Piotr MRÓZ, Krzysztof URBAŃSKI, Jan SZMYTKIEWICZ
UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI, INSTYTUT INFORMATYKI I ELEKTRONIKI

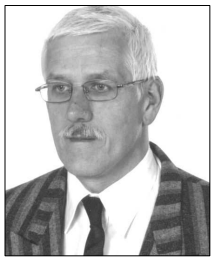
Zasady sprawdzania mierników i analizatorów jakości energii

dr inż. Piotr MRÓZ

Dr inż. Piotr Mróz urodził się w roku 1966. Absolwent Wydziału Elektrycznego Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze, dyplom (1990) w zakresie automatyki i metrologii elektrycznej. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał na Wydziale Elektrotechniki, Informatyki i Telekomunikacji Uniwersytetu Zielonogórskiego (2002). Zainteresowania naukowe koncentrują się na mikro-procesorowych urządzeniach i systemach testujących aparaturę pomiarową i sterującą.

e-mail: p.mroz@iie.uz.zgora.pl

dr inż. Jan SZMYTKIEWICZ



Adiunkt w Instytucie Informatyki i Elektroniki, a wcześniej pracownik działu rozwoju zakładów Lumel, Inmel i Calmet. Jest współautorem kilkunastu wdrożonych do produkcji kalibratorów uniwersalnych napięć i prądów stałych i przemiennych (ang. multifunction calibrator), kalibratorów sygnałów przemysłowych, termoelektrycznych, termorezystancyjnych oraz kalibratorów mocy jedno i trójfazowych. Szczególnym obszarem zainteresowań jest cyfrowa adiustacja przyrządów pomiarowych.

e-mail: J.Szmytkiewicz@iie.uz.zgora.pl

dr inż. Krzysztof URBAŃSKI

Autor ukończył Wyższą Szkołę Inżynierską w Zielonej Górze - Wydział Automatyki i Metrologii. Praca doktorska dotyczyła budowy wielofazowych kalibratorów mocy. Zainteresowania skupiają się na konstruowaniu urządzeń do analizy parametrów jakości energii elektrycznej, budowie kalibratorów odtwarzających te parametry i praktycznym ich wdrażaniu do produkcji w firmie Calmet.

e-mail: K.Urbanski@iie.uz.zgora.pl

Streszczenie

W artykule opisano właściwości mierników parametrów sieci energetycznej i analizatorów jakości tej sieci. Przedstawiono zarówno wymagania metrologiczne jak i jakościowe niezbędne do prawidłowej analizy w oparciu o obowiązujące normy. Sprecyzowano wymagania na sprzęt, który jest niezbędny do sprawdzania mierników i analizatorów. Opisano system testujący złożony z programowanego źródła sygnałów i oprogramowania na komputer klasy PC. Na przykładzie analizy zapadów i zaników napięcia przedstawiono sposób wykorzystania trójfazowego kalibratora mocy do testowania analizatora jakości energii. Automatyzacja procesu sprawdzania wieloparametrowych mierników pozwala na szybką i wiarygodną ocenę właściwości testowanego przyrządu pomiarowego.

Słowa kluczowe: miernik parametrów sieci, analizator jakości energii, kalibrator, trójfazowy kalibrator mocy, tester, system testujący

Principles of meters and power quality analyzers testing

Abstract

In the article are presented features of power network parameters meters and power quality analyzers. On Fig.2 is presented structure of Power Quality Analyzer. Focus is paid for data recording and results evaluation which differ meters from analyzers.
Example of result evaluation according to the standard EN-50160 in synthetic and detailed form is shown on Fig. 3. Then are described (Tab.1) accuracy and quality demands required for correct analysis according to the standards (IEC 61000-4-30).
There are also defined requirements for equipment for meters and analyzers testing. The sources should have programmable in time: voltage, current, phase shift, frequency and harmonics contents. Technical parameters of C300 Three Phase Calibrator and Tester are presented in Tab.2.
Presented is also testing system which consists of programmable source of signals and PC software. As an example is shown test of power quality analyzer by means of three phase calibrator. Automation of multi parameters analyzers testing process allows for reliable evaluation of tested device features.

Keywords: power network parameters meter, power quality analyzer, calibrator, three phase calibrator, testing system

1. Wstęp

Uwolnienie rynków energii elektrycznej doprowadziło do jej traktowania jak zwykły towar o ściśle określonych parametrach jakości opisanych w normie EN 50160 [11]. Wymagane przez normy prawne stosowanie upustów cenowych przez dostawców energii elektrycznej w przypadku niedotrzymania zapisanych w umowie parametrów, wymusiły potrzebę precyzyjnej analizy jakości energii elektrycznej.

