

REDUKCJA STRUMIENIA DANYCH POMIAROWYCH W REJESTRATORACH PARAMETRÓW SIECI ENERGETYCZNEJ

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 opisano podstawowe parametry sieci energetycznej. Omówiono strukturę i zasadę działania rejestratora tych parametrów oraz przeanalizowano wielkość pamięci niezbędną do zapamiętania wyników pomiarów wystarczającą do oceny jakości energii elektrycznej zgodnie z obowiązującymi normami. Przedstawiono ogólne metody redukcji strumienia danych napływających w czasie rejestracji a szczegółowo omówiono sposób redukcji progowej adaptacyjnej.

1. WPROWADZENIE

Liberalizacja rynków energii elektrycznej doprowadziła do tego, że energia elektryczna zaczęła być traktowana jak zwykły towar o określonych w normie EN50160 i serii norm IEC61000-x-xx parametrach. Zespół charakterystyk i parametrów napięcia zasilającego odbiorcę nazwano jakością energii elektrycznej. Przykładowo, dla przeciętnego 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 harmonicznym współczynnik zniekształceń harmonicznym nie powinien przekroczyć 8%. Aby można było ocenić jakość – zgodność parametrów energii elektrycznej z normami niezbędne są wieloparametrowe rejestratory, które mierzą i gromadzą wyniki pomiarów w ciągu stosunkowo długich okresów czasu t.j. dnia, tygodnia czy nawet roku. Powoduje to konieczność operowania stosunkowo dużymi zbiorami danych napływającymi strumieniem z obwodów pomiarowych w czasie rzeczywistym. Jednocześnie typowe miejsca pomiaru parametrów w energetyce zawodowej narzucają ograniczenia techniczne na wymiary, pobór mocy i niezawodność działania rejestratorów, co w znacznym stopniu rzutuje na ich konstrukcję. W *Tab.1.* przedstawiono wymagania jakie musi spełnić rejestrator aby zapamiętać wyniki pomiarów sieci energetycznej niezbędne do analizy jakości energii elektrycznej wg normy EN50160. W następnej tablicy *Tab.2.* opisano wielkość pamięci niezbędną do przechowywania wyników pomiaru. Obliczenia wykonano przy założeniu, że do zapamiętania jednej wartości i czasu jej wystąpienia niezbędne jest 16 bajtów (wartość

w formacie zmiennoprzecinkowym, czas i data z rozdzielczością 1ms, kod identyfikujący wielkość mierzoną) a rejestracja odbywa się dla sieci trójfazowej.

Tab.1. Liczba wyników pomiarów przy rejestracji wg. EN50160

Parametr	Zakres / tolerancja	Czas uśredniania	Okres obserwacji	Liczba danych w okresie obserwacji
Zmiany częstotliwości	50Hz $\pm$ 1%	10 s	tydzień	60.480 wyników
	50Hz +4%/-6%	10 s	tydzień	
Wolne zmiany napięcia	$U_N \pm 10\%$	10 min	tydzień	3.024 wyników
Szybkie zmiany napięcia	$U_N \pm 5\%$	10 ms	dzień	-
Fluktuacje napięcia - flicker	$P_{It} \leq 1$	2 h	tydzień	252 wyniki
Zapady napięcia	(1% - 90%) U_N 10ms..1s	10 ms	rok	3.000 wyników
Krótkie przerwy w zasilaniu	$< 1\% U_N$ przez $< 3\text{min}$	10 ms	rok	300 wyników
Długie przerwy w zasilaniu	$< 1\% U_N$ przez $> 3\text{min}$	10 ms	rok	150 wyników
Przebiegi	$< 200\% U_N$ ($< 1.5\text{kV}$)	10 ms	-	-
Przebiegi „szpilkowe”	$< 6\text{ kV}$	-	-	-
Asymetria	$< 2\%$	10 min	tydzień	2.016 wyników
THD	THD $< 8\%$	10 min	tydzień	3.024 wyników
Harmoniczne	0,5...5%	10 min	tydzień	75.600 wyników
Interharmoniczne	0,5...5%	10 min	tydzień	75.600 wyników
Napięcie sygnałowe	$< 9\%$	3 s	dzień	604.800 wyników
U_N – znamionowe napięcie skuteczne sieci energetycznej				

