem zegarowym”, ponieważ jego podstawą jest pomiar częstotliwości znamionowej 50/60 Hz.
- **Od agregacji okresowej do agregacji czasu zegarowego** – w tym sposobie agregacji, uzyskana 10-minutowa wartość powinna być etykietowana absolutnym czasem zegarowym (np. 01H10.00). Czasową etykietą jest czas na końcu 10-minutowej agregacji. Jeżeli ostatnia 10/12-okresowa wartość w tym 10-minutowym czasie agregacji zachodzi na granicy 10 minut czasu zegarowego, wówczas także ta 10/12-okresowa wartość jest włączana w agregację rozważanego przedziału 10-minutowego. Na początku pomiaru, 10/12-okresowy przedział pomiarowy powinien zacząć się na granicy całkowitego 10-minutowego czasu zegarowego i powinien być ponownie synchronizowany na granicy każdych kolejnych 10 minut.
- **Agregacja czasu zegarowego** – wyniki pomiarów do przedziału „czasu agregacji 2 h” powinny być agregowane ze wszystkich dwunastu przedziałów 10-minutowych.

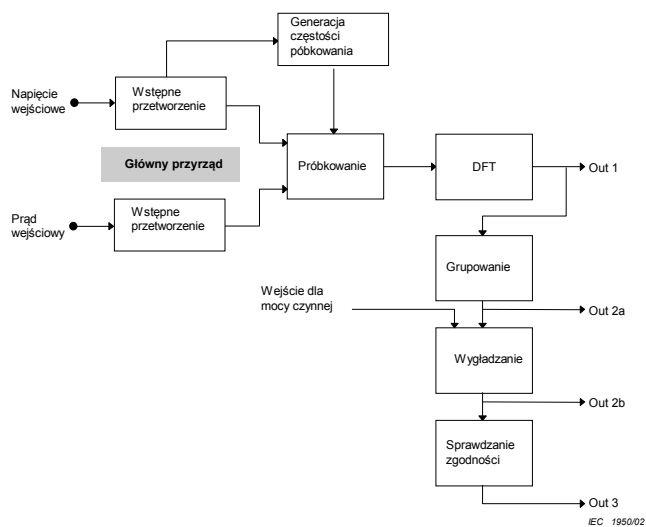
Niepewność czasu zegarowego – określona została w PN-EN 61000-4-30:2003 pkt. 4.6 dla przyjętych wcześniej dwóch klas pomiarowych (A i B) [2]:

Klasa pomiarowa A – wyznaczona niepewność czasu zegarowego nie powinna przekraczać: ± 20 ms dla 50 Hz lub $\pm 16,7$ ms dla 60 Hz.

Klasa pomiarowa B - metodę wyznaczania niepewności czasu zegarowego dla przedziałów 10-minutowych powinien określić producent.

Koncepcja oznaczania – ma zgodnie z wymaganiami pkt. 4.7 PN-EN 61000-4-30:2003 zastosowanie tylko do przyrządów klasy pomiarowej A, w odniesieniu do pomiarów częstotliwości, wartości skutecznej napięcia, wahań napięcia, asymetrii napięcia zasilającego, harmonicznych i interharmonicznych napięcia, napięć sygnalizacyjnych oraz wszelkich pomiarów wykonywanych podczas odchylenia wartości wyznaczonych wskaźników w górę i w dół. Podczas wystąpienia zapadu, wzrostu lub przerwy zasilania algorytm pomiaru innych parametrów (np. pomiaru częstotliwości) może dać niewiarygodne wartości. Koncepcja oznaczania pozwala uniknąć zliczania pojedynczego zdarzenia więcej niż jeden raz przy różnych parametrach (np. liczenia pojedynczego zapadu jako zapadu i zmiany częstotliwości) i wskazuje, że zagregowana wartość może być niewiarygodna. Oznaczanie jest wy-

