

POMIARY JAKOŚCI ENERGII ELEKTRYCZNEJ Z WYKORZYSTANIEM TECHNIKI MIKROPROCESOROWEJ

Krzysztof Urbański

**Instytut Informatyki i Elektroniki, Uniwersytet Zielonogórski
65-246 Zielona Góra, ul. Podgórna 50**

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

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono podstawowe definicje parametrów jakości energii elektrycznej oraz wymagania jakie powinny one spełniać. Opisano proces zbierania i analizy wyników pomiarów oraz zasadę działania analizatora parametrów sieci energetycznej.

1. WPROWADZENIE

W związku z liberalizacją rynków energii elektrycznej i możliwością zakupu energii u dowolnego dostawcy, energia stała się towarem o określonych parametrach, za który należy zapłacić określoną cenę. Parametry zjawisk związanych z jakością energii i zasady ich pomiaru zostały znormalizowane i opisane w normach EN50160 i IEC-61000-x-xx. Jakość energii elektrycznej rozumiana jest jako zespół charakterystyk napięcia zasilającego odbiorcę: zmiany częstotliwości sieci, fluktuacje, zwłaszcza te, które powodują migotanie światła, nagłe zmiany lub wyłączenia napięcia, asymetria napięć trójfazowych, harmoniczne, interharmoniczne i przepięcia „szpilkowe”. Przykładowo, dla przeciętnej odbiorcy, średnia 10s częstotliwość sieciowa powinna wynosić $50\text{Hz} \pm 1\%$ przez 95% tygodnia, średnia 10 min wartość skuteczna napięcia powinna wynosić $230\text{V} \pm 10\%$ przez 95% tygodnia a współczynnik zniekształceń harmonicznym nie powinien przekroczyć 8%. Łączny czas wyłączeń w ciągu roku nie powinien przekroczyć 48h, a jednorazowa przerwa nie może być dłuższa niż 24h. W przypadku niedotrzymania przez dostawcę parametrów, odbiorca otrzymuje odpowiednią bonifikatę. Rozliczenia między dostawcą i odbiorcą wyzwoliły potrzebę zainstalowania urządzeń pomiarowo – rejestrujących (analizatorów parametrów sieci), które umożliwiają jednoznaczną ocenę jakości energii elektrycznej.

2. PODSTAWOWE WYMAGANIA JAKIE MUSI SPEŁNIAĆ NAPIĘCIE SIECIOWE

Wymagania jakie musi spełniać napięcie w sieci energetycznej wg normy EN50160 przedstawione są w *Tab.1*. Dla każdego z wymienionych parametrów określony jest zakres zmian lub procentowa tolerancja, którą parametr może przyjmować. Ponadto opisany jest czas

uśredniania parametru oraz częstotliwość skumulowana czyli część okresu obserwacji (zwykle 95%) lub liczba przekroczeń w ciągu tego okresu, która jest dopuszczalna dla spełnienia wymagań normy.

Tab.1. Parametry jakości energii wg EN50160.

Kryterium	Zakres / tolerancja	Czas uśredniania	Częstotliwość skumulowana	Okres obserwacji
Zmiany częstotliwości	$50\text{Hz} \pm 1\%$	10 s	95%	tydzień
	$50\text{Hz} +4\%/-6\%$	10 s	100%	tydzień
Wolne zmiany napięcia	$U_N \pm 10\%$	10 min	95%	tydzień
Szybkie zmiany napięcia	$U_N \pm 5\%$	10 ms	100%	dzień
Fluktuacje napięcia - flicker	$P_{It} \leq 1$	2 h	95%	tydzień
Zapady napięcia	$(1\% - 90\%) U_N$ przez 10ms – 1s	10 ms	10 - 1000	rok
Krótkie przerwy w zasilaniu	$<1\% U_N$ przez $< 3\text{min}$	10 ms	10 - 100	rok
Długie przerwy w zasilaniu	$<1\% U_N$ przez $> 3\text{min}$	10 ms	10 – 50	rok
Przebiecia	$< 200\% U_N (<1.5\text{kV})$	10 ms	kilka sekund	
Przebiecia „szpilkowe”	$< 6 \text{ kV}$		$\mu\text{s} \dots \text{ms}$	
Asymetria	$< 2\%$	10 min	95%	tydzień
Harmoniczne	THD $< 8\%$	10 min	95%	tydzień
Interharmoniczne				
Napięcie sygnałowe	$< 9\%$	3 s	95%	dzień
U_N – znamionowe napięcie skuteczne sieci energetycznej				