Przemysł, w odpowiedzi na to zapotrzebowanie, wprowadził na rynek cała masę przyrządów pomiarowych poczynając od tablicowych takich jak np. N10 firmy LUMEL [13] przedstawiony na rys.1, przez urządzenia montowane na szynie wewnątrz szaf rozdzielczych, urządzenia typu „hand-held" aż do przenośnych, laboratoryjnych takich jak NSQ 400 firmy Calmet [5,6] czy PWS3.3 firmy MTE [9].

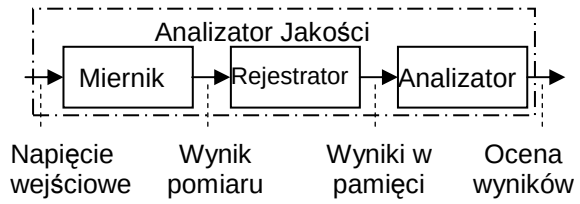
Rys. 1. N10 Miernik parametrów sieci 3 fazowej
Fig. 1. N10 Three phase power network parameters meter

W artykule "Analizatory jakości energii elektrycznej" [8] w bardzo dobry sposób przedstawiono, zebrane od krajowych producentów i dystrybutorów, parametry aparatury pomiarowej do mierzenia, rejestracji i analizy jakości energii elektrycznej. W przeglądzie zaskakuje bardzo szeroki zakres cen prezentowanej aparatury od około 800zł do ponad 26 tys. zł. oraz nazewnictwo produkowanych przyrządów. Spotkać można: miernik jakości energii, miernik parametrów sieci, rejestrator parametrów sieci czy analizator jakości energii elektrycznej. Można zadać sobie pytanie czy wszystkie przyrządy mierzą to samo i we właściwy sposób. Wydaje się, że wiele nieporozumień może wyjaśnić norma IEC61000-4-30 [12]. Norma ta opisuje metody pomiarowe

poszczególnych parametrów składających się na jakość energii elektrycznej. W połączeniu z normą [11] pozwala na przedstawienie ogólnej struktury przyrządu do analizy jakości energii elektrycznej.

2. Parametry analizatorów jakości energii

Na rys.2 przedstawiono ogólną strukturę analizatora jakości energii. Sygnał napięciowy, po znormalizowaniu, doprowadzony jest do wejścia miernika napięcia. *Miernik* powinien mierzyć



Rys. 2. Struktura analizatora jakości energii elektrycznej
Fig. 2. Power quality analyzer structure

wartość skuteczną napięcia (RMS – root mean square) w ciągu okresu przebiegu (20ms dla częstotliwości sieci 50Hz) z przesunięciem o półokresu (10ms). Dokładność pomiaru napięcia powinna się wahać w granicach 0,1% do 0,2% w zależności od mierzonego parametru (Tab.1). *Rejestrator* powinien umożliwiać ciągłe zapamiętywanie wyników pomiarów. Ponieważ, zgodnie z normą [11], wymagane jest pamiętanie rezultatów za względnie długie okresy (dzień, miesiąc, rok – Tab.1), to pamięć musi być odpowiednio duża. Z przeprowadzonych, szacunkowych obliczeń wynika że minimalna powinna mieć pojemność kilka megabajtów. Wielkość pamięci można zmniejszyć stosując redukcję strumienia danych pomiarowych przez rejestrację tylko danych przekraczających określone limity lub eliminację danych powtarzających się z zadaną dokładnością w dłuższym czasie. Można też zastosować bezstratną kompresję danych cyfrowych metodami podobnymi do znanych programów ZIP czy RAR. O ile miernik musi zmierzyć sygnały wejściowe z określoną dokładnością to *analizator* musi poddać je obróbce statystycznej w celu oceny zgodności z limitami opisanymi w normach. Obróbka statystyczna polega na analizie przebiegu w czasie i stwierdzeniu przez jaki czas albo ile razy zostały przekroczone narzucone normami lub umowami warunki graniczne. Kryterium oceny jest zazwyczaj wymaganie aby dana wielkość nie przekraczała limitu swoich wartości przez określony w [%] czas obserwacji. Najczęściej spotykanym warunkiem jest pozostawanie wartości mierzonej wielkości w zakresie dopuszczalnym przez 95% czasu obserwacji np. tygodnia. Wielka liczba danych z długiego okresu rejestracji, duża ilość parametrów mierzonych oraz mnogość kryteriów oceny, które stosunkowo często mogą ulegać zmianom powoduje, że do analizy i oceny rezultatów

