

# Przrządy do oceny jakości energii elektrycznej na przykładzie Elspec G4500

Marek Olesz

Przrządy do pomiaru jakości energii elektrycznej, dzięki wyspecjalizowanym układom zbierania danych, umożliwiają wykonywanie ciągłego próbkowania sygnałów napięciowych i prądowych bez czasów martwych oraz równoległe wykonywanie szeregu obliczeń pozwalających wyznaczyć interesujące użytkownika wielkości, opisujące parametry jakościowe energii elektrycznej. Dodatkowo urządzenia te mają możliwość zapisu wybranych stanów nieustalonych w pamięci. Nowa generacja przrządów na przykładzie urządzenia Elspec Blackbox G4500 pracującego w klasie A wprowadza nowy standard pomiarów, polegający na wykonywaniu ciągłej rejestracji wszystkich interesujących użytkownika sygnałów.

W nowych urządzeniach zastosowane rozmiary pamięci i sposoby kompresji danych umożliwiają zapis nawet wieloletniej obserwacji zjawisk zachodzących w sieci elektrycznej. Dane te są dostępne przez łącza internetowej wymiany danych, ponieważ przrząd pracuje jako lokalny serwer udostępniający upoważnionym użytkownikom informacje w postaci przebiegów napięciowych i prądowych oraz wyniki analiz statystycznych według wymagań norm dotyczących jakości energii elektrycznej. W artykule porównano dane techniczne najwyższej klasy rejestratorów parametrów jakościowych energii obecnie dostępnych na rynku.

## Wprowadzenie

W ostatnim czasie, dzięki rozwojowi elektroniki i procedur związanych z pomiarami parametrów jakościowych energii elektrycznej, pojawiają się coraz nowocześniejsze urządzenia, które mogą służyć do rejestracji i analizy zjawisk szybkozmiennych (np. przepięcia piorunowe, łączeniowe) lub wymagających dużych mocy obliczeniowych (np. pomiar wyższych harmonicznych, analiza przepływu mocy). Jednocześnie zwiększa się dostępność informacji technicznych uzyskiwanych przez rejestratory. Dzięki umieszczeniu



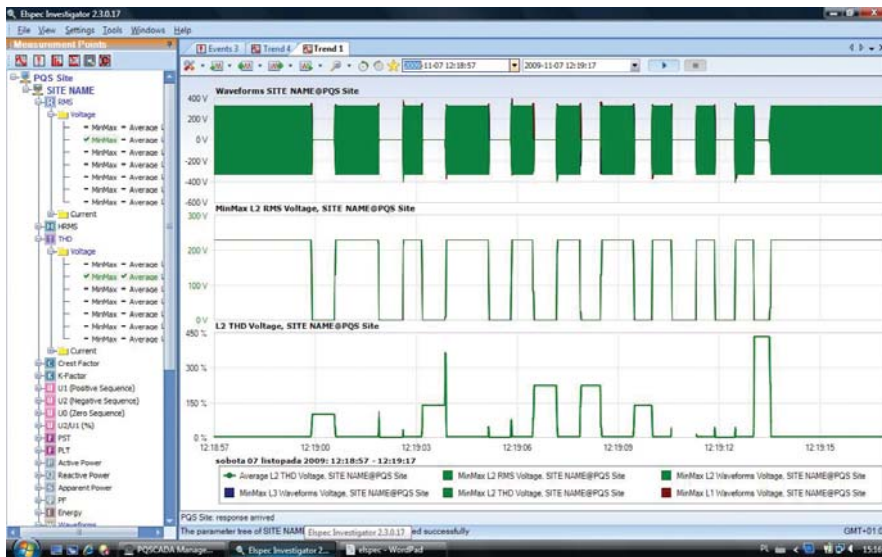
Rys. 1. Przrząd Elspec G4500

urządzeń pomiarowych jako lokalnych serwerów w sieci internetowej można w dość łatwy sposób uzyskiwać synchronizację czasu oraz wymieniać informacje z użytkownikiem. W Polsce, mimo obecności na rynku takich urządzeń, firmy rzadko decydują się na ich nabycie, głównie ze względu na dość duży koszt. Dodatkowy opór stanowi brak wykwalifikowanego personelu, który mógłby pokazać korzyści, jakie można osiągnąć dzięki zastosowaniu monitorowania eksploatowanych instalacji elektroenergetycznych. Wiedza na temat poziomu i ilości stanów nieustalonych, przepięć i zapadów ułatwia zarządzanie instalacjami elektrycznymi, szczególnie przy sterowaniu procesami produkcyjnymi, w których zaburzenia przepływu danych