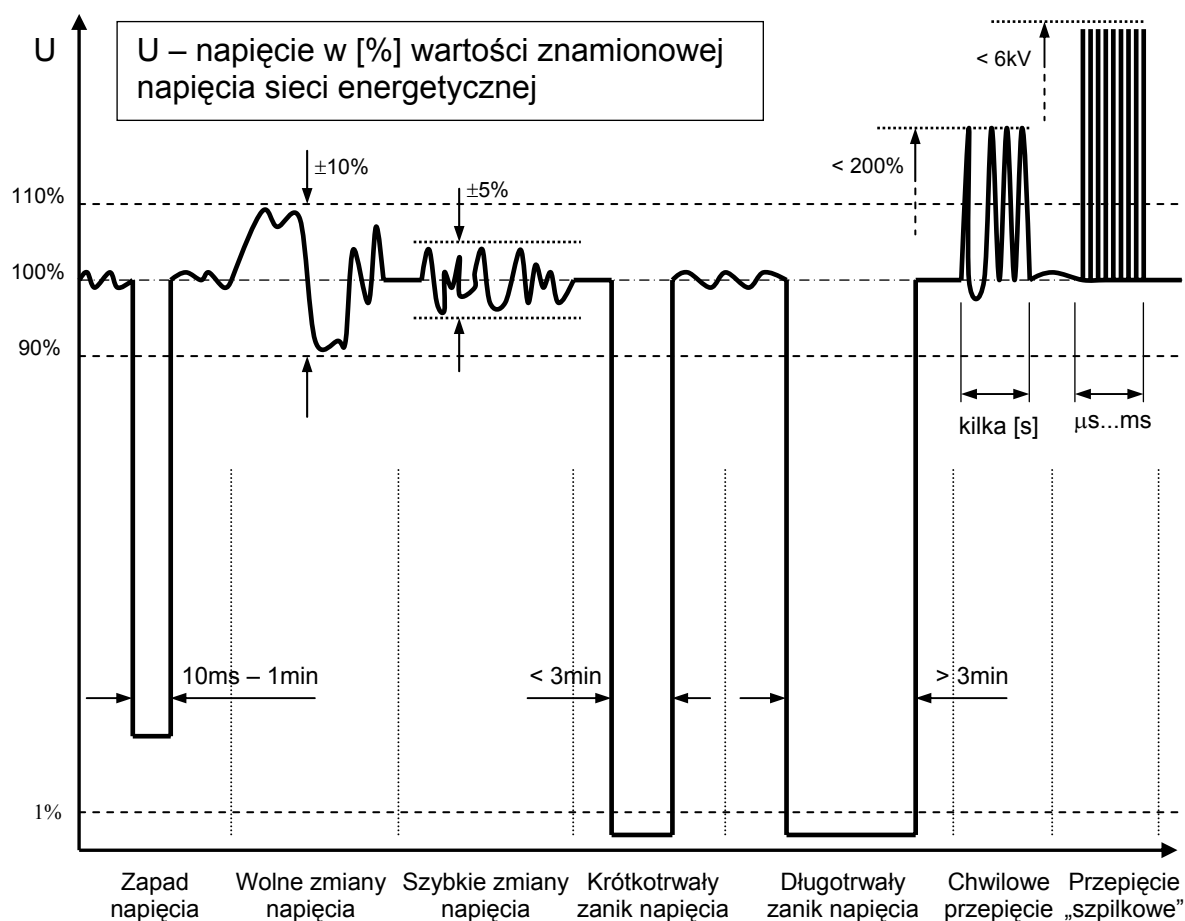
Interpretację graficzną poszczególnych parametrów przedstawiono na Rys.1.