zwalane jedynie przez zapady, wzrosty i przerwy zasilania. Jeżeli podczas zadanego czasu pomiaru jakakolwiek wartość jest oznaczona, to wartość zagregowana zawierająca ten wynik powinna być także oznaczona. Taka wartość powinna być zapisana i także włączona w proces agregacji. Norma PN-EN 61000-4-30:2003 odnosi się także do zagadnień pomiaru przebiegów przejściowych (prądu i napięcia) oraz szybkich zmian napięcia występujących w systemach niskiego napięcia. Najczęściej są one opisywane jako „przebiegi przejściowe napięcia”, jednakże w wielu przypadkach bardziej istotne znaczenie mogą mieć przebiegi przejściowe prądu. Trudno je opisać za pomocą prostego zbioru parametrów, lecz znajomość ich kształtów umożliwia podstawową klasyfikację dla kilku typowych przebiegów, które są stosowane dla celów badawczych. Zarówno w odniesieniu do napięcia, jak i prądu widmo częstotliwościowe powszechnie obserwowanych przebiegów przejściowych, o kształtach występujących w systemach zasilających prądu przemiennego, zawiera też częstotliwości dochodzące do około 10 MHz (o czasie trwania do 200 μ s), z dużymi wartościami do 1 MHz (o czasie trwania około 2 ms). W odniesieniu do standaryzacji metod pomiaru dla składowych widmowych w przedziale częstotliwości do 9 kHz, nałożonych na składową podstawową sygnałów napięciowych i prądowych (w systemach zasilających o częstotliwości 50/60 Hz), stosowane są wymagania zawarte w normie PN-EN 61000-4-7:2004 (U) „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-7: Metody badań i pomiarów. Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmonicznych i interharmonicznych oraz stosowanych do tego celu przyrządów pomiarowych dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń” [3]. W normie opisano strukturę przyrządu pomiarowego, który jest przeznaczony do pomiarów dopuszczalnych poziomów zaburzeń wg przyjętych poziomów prądów harmonicznych np. według PN-EN 61000-3-2: 2004, a także do pomiarów harmonicznych zniekształconych przebiegów napięć i prądów w systemach zasilających – rys 2.



Rys. 2. Ogólna struktura przyrządu pomiarowego
Fig. 2. General structure of measuring instrument

W niniejszym dokumencie opisano przyrząd, którego działanie oparte jest na dyskretniej transformacji Fouriera (DFT), a zawarty tam opis jego funkcji i struktury jest dokładny i powinien być brany dosłownie. Wynika to z potrzeby stosowania w praktyce pomiarowej takich przyrządów wzorcowych, które będą gwarantowały powtarzalność pomiarów, niezależnie od charakterystyk sygnałów wejściowych. Wymagania te dotyczą także każdego wieloparametrowego przyrządu pomiarowego np. analizatora parametrów sieci umożliwiającego pomiary harmonicznych do 50. rzędu [6]. Odrębną grupą zagadnień odnoszących się do standaryzacji metod pomiarowych przydatnych przy wyznaczaniu innych wskaźników jakości energii elektrycznej, jest także ocena wahań

napięcia w publicznej sieci rozdzielczej. Szczegółowe przedstawienie wybranej metody pomiaru wraz z określeniem struktury przyrządu pomiarowego nazywanego miernikiem migotania światła (ang. flickermeter) zawiera norma PN-EN 61000-4-15:1999 „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Miernik migotania światła. Specyfikacja funkcjonalna i projektowa” [4].

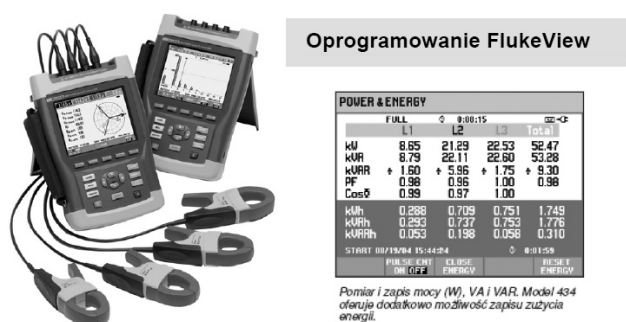
Standaryzacja metod pomiarowych, przydatnych w detekcji zapadów, wzrostów i przerw w zasilaniu, wymagała zdefiniowania dla mierzonych wielkości np. napięć w publicznej sieci zasilającej ich wartości skutecznej półokresowej $U_{rms}(1/2)$. Według normy PN-EN 61000-4-30:2003 wyznaczanie $U_{rms}(1/2)$ powinno być wykonane w ciągu 1 okresu, rozpoczynającego się w chwili przejścia przez zero składowej podstawowej, i uaktualniane co $1/2$ okresu. Taka metoda pomiaru powinna być stosowana niezależnie dla każdego toru pomiarowego.

Wynikiem standaryzacji metod pomiarowych jakie przedstawiono w normach: PN-EN 61000-4-30:2003 [2], PN-EN 61000-4-7:2004 (U) [3] i PN-EN 61000-4-15:1999 [4], które porządkują szeroki obszar pomiarów i wyznaczania wielu parametrów zaliczanych do grupy wskaźników jakości energii elektrycznej jest możliwość prowadzenia wielokryterialnej diagnostyki w publicznych sieciach zasilających [5]. Może to usprawnić warunki wykrywania i usuwania awarii, ułatwiając wielu specjalistom ocenę przyczyn występowania charakterystycznych przebiegów, które przedstawiają sygnał przed, podczas i po wystąpieniu zdarzenia (metoda wczesnego wyzwalań). Może to dotyczyć zarówno dostawcy jak i odbiorcy energii elektrycznej. Pozwala to znacząco zwiększyć zakres i precyzję raportów dotyczących zdarzenia z dziedziny jakości energii elektrycznej. Ponadto, charakterystyczne przebiegi prądu mogą być wykorzystane do lokalizacji przyczyny zaburzenia. Dodatkową korzyścią jest możliwość realizowania szerokiego zakresu badań statystycznych w ramach sieci zasilającej, które bazują na wynikach pomiarów otrzymanych przy obowiązujących standardach, w obszarze metod pomiarowych i interpretacji uzyskanych wyników. Stąd też pojedynczy punkt pomiarowy w sieci może być, w zależności od rozważanego zjawiska opisywany przez: wskaźniki statystyczne, maksymalne lub średnie wartości w przedziale czasu oraz zliczone i stabelaryzowane zdarzenia.