lub ich brak mogą spowodować nieodwracalne skutki w procesie technologicznym i prowadzić do strat wskutek uszkodzenia urządzeń elektronicznych i zatrzymania produkcji.

## Dane techniczne wybranych rejestratorów

Do oceny możliwości technicznych rejestratorów wybrano cztery konstrukcje: firmy Dranetz [2] – Power Visa i Encore 61000, firmy Elspec [4] – BlackBox G4500 (rys. 1) oraz firmy A-eberle [3] – PQBox-100 expert, których parametry zestawiono w tabeli 1. Dystrybutorem firmy Elspec [4] na terenie Polski jest firma Biall [5].



Rys. 2. 20 sekundy przebiegu napięcia w fazie L2 wraz z obliczonymi w programie PQ Investigator średnimi wartościami skutecznymi napięcia i współczynnika zawartości harmonicznych THD za okresy 20 ms

Tabela 1. Parametry techniczne wybranych rejestratorów jakości energii pracujących w klasie A

Lp.	Parametr	Encore 61000	Power Visa	Elspec G4500	PQBox-100
1	liczba wejść napięciowych	4	4	4	4
2	liczba wejść prądowych	4	4	4	4
3	dodatkowe wejścia	4 napięciowe; 4 prądowe; 8 wejść cyfrowych	brak	1 – prąd stały; 1 – pomiar temperatury; 1 – napięcie stałe; 6 wejść cyfrowych	brak
4	podtrzymanie napięcia	-	do 2 godzin	do 2 godzin	-
5	temperatura pracy	-10 ÷ 60°C	0 ÷ 50°C	0 ÷ 50°C	-20 ÷ 70°C
6	liczba próbek napięcia na 20 ms	512	256	1024	204,8
7	liczba próbek prądu na 20 ms	512	256	256	204,8
8	analiza harmonicznych napięcia	63	63	do 511 - ej	50
9	analiza harmonicznych prądu	63	63	do 127 - ej	50
10	interharmoniczne	tak	tak	wg EN 61000-4-30	tak
11	przetwornik a/c	16	16	16/19 bitowy	24 bitowy
12	rozdzielczość czasowa	NTP, GPS	-	LAN Ethernet lub GPS+PPS – 50 ns	-
13	pamięć wewnętrzna	1 GB	128 MB	8 GB÷32 GB	1 GB
14	detekcja przepięć	39 μs	78 μs	19,5 μs	97,5 μs
15	porty Ethernet	10/100 Base Ethernet	-	3x10/100MB Ethernet port zintegrowany router	-
16	Wi – Fi	-	-	802.11 b/g	-
17	porty szeregowo	RS232, RS 485,	RS232	RS232, RS 485	-
18	karta rozszerzeń	-	-	PCMCIA	-
19	komunikacja	Ethernet, USB, GSM/GPRS	USB, LAN, Modem	Internet, Intranet, GPRS, 3G, Dialup Modem	USB
20	Synchronizacja czasu	NTP, GPS	-	SNTP, IRIG-B, GPS, Self	DCF77, GPS
21	oprogramowanie	DranView	DranView	PQSCADA+Investigator analysis	WinPQ
22	tryb oscylogramu	krótkotrwałe zakłócenia + rms za 10 ms	krótkotrwałe zakłócenia + rms za 10 ms	ciągły	krótkotrwałe zakłócenia + rms za 10 ms

Przyrząd Encore 61000 ma cechy przyrządu o charakterze stacjonarnym. Wersja przenośna przyrządu tego samego producenta do pomiarów jakościowych energii – Power Visa posiada zdecydowanie gorsze możliwości, zarówno jeżeli chodzi o rozdzielczość, liczbę kanałów wejściowych, pamięć, jak i możliwości komunikacyjne. Pozostałe przyrządy, czyli Elspec G4500 i PQBox100 są w wykonaniu przenośnym i mogą pracować w ekstremalnych warunkach klimatycznych, jak np. PQBox100 posiadający obudowę IP65, a G4500 po dokupieniu specjalnej osłony.

