

Metody pomiaru współczynnika migotania światła - flikera

dr hab. inż. Andrzej OLENCKI

Projektant urządzeń elektronicznych w zakładach Lumel 1977-89, Imel 1989-90 i Calmet od 1990. Studia (Bydgoszcz, Charków 1972-77), doktorat (Wrocław 1984-86), habilitacja (Kijów 1989-91). Od 1991 profesor Instytutu Informatyki i Elektroniki oraz kierownik Zakładu Elektroniki i Układów Mikroprocesorowych. Zainteresowania to odtwarzanie i pomiar wielkości elektroenergetycznych.

e-mail: A.Olenckii@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 i rejestracji parametrów jakości energii elektrycznej i budowie źródeł sygnałów (kalibratorów) odtwarzających te parametry.

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



Streszczenie

W artykule przedstawiono, na tle parametrów jakości energii elektrycznej, zjawisko migotania światła i definicję współczynnika migotania tzw. flikera oraz sposób jego pomiaru zgodnie z normą IEC6100-4-15 (2003). Opisano alternatywną metodę pomiaru opartą na analizie częstotliwościowej oraz przedstawiono urządzenie pomiarowe działające w oparciu o opisywaną metodę. Zaprezentowano uzyskane wyniki pomiarów.

Abstract

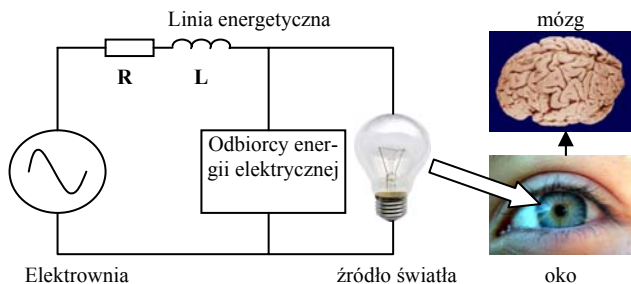
The article presents, on the background of power quality parameters, the phenomena of light intensity variations and definition of flicker coefficient and method of its measurement according to the IEC6100-4-15 (2003) standard. There is described an alternative method of measurement based on frequency spectrum analysis and meter, which works on this principle. Then, there are presented the results of measurements.

Słowa kluczowe: współczynnik migotania światła, fliker, jakość energii elektrycznej, kalibrator napięcia i prądu, kalibrator mocy, miernik, rejestrator, analizator parametrów sieci.

Keywords: flicker, power quality, voltage and current calibrator, power calibrator, power network parameters meter, recorder, analyzer.

1. Wstęp

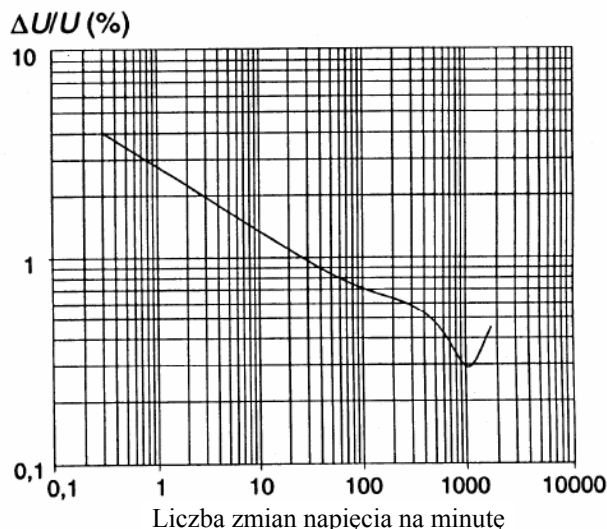
Intensywność świecenia lamp zasilanych z sieci energetycznej zmienia się z podwójną częstotliwością napięcia sieciowego. Na szczęście ludzkie oko i mózg nie są w stanie wykryć tych zmian jasności świecenia. Jakkolwiek, jeżeli wolno zmienia się, (0,1...30Hz) amplituda napięcia, to człowiek jest w stanie zaobserwować zmiany natężenia oświetlenia, ponieważ jasność świecenia jest w przybliżeniu proporcjonalna do kwadratu napięcia. Fluktuacje napięcia spowodowane być mogą zmianami po stronie wysokiego i średniego napięcia, zmianami obciążenia – zwłaszcza nieliniowego czy sumowaniem wyższych harmonicznych i interharmonicznych. Schemat wpływu zmian napięcia na organizm ludzki przedstawiono na Rys. 1.