3. Przyrządy do wyznaczania wskaźników jakości energii elektrycznej

Pomiary w monitorowanym obwodzie lub punkcie wspólnego przyłączenia (PWP) przy przepływie energii pomiędzy źródłem, którym jest najczęściej sieć elektroenergetyczna, a odbiornikiem lub grupą odbiorników realizują analizatory jakości energii elektrycznej. Dobór przyrządów pomiarowych do monitorowania wskaźników jakości energii elektrycznej powinien wynikać z potrzeb (kontraktu, diagnostyki, usuwania awarii itp.) i uwzględniać te wskaźniki, które mogą być nimi wyznaczone w odniesieniu do wymaganej klasy pomiarowej, zgodnie z normą PN-EN 61000-4-30:2003 [2]. Norma podaje, że każdy przyrząd pomiarowy może mieć określone dwie klasy pomiarowe (A i B) dla różnych parametrów, a ponadto jego producent ma obowiązek podać wielkości mające wpływ na wynik pomiaru, które jeśli nie są znane mogą pogorszyć ocenę jego własności metrologicznych. Użytkownicy przyrządu powinni wybrać tę klasę pomiarową, która w pełni uwzględni ich wymagania odniesione do oczekiwanego zastosowania. W przypadku przeprowadzania dokładnych pomiarów do celów kontraktowych, albo też weryfikacji zgodności wyników z postanowieniami norm i rozstrzygnięcia zaistniałych sporów powinna być stosowana grupa przyrządów klasy pomiarowej A, spełniających wymagania pełnej standaryzacji metod pomiarowych. Konieczne jest tu spełnienie także dodatkowego wymagania, że pomiary dowolnego parametru przeprowadzone za pomocą dwóch różnych przyrządów klasy A i mierzących te same sygnały, powinny dać zbieżne wyniki, mieszczące się w określonym przedziale niepewności. Do tej grupy przyrządów

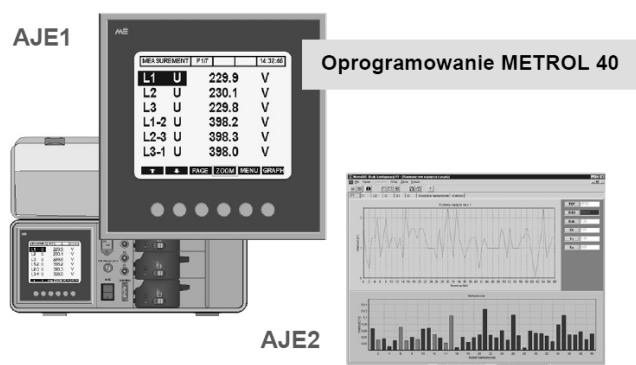
dów można zaliczyć np. analizatory jakości energii serii Fluke 430, produkowane przez firmę FLUKE, a realizujące w pełnym zakresie wyznaczanie wskaźników jakości energii zgodnie z klasą pomiarową A według norm IEC 61000-4-30 (PN-EN 61000-4-30:2003), EN 50160 (PN-EN 50160:2002, IEC 61000-4-15 (PN-EN 61000-4-15:1999) oraz IEC 61000-4-7 (PN-EN 61000-4-7:2004(U)), które są przeznaczone do pomiarów jakości energii elektrycznej w publicznych sieciach zasilających średniego i niskiego napięcia.



Rys. 3. Analizator jakości energii elektrycznej serii Fluke 430 (trójfazowy)

Fig. 3. Power quality analyzer series Fluke 430 (three-phase)

Może być on także stosowany do monitorowania parametrów jakości energii w punktach wspólnego przyłączenia (PWP), umożliwiając swobodne definiowanie nastaw progów wyzwalania, wyboru realizowanych algorytmów i specyfikacji mierzonych wskaźników. Przyrządy serii Fluke 430 mają proste w obsłudze menu, pozwalające korzystać z wielu funkcji pomiarowych oraz umożliwiając swobodne dokonywanie zmian ustawień. Na potrzeby analizy statystycznej firma FLUKE dostarcza (do modelu Fluke 434) oprogramowanie FlukeView, które pozwala na wszechstronną obróbkę zgromadzonych wyników pomiarów i ich archiwizację. Pomiary wskaźników jakości energii elektrycznej według wymagań klasy pomiarowej B (zgodnie z zaleceniami zawartymi w normie PN-EN 61000-4-30:2003) mogą być wykonywane w pełnym zakresie np. przez przyrządy produkowane w IEL OMiA „METROL” tj. analizatory parametrów sieci: AJE1 - tablicowy i AJE2 – przenośny.