Spośród analizowanych urządzeń najlepsze, bo aż 24 bitowe przetworniki wejściowe posiada PQBox-100. Mimo różnych danych technicznych przetworników analizujących sygnał wejściowy dokładności oferowanych przyrządów są podobne i wynoszą 0,1% + błąd zakresu. Przyrząd Encore 61000 posiada najwięcej wejść dodatkowych umożliwiających nadzór, np. nad systemami niektórych zabezpieczeń. Poza tym można w nim ustawić nietypowe częstotliwości znamionowe sieci – np. 16/20 Hz, 60 Hz i 400 Hz. Jednak przyrząd Elspec G4500 po dokupieniu modułów rozszerzeń I/O umożliwia konfigurację zapewniającą obsługę 48 kanałów analogowych (24 napięcia oraz 24 prądy) i dodatkowo 48 kanałów cyfrowych.

### Próbkowanie

Ważną cechą rejestratora jest jego próbkowanie, od którego zależy dokładność wyznaczania wartości skutecznego prądu, napięcia oraz obliczeń mocy i energii. W próbkowaniu napięcia zdecydowanie wyróżnia się Elspec G4500, gdyż każdy zarejestrowany okres zawiera aż 1024 próbek. Pozwala to na analizę harmonicznych aż do 511 składowych, czyli częstotliwości około 25 kHz. Kanały prądowe są próbkowane 256 razy w okresie, a analiza harmonicznych jest możliwa aż do 127 składowej. W analizie prądowej od Elspec G4500 lepszy jest tylko Encore 61000 – posiadający rozdzielczość 512 punktów na 20 ms.

### Rejestracja

Każdy z przedstawionych przyrządów umożliwia niezależną od analizy jakościowej energii elektrycznej rejestrację anomalii napięciowych i prądowych. Wszystkie przyrządy oprócz Elspec G4500 mogą być wyzwalone progowo lub pochodną napięcia/prądu, co umożliwia rejestrację stanów nieustalonych. Z praktyki pomiarów jakości energii elektrycznej jednak wiadomo,



Rys. 3. Rozciągnięcie w czasie operacji załączenia napięcia wyłącznikiem nadprądowym o godzinie 12: 19: 13

że zastosowanie odpowiednich ustawień wartości pochodnej przez użytkownika wymaga odpowiednich prób. W niektórych przypadkach udostępnione przez producenta sposoby wyzwalania mogą być niewystarczające do niezawodnej akwizycji występujących stanów nieustalonych. Z kolei przyrząd Power Visa posiada sposób wyzwalania polegający na analizie różnic wartości skutecznych lub ciągu wartości chwilowych (tzw. okno kroczące) pomiędzy kolejnymi okresami. Sposób ten pozwala rejestrować milisekundowe załamania czy wzrosty napięcia zasilającego. Mogą natomiast pojawić się problemy w przypadku obserwacji przepięć o charakterze oscylacyjnym nałożonych na napięcie sinusoidalne. Może się wówczas okazać, że wartości skuteczne okresu napięcia z przepięciem i bez przepięcia będą podobne.

### Rejestracja ciągła

Powyższych rozterek eksploatacyjnych unika się przy stosowaniu Elspec G4500, gdyż działa on według odmiennej zasady – ciągłej rejestracji sygnałów napięciowych i prądowych. Zastosowane specjalne metody kompresji PQZIP umożliwiają zapisanie w 8 GB pamięci rocznej archiwizacji wszystkich obserwowanych przebiegów napięciowych i prądowych na wejściach przyrządu. Obecnie produkowane wersje przyrządu G4500 są już wyposażone w pamięć 32 GB, dla której czas rejestracji będzie wynosił nawet 4 lata. Natomiast późniejsza analiza zebranych danych w systemie SCADA za pomocą programu PQInvestigator pozwala uzyskać dowolne rejestracje interesujących użytkownika przedziałów czasowych oraz tabelaryczne zmiany określonych wielkości elektrycznych w ustawionych wcześniej czasach