3. SYSTEM REJESTRACJI I ANALIZY DANYCH

Zebranie „dobrych” danych jest połową sukcesu w ocenie jakości energii elektrycznej. Podstawowe kryteria, którymi się należy kierować to:

- wybór odpowiedniego miejsca w sieci do zainstalowania analizatora;
- skorygowanie błędów połączeń w miejscu zainstalowania , do czego służy funkcja pomiarów w „czasie rzeczywistym”;
- właściwe ustawienie parametrów rejestracji, zwłaszcza progów wyzwalania zapisu danych do pamięci, której wielkość jest ograniczona.

Typowy system akwizycji danych do oceny jakości energii elektrycznej przedstawiony jest na Rys.2. Złożony on jest z szeregu analizatorów umieszczonych w węzłach sieci energetycznej. Każdy analizator wyposażony jest w interfejs komunikacyjny: RS232, RS485, USB, Ethernet, modem analogowy lub GSM czy GPRS. Z drugiej strony łącza komunikacyjnego znajduje się



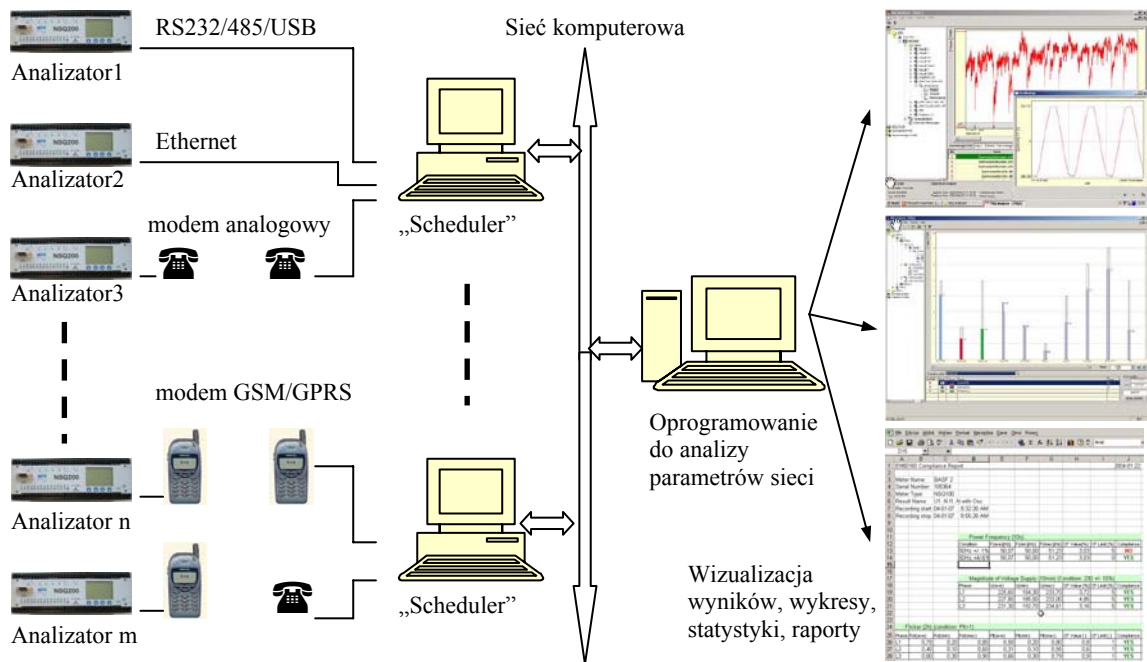
Rys. 1. Parametry opisujące zmiany napięcia w sieci energetycznej