Rys.1. Wpływ zmian napięcia na migotanie światła i organizm ludzki.
Fig. 1. Voltage variations influence on light intensity flicker and human body.

Połączenie oka i mózgu ma pewne pasmo przenoszenia sygnału i charakterystykę odpowiedzi na jego zmiany. Przeprowadzone badania wykazały, że oko jest szczególnie czułe na zmiany z częstotliwością około 8,8Hz. Wtedy już względna zmiana napięcia 0,3%, trwająca przez dłuższy czas, może spowodować poddener-

wowanie lub irytację. Badania statystyczne, odczuwania przez ludzi migotania światła, doprowadziły do opracowania charakterystyki opisującej zależność względnej zmiany napięcia od ilości tych zmian w jednostce czasu. Zależność tę przedstawiono na Rys. 2. Zmiany, których częstotliwość albo amplituda znajdują się powyżej krzywej mogą powodować negatywne skutki dla organizmu człowieka. Opracowany został kompleksowy parametr opisujący wpływ migotania światła na człowieka – tzw. współczynnik

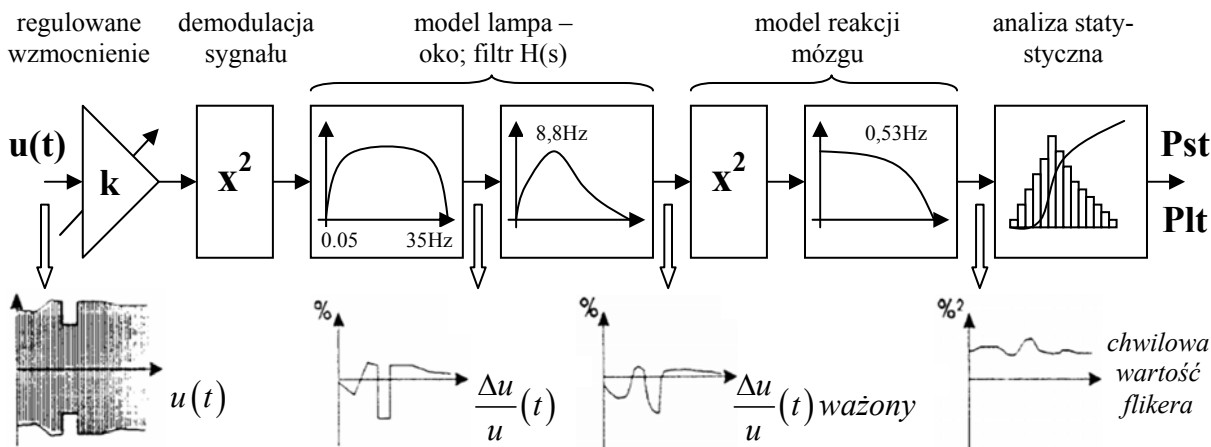


Rys.2. Zależność „pragu irytacji” od częstotliwości względnej zmiany napięcia.
Fig. 2. Irritation level dependence on relative change of voltage.

migotania światła (flicker). W zależności od czasu obserwacji wyróżniono krótkookresowy (10min) współczynnik migotania - Pst i długookresowy (2h) współczynnik - Plt. Zgodnie z normą [1], aby nie powodować dyskomfortu, współczynnik Plt nie powinien przekraczać wartości 1 przez 95% okresu obserwacji, najczęściej 1 tygodnia.

2. Standardowy sposób pomiaru współczynnika migotania światła

Do dokładnego i powtarzalnego pomiaru współczynnika migotania światła zaproponowano w normie IEC61000-4-15 [3] przyrząd (flickermeter) i sposób pomiaru przedstawiony na Rys. 3. Zasada pomiaru opiera się na symulacji charakterystyki zespołu oko – mózg. Na wejście miernika podawane jest napięcie, którego wartość jest wstępnie standaryzowana za pomocą układu o regulowanym wzmacnieniu. Blok kwadratora pozwala na demodulację sygnału. Kolejny filtr pasmowo przepustowy o częstotliwościach odcięcia odpowiednio 0,05 Hz i 35Hz pozwala na określenie stosunku zmian wartości skutecznej napięcia do jego wartości średniej w czasie pomiaru. Charakterystyka częstotliwościowa oka ludzkiego zamodelowana jest za pomocą bloku o transmitancji (opracowanej empirycznie przez Rashbassa i Koenderinka)



Rys.3. Schemat blokowy miernika migotania światła.
Fig. 3. Block diagram of flickermeter.

danej wzorem (1). Kolejny blok kwadratora i filtra modeluje nieliniową reakcję mózgu a następny realizuje statystyczną ocenę uciążliwości migotania i obliczenia P_{st} i P_{lt} .