uśredniania. Wszystkie parametry z jednego lub wielu punktów pomiarowych są przedstawione na jednej zsynchronizowanej osi czasu umożliwiając eksport wykresów i danych do formatów Excel, Meta-file, PQDIF. Biorąc pod uwagę fakt, że przyrząd Elspec zapewnia synchronizację pomiędzy przyrządami przez sieć LAN lub GPS na poziomie co najwyżej 100 ns, można analizować dane z odległych od siebie punktów pomiarowych na zasadzie sekwencji czasowej zdarzeń, uzyskując informację na temat źródła i kierunku rozchodzenia się zaburzeń w instalacji elektroenergetycznej. Można się o tym przekonać m.in. korzystając ze strony internetowej firmy Elspec [4], gdzie udostępniono on-line podgląd danych pomiarowych jednego z rejestratorów jakości serii G4000.

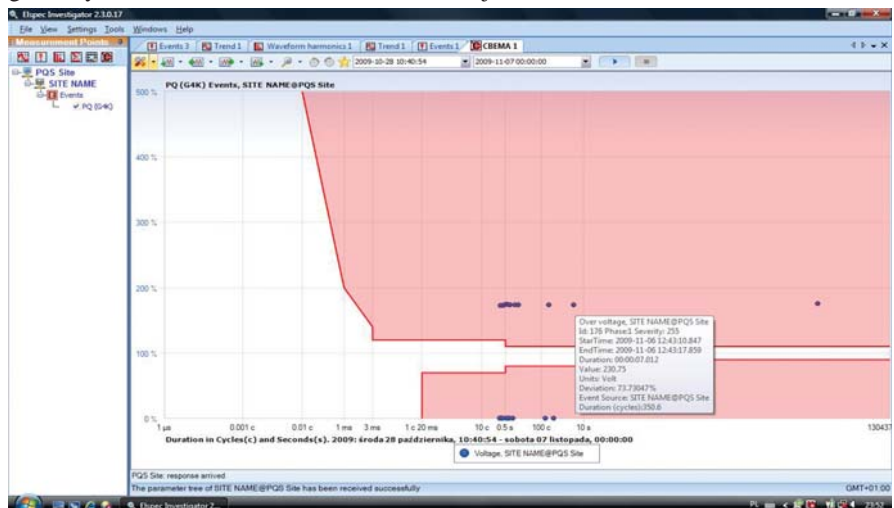
### Komunikacja

Z analizowanych przyrządów tylko Elspec posiada wbudowany router i interfejs bezprzewodowy Wi-Fi 802.11 b/g. Zintegrowany serwer Web analizatora G4500

umożliwia dostęp w czasie rzeczywistym do rejestrowanych danych za pomocą przeglądarki internetowej. Po zalogowaniu użytkownik może przeglądać na bieżąco wszystkie parametry sieci elektrycznej, wykresy fazowe, przebiegi napięć i prądów, moce, harmoniczne, współczynniki migotania i wiele innych. W sekcji jakości energii można zarządzać rejestracją w trybie zgodności między innymi z normą PN-EN50160 [1] oraz według zdefiniowanych przez użytkownika zdarzeń. Użytkownik może również otrzymywać powiadomienia o przekroczeniach zdefiniowanych wartości krytycznych za pomocą wiadomości e-mail lub sms.

### Pomiary i analiza stanów przejściowych

Wszystkie omawiane przyrządy posiadają możliwość niezależnego wykonywania analiz statystycznych oraz rejestracji stanów nieustalonych zdarzeń spełniających zdefiniowane przez użytkownika progi wyzwalania. Jedynie w przyrządzie Elspec G4500 użytkownik ma do dyspozycji pełny zapis wszystkich parametrów jakościowych i przebiegów napięciowych oraz prądowych od uruchomienia przyrządu. Na rysunku 2 i 3 pokazano przykładowy fragment tygodniowej rejestracji, w czasie której kilkakrotnie uruchamiano trójfazowy wyłącznik nadprądowy analizowanego obwodu odbiorczego. Celowo wykonano sekwencję kilku załączeń i wyłączeń badanego obwodu, aby sprawdzić ciągłość rejestracji wszystkich próbek napięcia w rozważanym okresie. Pokazany na rys. 3 rozciągnięty w czasie moment załączenia obwodu na napięcia sieciowe wskazuje na niejednoczesność załączania styków wyłącznika w kolejności faz: L2, L3 i wreszcie L1. Różnica