komputer z oprogramowaniem służącym do ustawiania konfiguracji pomiarowej każdego z analizatorów oraz parametrów rejestracji. Ponadto na komputerze zainstalowany jest tzw. „scheduler” – program, który zarządza przepływem w czasie wyników pomiarów i ich archiwizacją na lokalnym lub zdalnym komputerze. Zarchiwizowane dane poddawane są ocenie ich zgodności z wymaganiami norm. Analiza przebiega w sposób automatyczny i polega na przygotowaniu zestawu kryteriów oceny (tzw. Evaluation Profile) a następnie wizualizacji wyników w postaci numerycznej i graficznej. Jednocześnie przygotowany jest raport potwierdzający zgodność z normami lub wskazujący miejsca rozbieżności.

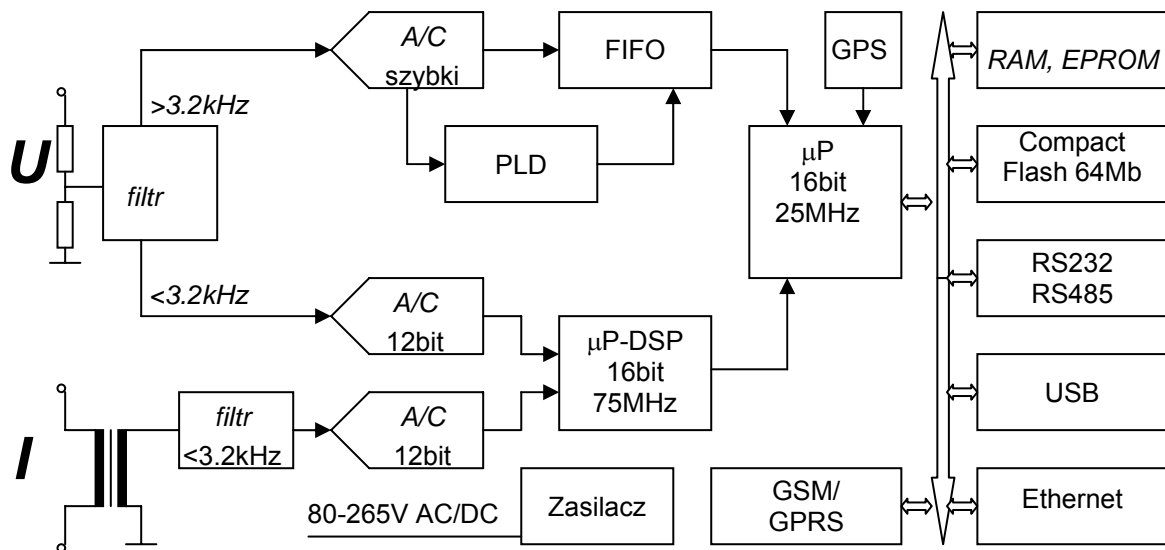
4. ANALIZATOR PARAMETRÓW SIECI ENERGETYCZNEJ

Struktura analizatora przedstawiona jest na Rys.3. Mierzone napięcie doprowadzone jest przez precyzyjne dzielniki napięcia do filtru, który rozdziela przebieg na wysokoczęstotliwościowy ($>3,2\text{kHz}$) do pomiaru napięć „szpilkowych” i niskoczęstotliwościowy ($<3,2\text{kHz}$) do pomiaru wartości skutecznej, harmonicznym i flickera.