Tab.2. Minimalna wielkość pamięci niezbędna przy rejestracji wg. EN50160

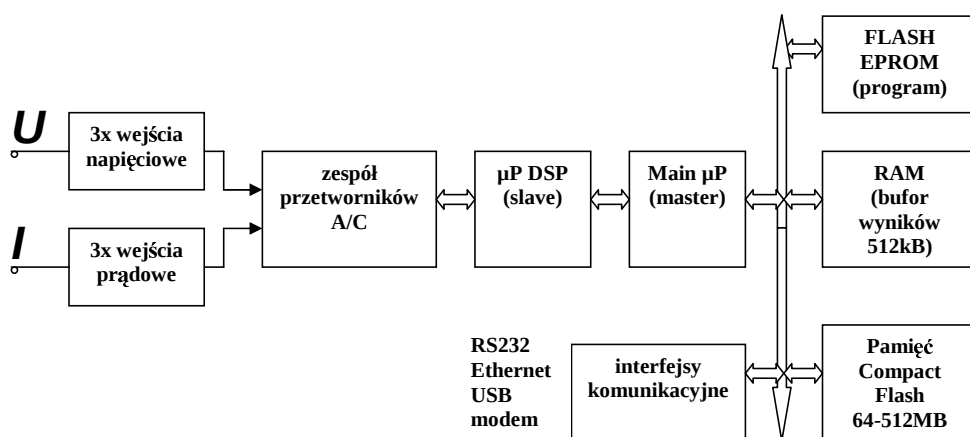
Kryterium	Liczba danych w okresie obserwacji	Niezbędna wielkość pamięci
Zmiany częstotliwości	60.480 wyników	1 MB
Wolne zmiany napięcia	3.024 wyników	0,05 MB
Fluktuacje napięcia - flicker	252 wyniki	0,004 MB
Zapady napięcia	3.000 wyników	0,05 MB
Krótkie przerwy w zasilaniu	300 wyników	0,005 MB
Długie przerwy w zasilaniu	150 wyników	0,002 MB
Asymetria	2.016 wyników	0,032 MB
THD	3.024 wyników	0,05 MB
Harmoniczne	75.600 wyników	1,21 MB
Interharmoniczne	75.600 wyników	1,21 MB
Napięcie sygnałowe	604.800 wyników	9,68 MB
RAZEM		13.29 MB

Z wyników obliczeń zaprezentowanych w tablicach wynika, że minimalna wielkość pamięci dla zapamiętania niezbędnych parametrów wynosi około 13 MB na komplet danych w ciągu 1 tygodnia rejestracji. Przy czym określenie „minimalna” zakłada, że jest to wystarczająca liczba danych do sprawdzenia zgodności ze standardami, ale zbyt mała do analizy przyczyn

zakłóceń. W praktyce danych tych musi być kilkakrotnie więcej zwłaszcza, że analizy wykonuje się porównując wyniki z poszczególnych tygodni, które trzeba pamiętać. Duża liczba danych a także środki transmisji za pomocą których są pozyskiwane z punktów pomiarowych (modemy) wymuszają potrzebę minimalizacji liczby danych przy ograniczeniu strat najbardziej istotnych informacji.

2. STRUKTURA REJESTRATORA DO POMIARU PARAMETRÓW SIECI ENERGETYCZNEJ

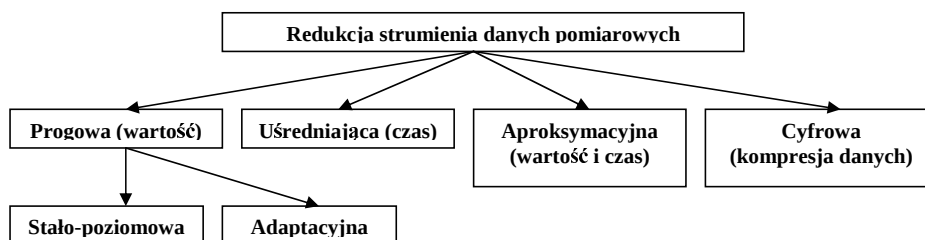
Struktura rejestratora do pomiaru parametrów sieci energetycznej przedstawiona jest na Rys.1. Napięcie i prąd sieci trójfazowej, po znormalizowaniu wartości w układach wejściowych doprowadzone są do przetworników A/C, a następnie do procesora DSP (Slave). Procesor ten na podstawie próbek wylicza chwilowe (20ms) wartości parametrów sieci energetycznej takich jak: wartość skuteczna napięcia i prądu, częstotliwość sieci, moc czynną, bierną i pozorną, kąty przesunięcia fazowego, harmoniczne i interharmoniczne, napięcie sygnałowe, flicker. Wartości te przesyłane są do procesora głównego (Master), który zależnie od założonego algorytmu pracy porównuje je z progami redukcji lub uśrednia w określonym czasie. Wyniki wraz z czasem pomiaru gromadzone są w buforze pamięci RAM, skąd po wykonaniu kompresji cyfrowej zapisywane są w pamięci masowej np. typu Compact Flash. W zależności od potrzeb, pliki z pamięci Compact Flash mogą być przekazywane do dalszej analizy w komputerze klasy PC przez zespół interfejsowy rejestratora. Kluczowym parametrem wpływającym na konstrukcję przyrządu pracującego w czasie rzeczywistym jest ilość danych napływających z układu pomiarowego, która z jednej strony musi być wystarczająca do analizy jakości według norm, z drugiej nie może być nadmiernie wielka ze względu na ograniczony czas obliczeń oraz szybkość i objętość pamięci systemu mikroprocesorowego.