Rys. 4. Przykład analizy w programie PQInvestigator [4] zapadów i przepięć w napięciu zasilającym w fazie L1 wpisanym w krzywą CBEMA



między pojawieniem się w obwodzie napięcia faz L2 i L1 wynosi około 25 ms. Na rys. 2 i 3 widoczne są po lewej stronie niektóre z dostępnych parametrów jakościowych energii, które mogą być wyliczone na podstawie zarejestrowanych przebiegów napięciowych i prądowych. Istotne jest również to, że użytkownik w odpowiednich opcjach programu może dowolnie definiować czas uśredniania wyników, które można generować na kilku wykresach posiadających tę samą oś czasu. Pokazane na wykresach zależności można eksportować np. w formacie Excel w celu tworzenia dowolnych wykresów w formie wygodnej dla użytkownika.

Szerokie możliwości analizy przebiegów napięciowych i prądowych dają użytkownikowi skuteczne narzędzie do dociekania przyczyn powstawania określonych sytuacji ruchowych i niespodziewanych zdarzeń w instalacjach elektroenergetycznych, tym bardziej, że po odpowiedniej rozbudowie przyrządu można również monitorować inne sygnały analogowe i cyfrowe.

Koncepcja konstrukcyjna przyrządu Elspec G4500 daje pewność zapisania w pamięci wszystkich przebiegów napięciowych i prądowych, a nie tylko niektórych zdarzeń. Miejsca zapadów, przepięć i przerw w napięciu zasilającym są, podobnie jak w innych przyrządach, automatycznie raportowane w rejestrze zdarzeń, z którego zazwyczaj jest możliwość automatycznego podglądu oscylogramów i ich dalszej analizy, np. za pomocą krzywych CBMA (rys. 4).

## Podsumowanie

Elspec G4500 daje użytkownikowi możliwość ciągłej obserwacji napięć i prądów w instalacji elektrycznej z opcją równoległego monitoringu dowolnych czujników czy urządzeń zabezpieczających. Dodatkowo dołączony program PQ Investigator umożliwia uśrednienie parametrów jakościowych w dowolnych oknach czasowych. Obecne przewodowe i bezprzewodowe rozwiązania komunikacyjne zasadniczo upraszczają połączenie panelu wizualizacyjnego z przyrządami pomiarowymi, które mogą być w różnych punktach sieci zasilającej. Stosowane metody synchronizacji czasu w przyrządach pomiarowych są na tyle dokładne, że umożliwiają analizę kierunku przepływu zaburzeń w rozległych instalacjach elektroenergetycznych.

**Marek Olesz**

**Autor jest pracownikiem naukowym  
Politechniki Gdańskiej**



### BIBLIOGRAFIA

- [1] PN-EN 50160: 2002 – Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych,
- [2] [www.dranetz-bmi.com/products/](http://www.dranetz-bmi.com/products/) strona internetowa,
- [3] [www.a-eberle.de/pdf/p\\_pq\\_box\\_100\\_pl.pdf](http://www.a-eberle.de/pdf/p_pq_box_100_pl.pdf), strona internetowa z danymi PQBox100,
- [4] [www.elspec-ltd.com](http://www.elspec-ltd.com), strona internetowa z danymi Elspec G4500,
- [5] [www.biall.com.pl](http://www.biall.com.pl)



## KONTAKT

### **BIALL Sp. z o.o.**

Otomin, ul. Słoneczna 43  
80-174 Gdańsk  
tel. (58) 322 11 91...93  
e-mail: [biall@biall.com.pl](mailto:biall@biall.com.pl)  
[www.biall.com.pl](http://www.biall.com.pl)