Napięcie ze składowymi o wysokiej częstotliwości przetwarzane jest w szybkim (2MHz)



Rys. 2. System pomiaru, akwizycji i analizy parametrów sieci energetycznej



Rys. 3. Struktura analizatora do pomiaru parametrów sieci energetycznej

przetworniku A/C i zapisywane w rejestrze FIFO pod warunkiem, że wartość przekroczy określony poziom, co kontrolowane jest przez układ PLD. Zawartość FIFO odczytywana jest raz na okres przebiegu mierzonego przez mikroprocesor μP i zapamiętywana w pamięci Compact Flash. Napięcie o składowych niskoczęstotliwościowych (podobnie prąd wejściowy) jest próbkowane synchronicznie z szybkością 128 próbek na okres a procesor DSP oblicza wartości skuteczne i wartości poszczególnych harmonicznych (FFT) sygnału.

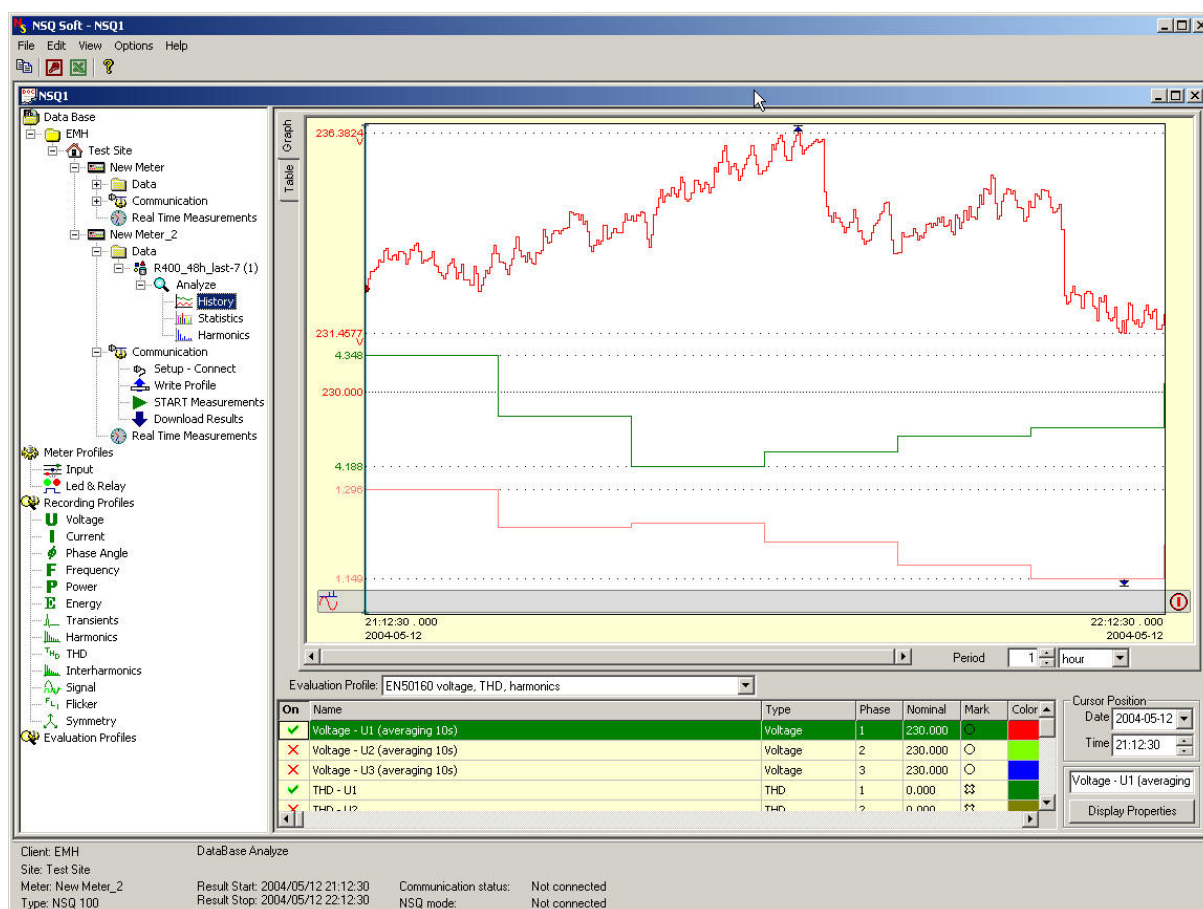
Wyniki pracy procesora DSP odczytywane są przez procesor μ P, poddawane wstępnej analizie w celu redukcji nadmiarowych danych a następnie rejestrowane w pamięci Compact Flash. Synchronizację zapisu danych z czasem astronomicznym zapewnia zegar DCF lub system z odbiornikiem GPS. Komunikacja z analizatorem i pobieranie zarejestrowanych danych odbywa się przez jeden z aktywnych interfejsów. Analizator zasilany jest za pomocą zasilacza o szerokim zakresie napięć wejściowych z podtrzymaniem akumulatorowym, umożliwiającym pracę w czasie zaników napięcia zasilania.