Rys. 4. Analizatory jakości energii elektrycznej typu AJE1 i AJE2 (trójfazowe)

Fig. 4. Power quality analyzers type AJE1 and AJE2 (three-phase)

Pracują one w trybie przesyłania próbek mierzonych napięć i prądów, bezpośrednio z przyrządów do mikrokomputera przez łącze interfejsowe (RS 232C lub RS 485). Program wizualizacyjny METROL 40 znacznie rozszerza funkcjonalnie możliwości pomiarowe tych przyrządów [7]. Jest to rozwiązanie uwzględniające pełne pomiary wieloparametrowe, diagnostykę odkształceń napięć i prądów oraz rejestrację zaburzeń występujących w publicznych sieciach elektroenergetycznych.

4. Podsumowanie

Wymagania stawiane współczesnym układom zasilania dotyczą także zagwarantowania wysokiego poziomu jakości dostarczanej energii elektrycznej i stale wzrastają. Ważną, ale chyba jeszcze niedocenianą cechą systemów monitorowania jakości energii elektrycznej jest diagnostyka predykcyjna. Aby było możliwe jednoczesne realizowanie tak złożonych zadań pomiarowych i diagnostycznych konieczne jest stosowanie np. analizatorów jakości energii elektrycznej. Jednym z kryteriów doboru przyrządów pomiarowych jest zagwarantowanie zbieżności zebranych wyników, które powinny mieścić się w określonym przedziale niepewności. Spełnienie tych wymagań w odniesieniu do tak różnorodnego asortymentu analizatorów jakości energii elektrycznej narzuca zastosowanie jednolitych kryteriów odnoszących się do metod pomiarowych, porządkujących obszar wykonywania pomiarów i wyznaczania parametrów zaliczanych do grupy wskaźników jakości energii elektrycznej. Dopiero na takich warunkach, przyjętej powszechnie standaryzacji metod pomiarowych możliwe jest prowadzenie wielokryterialnej diagnostyki w publicznych sieciach zasilających. Wynika stąd też, że każdy pojedynczy punkt pomiaru w sieci elektroenergetycznej może być monitorowany, i w zależności od rozważanego zjawiska, opisywany przez: wskaźniki statystyczne, maksymalne lub średnie wartości w przedziale czasu oraz zliczone i stabelaryzowane zdarzenia [7, 8, 9].

5. Literatura

- [1] Moron W.: Kompatybilność elektromagnetyczna – istota problemu i normalizacja. Przegląd Elektrotechniczny, 6, 528, 2004.
- [2] PN-EN 61000-4-30:2003 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-30: Metody badań i pomiarów. Metody pomiaru jakości energii.
- [3] PN-EN 61000-4-7:2004 (U) Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-7: Metody badań i pomiarów. Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmonicznych i interharmonicznych oraz stosowanych do tego celu przyrządów pomiarowych dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń.
- [4] PN-EN 61000-4-15:1999 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Metody badań i pomiarów. Miernik migotania światła. Specyfikacja funkcjonalna i projektowa.
- [5] PN-EN 50160:2002 – Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.
- [6] PN-EN 61000-4-11:2004 Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC). Część 4-11: Metody badań i pomiarów. Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia.
- [7] Pierzgański W.: Zastosowanie analizatorów parametrów sieci w rozproszonych systemach monitorowania jakości energii elektrycznej. VII Sympozjum pt.: Pomiary i Sterowanie w Procesach Przemysłowych; D1-D15, Zielona Góra, 15.12.2004r.
- [8] Pierzgański W.: Zastosowanie analizatorów parametrów sieci w rozproszonych systemach monitorowania jakości energii elektrycznej. Seminarium EEE-2005 Elektrotechnika, elektronika i energetyka; Instytut Elektrotechniki i Mazowieckie Centrum Zaawansowanych Technologii; Jastrzębia Góra, 17-19.05.2005r.
- [9] Pierzgański W.: Zastosowanie czujników prądowych Rogowskiego w obwodach pomiarowych analizatorów parametrów sieci elektroenergetycznej. Konferencja pt.: Elektrotechnika Prądy Niesinusoidalne – EPN 2002, Zielona Góra, 11-13.06.2002r.

otrzymano / received: 06.04.2009

przyjęto do druku / accepted: 04.05.2010

artykuł recenzowany