Rys. 1. Struktura rejestratora parametrów sieci energetycznej

3. METODY REDUKCJI DANYCH

Metody redukcji danych pomiarowych w rejestratorach parametrów sieci energetycznej można podzielić ze względu na parametr, według którego dokonywana jest redukcja: amplituda (wartość) wielkości mierzonej, czas uśredniania i format binarny rezultatu pomiarów. Na Rys.2. przedstawiona jest klasyfikacja metod redukcji.



Rys. 2. Metody redukcji strumienia danych pomiarowych

Redukcja progowa stało-poziomowa – jest to metoda, w której wartości aktualnych wyników pomiarów porównywane są z nastawionymi przez użytkownika limitami – górnym i dolnym. Jeżeli rezultat pomiaru mieści się w założonych granicach limitów wynik nie jest rejestrowany. Rejestracja następuje wyłącznie po przekroczeniu limitów. Wadą sposobu jest trudność odpowiedniego ustawienia wartości limitów. Zbyt wąskie ustawienia powodują bardzo szybkie zapelnienie pamięci urządzeń, zbyt szerokie ustawienie progów może powodować eliminację istotnych wyników pomiaru. Ustawienie progów odbywa się eksperymentalnie dla każdego obiektu w sieci energetycznej. Jakość zebranych danych pomiarowych w bardzo dużej mierze zależy od doświadczenia pracowników obsługujących rejestratory.

Redukcja progowa adaptacyjna – jest odmianą metody stało-poziomowej, w której progi wyzwalające rejestrację zmieniają się automatycznie w zależności od sytuacji w sieci energetycznej i obszaru dostępnej pamięci do rejestracji wyników. Metoda ta zostanie opisana szczegółowo w następnym rozdziale.

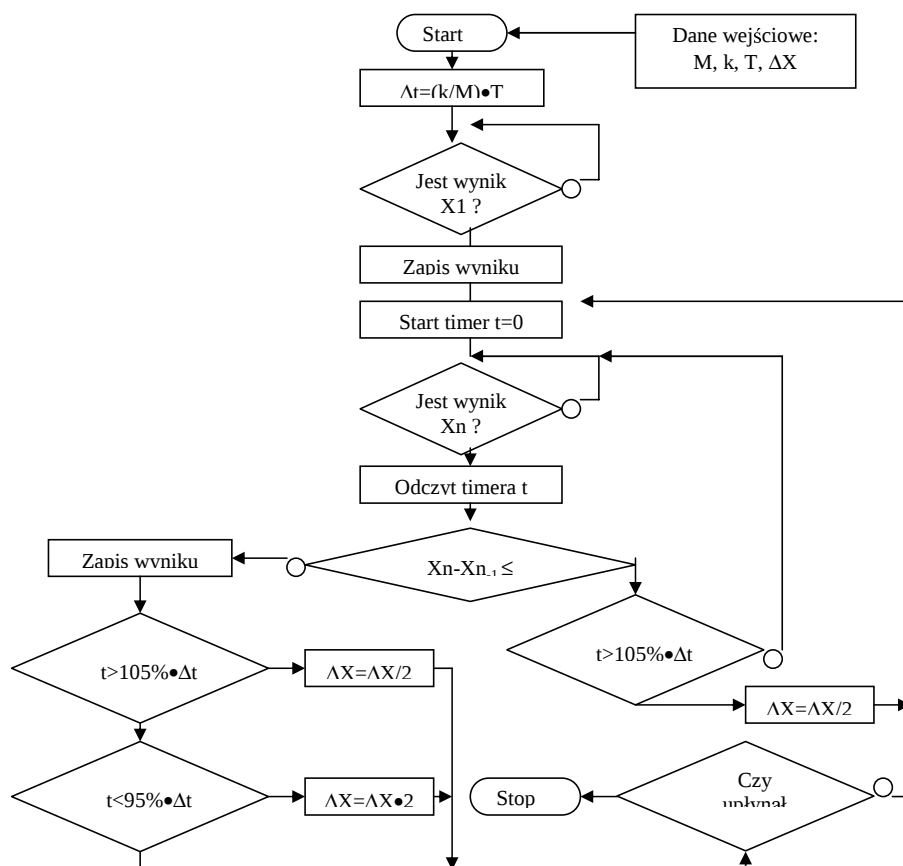
Redukcja uśredniająca polega na uśrednianiu (arytmetycznym, kwadratowym) szeregu wyników za określony okres czasu. Może ona powodować dwa problemy: eliminację gwałtownych zmian w sygnałach mierzonych oraz trudności w określeniu właściwej wartości czasu uśredniania. Błędnie dobrana wartość tego czasu może spowodować utratę informacji o nagłych zmianach wielkości mierzonej lub spowodować przedwczesne zapelnienie pamięci rejestratora. Odmianą redukcji uśredniającej jest metoda aproksymacyjna polegająca na aproksymowaniu szeregu wyników pomiarów, w różnych odcinkach czasu, za pomocą odpowiednich wielomianów. Rejestrowane są następnie tylko współczynniki wielomianu co pozwala na zmniejszenie niezbędnej ilości pamięci i częściowo eliminuje silne właściwości filtru dolno przepustowego jakim jest uśrednianie arytmetyczne. Wadą metody jest złożoność