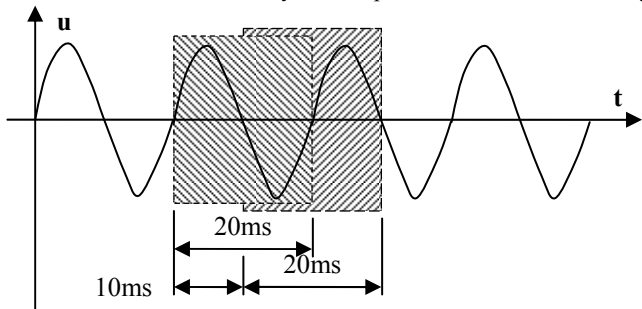
$$H(s) = \frac{k\omega_1 s}{s^2 + 2\lambda s + \omega_1^2} \cdot \frac{1 + \frac{s}{\omega_2}}{\left(1 + \frac{s}{\omega_3}\right) \cdot \left(1 + \frac{s}{\omega_4}\right)} \quad (1)$$

gdzie:

$$k=1,74802; \lambda=2\pi \cdot 4,05981; \omega_1=2\pi \cdot 9,15494; \omega_2=2\pi \cdot 2,27979; \omega_3=2\pi \cdot 1,22535; \omega_4=2\pi \cdot 21,9;$$

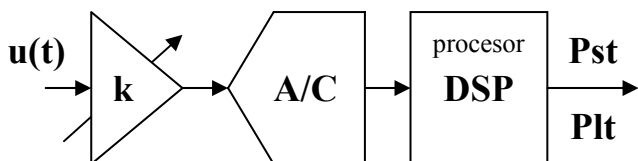
3. Wyznaczanie współczynnika migotania światła z wykorzystaniem analizy widmowej

Metoda pomiaru współczynnika migotania światła z wykorzystaniem analizy widmowej bazuje na pomiarze wartości skutecznej napięcia co okres (20ms dla 50Hz) z przesunięciem co pół okresu co zilustrowano na Rys. 4. Do pomiaru wartości skutecznej



Rys.4. Zasada pomiaru wartości skutecznej co pół okresu.
Fig. 4. RMS value measurement every half period.

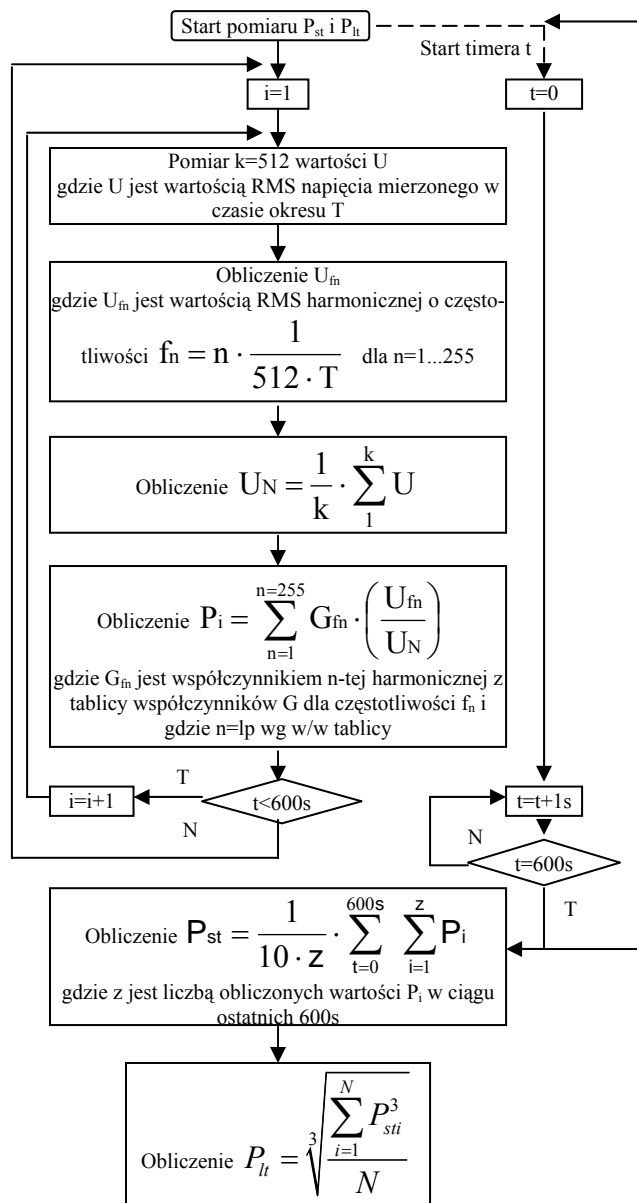
a następnie obliczenia wartości współczynnika migotania wykorzystano układ cyfrowego przetwarzania sygnału, którego uproszczony schemat przedstawiono na Rys. 5. Napięcie wejściowe po