Zgodność z normą EN50160 230.0 V **NIE**

Częstotliwość napięcia zasilającego	TAK
Wartość napięcia zasilającego	NIE
Wskaźnik migotania światła (Flicker)	TAK
Zapady napiecia zasilającego	NIE

Zapady napięcia zasilającego

Faza	Głęb./czas	20ms-0.5s	0.5s - 1s	1s - 3s	3s - 20s	20s - 60s	SUMA	CF Limit [ ]	Zgodność
L1	85%;90%	6087020	362323	0	0	0	6449342	1000	NIE
	70%;85%	5434839	289858	72465	144929	0	5942090	1000	NIE
	40%;70%	144929	0	0	144929	0	289858	1000	NIE
	1%;40%	0	0	0	72465	0	72465	1000	NIE
	1%;90%	0	0	0	724645	0	724645	1000	NIE

Rys. 3. Syntetyczny i szczegółowy wynik oceny rezultatów rejestracji
Fig. 3. Synthetic and detail result of recording evaluation

pomiarów wykorzystywane jest oprogramowanie pracujące na komputerach klasy PC [6]. Pozwala ono tak przygotować miernik i rejestrator do pracy aby zarejestrować wszystkie wymagane normami parametry. Następnie wyniki pomiarów przesyłane są przez złącze RS232, USB czy bezprzewodowe Wi-Fi, GPRS do komputera, gdzie podlegają analizie i ocenie według założonych wcześniej kryteriów. Na rys.3 przedstawiono przykładowy wynik oceny jakości energii elektrycznej na zgodność z normą EN50160. Wynik podany jest w postaci syntetycznej wskazującej, że zgodności nie ma, pokazuje jaki parametr nie spełnia wymagań (Zapady napięcia zasilającego) a następnie wskazuje bardziej szczegółowo jakie kryterium zostało przekroczone.

Tab. 1. Zakres i dokładność pomiarów parametrów jakości energii dla sieci o wartości nominalnej napięcia 230V/50Hz wg norm EN50160 i IEC61000-4-30.
Tab. 1. Range and accuracy of power quality parameters for network wit nominal value of voltage 230V/50Hz according to EN50160 and IEC61000-4-30 standards.

Wielkość sprawdzana (punkt wg normy)	**Zakres pomiaru**	**Czas uśrednia-nia**	**Dokład-ność pomiaru**	**Okres obser-wacji**
Częstotliwość (p.5.1)	47Hz..50Hz..52Hz	10 s	±0,01Hz	tydzień
Wolne zmiany napięcia (p.5.2)	207..230..253V	10 min	±0,1%	tydzień
Szybkie zmiany napięcia (p.5.2)	218,5..230..241,5V	10 ms	±0,1%	dzień
Fluktuacje napięcia – fliker P_{st}, P_{lt} (p.5.3)	0…20	10 min 2 h	±5%	tydzień
Zapady napięcia (p.5.4)	2,3V…207V	10 ms	±0,2%	rok
Krótkie przerwy w zasilaniu (p.5.5)	<2,3V przez < 3min	10 ms	±0,2%	rok
Długie przerwy w zasilaniu (p.5.5)	<2,3V przez > 3min	10 ms	±0,2%	rok
Przepięcia (p5.4)	< 460V	10 ms	±0,2%	rok
Przepięcia „szpilkowe" (p.5.6)	< 6 kV	µs ... ms	brak def.	-
Asymetria (p.5.7)	0..5%	10 min	±0,15%	tydzień
Harmoniczne (p.5.8)	2 – 50 harmon. (100Hz…2,5kHz)	10 min	±5%	tydzień
Interharmoniczne (p.5.9)	w paśmie 50Hz … 2,5kHz	10 min	±5%	-
Napięcie sygnałowe (p.5.10)	< 20,7V (9% U nominalne)	3 s	±7%	dzień

Norma [12] dzieli analizatory jakości energii na dwie klasy A i B. Przyrządy pomiarowe klasy A mają ściśle zdefiniowane w normie parametry techniczne. Wyniki pomiarów przyrządami klasy A tych samych sygnałów nie mogą różnić się od siebie. Przyrządy te mogą służyć do oceny jakości sieci energetycznej i do rozstrzygania sporów między dostawcą a odbiorcą energii elektrycznej. Aparatura pomiarowa klasy B ma parametry techniczne, które muszą być zdefiniowane przez producenta i może służyć do bieżącego nadzoru, serwisu czy tworzenia statystyki zmian parametrów sieci.