5. OPROGRAMOWANIE DO ANALIZY WYNIKÓW POMIARÓW

Integralną częścią systemu analizy jest oprogramowanie na komputer klasy PC. Umożliwia ono:

- komunikację z poszczególnymi analizatorami;
- ustawienie parametrów i właściwości analizatora („Meter Profile”) a w szczególności wybór układu połączeń (1-fazowy / 3-fazowy, 3- lub 4- przewodowy, wybór współpracujących przetworników prądowych);
- ustawienie parametrów rejestracji („Recording Profile”) a w szczególności czasu rejestracji, prędkości rejestracji, wybór rejestrowanych parametrów i czasu ich uśredniania, ustawienie wartości progowych od których rozpoczyna się rejestracja;
- ustawienie zasad i warunków analizy danych („Evaluation Profile”) oraz sposobu ich prezentacji;
- odczyt danych z poszczególnych urządzeń i zarządzanie bazą danych pomiarowych.

Wygląd okna programu przedstawiony jest na Rys.4. Główną część ekranu zajmuje okno prezentujące wykres wybranych wielkości względem czasu. Wykresy mogą być dowolnie skalowane i umieszczane w różnym położeniu względem siebie. Zaznaczane na nich są symbolami tzw. zdarzenia, czyli momenty w których mierzona wielkość przekroczyła ustaloną wartość progową. Możliwe jest również przełączenie wyświetlania danych do postaci liczbowej a dodatkowo harmoniczne wyświetlane są w postaci wykresów słupkowych. Ponadto możliwe jest wyświetlanie danych statystycznych pozwalających na analizę częstości występowania poszczególnych zjawisk i porównanie jej z wymaganiami norm. Wyniki pomiarów mogą być przedstawione w postaci wartości i czasu trwania zdarzenia na wykresie zwanym krzywą CBMA, dzięki której zdarzenia mogą być klasyfikowane jako dopuszczalne w normalnej pracy, niedopuszczalne ale takie, które nie powodują uszkodzenia urządzeń podłączonych do sieci energetycznej, oraz niedopuszczalne, które mogą spowodować uszkodzenia lub nawet zniszczenie urządzenia. Pozostałe okna programu pozwalają na ustawienia profili miernika, rejestracji i analizy wyników oraz komunikacji z urządzeniami.



Rys. 4. Widok głównego okna programu do pomiaru parametrów sieci energetycznej

6. ZAKOŃCZENIE

Szybki rozwój środków telekomunikacyjnych, „urynkowanie” gospodarki energetycznej, rosnące koszty energii i pracy oraz uzależnienie od ciągłych dostaw energii wymuszają potrzebę opracowania systemów pomiarów i kontroli jej jakości. Ze względu na ilość parametrów i skomplikowane wymagania dla nich przewiduje się gwałtowny rozwój systemów do zautomatyzowanej oceny jakości parametrów sieci energetycznej.

LITERATURA

- [1] *PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych*, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2002.
- [2] *IEC 61000-4-30 Testing and measurement techniques –Power quality measurement methods*, IEC, Geneva 2003.