algorytmiczna ograniczona czasem obliczeń (szybkością mikroprocesora) dla rejestratora pracującego w czasie rzeczywistym.

Redukcja cyfrowa polega na analizie ciągów binarnych zapisanych już wyników pomiarów i poddaniu ich bezstratnej kompresji jedną ze znanych metod (np. algorytmem podobnym do popularnej kompresji ZIP). Praktycznie uzyskiwane wyniki kompresji przeprowadzonej na danych z rzeczywistych pomiarów sieci energetycznej pozwalają do trzech razy zmniejszyć objętość pliku z danymi. Przyspiesza to jednocześnie przesyłanie danych do analizy z rejestratora do komputera PC przez standardowe interfejsy RS232 czy modemy analogowe i GSM.

4. METODA PROGOWA – ADAPTACYJNA REDUKCJI STRUMIENIA DANYCH

Metoda ta w porównaniu z metodą stało-poziomową ma zmienne progi, które decydują o liczbie danych zapisywanych w pamięci urządzenia. Minimalna wartość czasu, co którą



Rys. 3. Algorytm działania redukcji progowej adaptacyjnej

może nastąpić zapis wyniku przy założonym całkowitym czasie rejestracji, dostępnej wielkości pamięci i wielkości pamięci niezbędnej do zapisania jednego wyniku pomiaru jest wyliczana ze wzoru (1). Natomiast wartości progu modyfikowane są zgodnie z zależnością (2) przy założeniu początkowej minimalnej wartości progu ΔX .

$$\Delta t = (k/M) \cdot T \quad (1) \quad \left. \begin{array}{l} t > 105\% \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta X = \Delta X/2 \\ 95\% \cdot \Delta t \leq t \leq 105\% \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta X = \Delta X \\ t < 95\% \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta X = \Delta X \cdot 2 \end{array} \right\} (2)$$

gdzie: Δt – minimalny czas, co który możliwy jest zapis; M – wielkość dostępnej pamięci;
 k – wielkość pamięci do zapisania jednego wyniku; T – całkowity okres rejestracji;
 ΔX – próg redukcji; X_n – kolejne wyniki pomiarów;

Zasada działania metody przedstawiona jest w postaci algorytmu na Rys.3. W zależności od różnicy między wartościami kolejnych wyników X_n , X_{n-1} w stosunku do dopuszczalnego progu ΔX oraz częstości zapisu t w stosunku do dopuszczalnego czasu Δt , podejmowana jest decyzja o zapisie lub nie wyniku pomiaru. Metoda ta pozwala na zarejestrowanie w założonym czasie pełnej pamięci dostępnej w urządzeniu. Zgodnie z algorytmem rejestracja nie może się skończyć przed czasem ani nie może zostać przekroczony zakres dostępnej pamięci. Nawet przy bardzo „niespokojnej” sieci energetycznej zostaną zarejestrowane przypadki największych odchyśleń od założonych wartości.

5. ZAKOŃCZENIE

Pomiary parametrów sieci energetycznej zyskują na znaczeniu wraz z wprowadzaniem przepisów prawnych dotyczących jakości energii elektrycznej traktowanej jako zwykły towar rynkowy. Zaproponowana progowa - adaptacyjna metoda redukcji strumienia danych pomiarowych uniezależnia w dużym stopniu jakość zebranych wyników pomiaru od intuicyjnych nastawień operatora przyrządu. Pozwala zawsze na zarejestrowanie w założonym czasie rejestracji i w dostępnej pamięci kompletu danych obrazujących największe zmiany parametrów sieci energetycznej. Jednocześnie jej prosty algorytm nie obciąża mocy obliczeniowej systemu mikroprocesorowego pracującego w czasie rzeczywistym i dostarczającego co 20ms nowy komplet pomiarów. Praktyczne testy przeprowadzone w sieci energetycznej pokazały, że zestaw tygodniowych pomiarów do oceny jakości energii elektrycznej można zapisać w 1...2MB pamięci.

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