3. Jak i czym sprawdzić analizator jakości energii elektrycznej

W tab.1 zebrano wymagania, które musi spełnić analizator klasy A. Wymagania te można podzielić na dwa rodzaje: metrologiczne i statystyczne. W celu sprawdzenia wymagań dokładnościowych należy na wejście analizatora podać sygnał wzorcowy o dokładnie znanej wartości. Jest to stosunkowo proste jeśli chodzi o wartość napięcia ale już bardziej skomplikowane jeśli chodzi o harmoniczne, interharmoniczne czy fliker. Sprawdzenie właści-

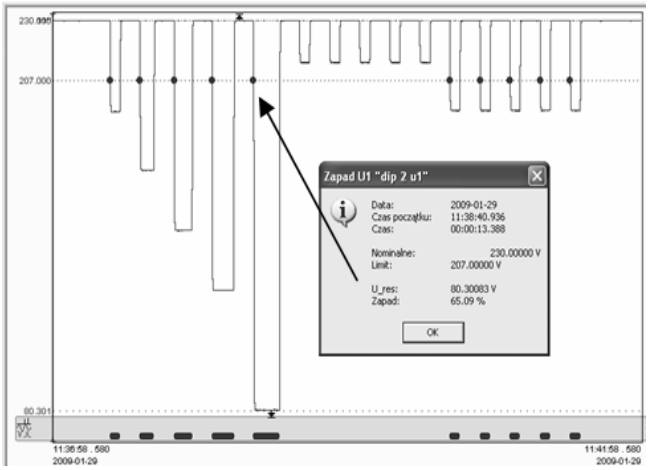
wości statystycznych wymaga ponadto zmiany podawanych na wejście wartości wielkości w czasie.

Ostatnio pojawiły się na rynku urządzenia – kalibratory [7], które znakomicie nadają się do testowania analizatorów jakości energii elektrycznej. W tab.2 przedstawiono podstawowe z punktu widzenia sprawdzania analizatorów jakości energii parametry kalibratora typu C300 firmy Calmet. Ponadto kalibrator potrafi generować wartości przez zaprogramowany czas i zmieniać je w skokowy lub płynny sposób.

Tab. 2. Podstawowe z punktu sprawdzania analizatorów parametry kalibratora C300.
Tab. 2. C300 basic parameters according to the analyzer testing.

Wielkość wyjściowa	Zakres generacji	Dokładność
Częstotliwość	45Hz…100Hz	±0,002Hz
Napięcie	0,5V…500V	±0,05%
Asymetria	0..20%	±0,05%
Harmoniczne	2 – 31 harmoniczne (100Hz…1,55kHz)	±2%
Interharmoniczne	w paśmie 50Hz … 3,2kHz	±2%

Sposób sprawdzania analizatora jakości energii elektrycznej zostanie pokazany na przykładzie testowania zapadów napięcia. Na rys.4 przedstawiono wynik analizy szeregu zaprogramowanych wcześniej zapadów napięcia o różnym czasie trwania np. (13s) i głębokości (65%).



Rys. 4. Wynik analizy zaprogramowanego zapadu o głębokości 65% i czasie 13s
Fig. 4. Analysis result of pre programmed dip with 65% depth and 13s duration

Stanowisko pomiarowe złożone z trójfazowego kalibratora typu C300, analizatora jakości energii elektrycznej typu NSQ400 i komputera laptop z oprogramowaniem przedstawiono na rys.5. Przedstawiony zestaw pozwala na pełne, zautomatyzowane sprawdzenie właściwości miernika czy analizatora parametrów sieci energetycznej a tym samym potwierdzenie przynależności do klasy A lub B.

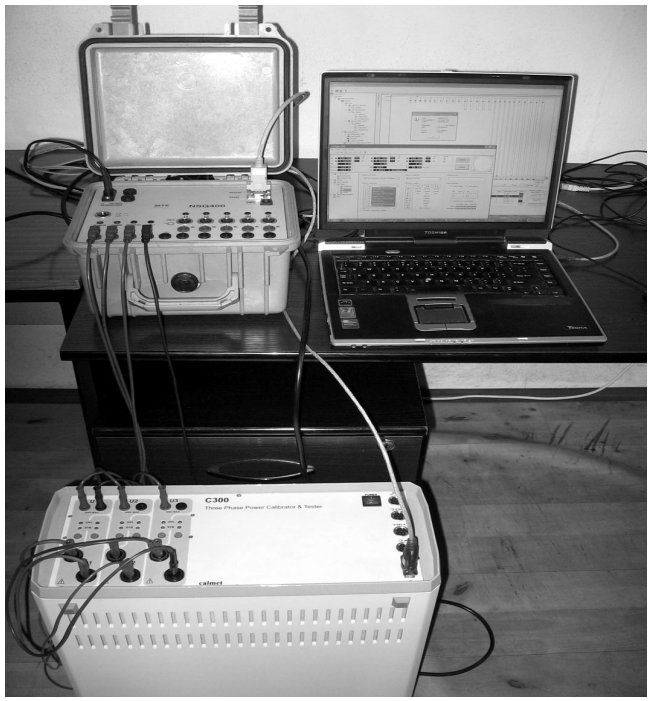
4. Wnioski

Panująca na rynku dowolność nazewnictwa i brak ujednoliconych zasad opisu właściwości technicznych mierników i analizatorów parametrów sieci energetycznej oraz szeroki zakres cen proponowanych urządzeń może wprowadzić klientów w błąd.

Pojawiła się potrzeba weryfikowania właściwości aparatury pomiarowej służącej do analizy parametrów jakości energii elektrycznej i sprawdzenia jej zgodności z normą [12].

Dotychczasowe metody sprawdzania tego typu aparatury ze względu na mnogość wielkości mierzonych i pomiary zarówno dokładności jak i parametrów statystycznych są bardzo pracochłonne.

Nowe właściwości kalibratorów mocy pozwalają na efektywne testowanie skomplikowanej aparatury pomiarowej umożliwiając sprawdzenie nie tylko właściwości metrologicznych ale także poprawności obróbki statystycznej.



Rys. 5. System pomiarowy złożony z kalibratora C300, analizatora NSQ400 i komputera klasy PC
Fig. 5. Measurement system consist of C300 Calibrator, NSQ400 Analyzer and PC computer

5. Literatura

[1] A. Olencki, J. Szmytkiewicz, K. Urbański: Voltage and current calibrators. Measurements models system and design/ ed. by J. Korbicz. WKiŁ, Warszawa, 2007.
[2] A. Olencki, J. Szmytkiewicz, K. Urbański: Testowanie jednofazowych liczników energii u użytkownika. Elektroinfo Nr 7/8, 2008.
[3] Caltest 300 Trójfazowy analizator sieci i tester liczników energii. Calmet, www.calmet.com.pl .
[4] A. Olencki, J. Szmytkiewicz: Testowanie liczników energii z funkcją monitorowania jakości energii. Elektroinfo Nr11, 2008.
[5] NSQ 400 Analizator sieci trójfazowej i jakości energii, karta katalogowa, Calmet, Zielona Góra, 2006, www.calmet.com.pl .
[6] NSQ 400 Analizator sieci trójfazowej i jakości energii, instrukcja obsługi, Calmet, Zielona Góra, 2006, www.calmet.com.pl .
[7] C300 Trójfazowy kalibrator mocy i tester aparatury energetycznej; karta katalogowa i instrukcja obsługi urządzenia i programu, Calmet, Zielona Góra 2007, www.calmet.com.pl .
[8] Analizatory jakości energii elektrycznej - polscy producenci i dystrybutorzy, PBElektroników, Warszawa, 2007, www.elektronikab2b.pl .
[9] PWS3.3 Three phase Portable Working Standard and Power Quality Analyzer, MTE, Zug, 2007, www.mte.ch .
[10] Reinhard Kuntner: Testing Power Quality Meters using a CMC Test Set , Omicron Electronics, 2007, www.omicron.at
[11] PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych, PKN, Warszawa, 2002.
[12] IEC 61000-4-30 Testing and measurement techniques – power quality measurements methods, IEC, Geneva 2003.
[13] N10 Miernik parametrów sieci 3 fazowej, Lumel, Zielona Góra, 2008, www.lumel.com.pl .

Artykuł recenzowany