Rys.5. Schemat blokowy miernika flikera z cyfrowym przetwarzaniem sygnału.
Fig. 5. Block diagram of flickermeter with digital signal processing.

dostosowaniu do możliwości przetwornika A/C, przetwarzane jest na kod cyfrowy, który poddawany jest procesowi obróbki za pomocą układu DSP. Szybkość próbkowania sygnału wejściowego

powinna umożliwiać uwzględnienie do 50 harmonicznej, co narzuca stosowanie częstotliwości próbkowania większych od 6kHz.



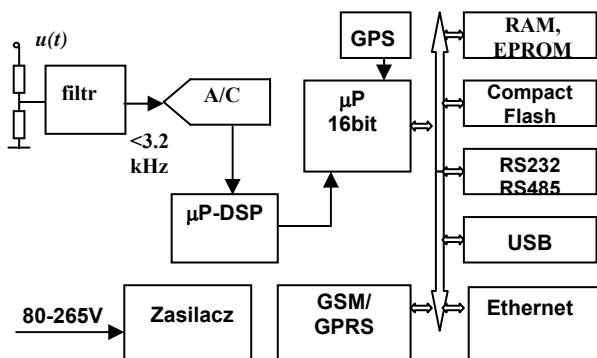
Rys.6. Algorytm obliczania flikera P_{st} i P_{lt} .
Fig. 6. Algorithm of P_{st} and P_{lt} flicker calculation.

Na rysunku Rys. 6 przedstawiono algorytm obliczania krótkookresowego (P_{st}) i długookresowego (P_{lt}) współczynnika migotania światła. W pamięci procesora DSP zgromadzonych jest 512 kolej-

nych wartości skutecznych napięcia. Za pomocą szybkiej transformaty Fouriera (FFT) obliczane jest 512 wartości harmonicznych U_{fn} . Ponadto obliczana jest średnia wartość skuteczna napięcia U_N za okres pomiaru. Do obliczenia chwilowej wartości flikera P_i wykorzystana jest tablica współczynników G_{fn} powstałych z charakterystyki przedstawionej na Rys. 2, dla każdej częstotliwości zmian napięcia co 0,1Hz. Suma chwilowych wartości flikera w czasie 600s (10min) daje poszukiwaną wartość P_{st} i po dodatkowych przekształceniach P_{It} .

4. Praktyczna realizacja miernika flikera z wykorzystaniem analizy widmowej

W oparciu o przedstawioną wyżej metodę opracowano miernik – analizator, którego schemat blokowy przedstawiono na Rys. 7 a wygląd na Rys. 8. Napięcie doprowadzone do dzielnika napięcia zostaje następnie przetworzone na postać cyfrową oraz wyliczana jest wartość skuteczna i przeprowadzana analiza widmowa. Wyliczone według algorytmu współczynniki migotania światła zapamiętywane są w pamięci i mogą być przesyłane z wykorzystaniem różnych mediów do komputera klasy PC.



Rys.7. Schemat blokowy praktycznie zrealizowanego miernika flikera.
Fig. 7. Block diagram of flickermeter with digital signal processing.



Rys.8. Miernik i rejestrator parametrów sieci energetycznej, w tym flikera.
Fig. 8. Power quality parameters meter and recorder including flicker.

Integralną częścią miernika migotania światła jest oprogramowanie na komputer klasy PC. Umożliwia ono analizę zmian wartości flikera w czasie, analizę czasu przekroczeń kiedy P_{It} jest większe od 1 oraz obliczenia statystyczne. Na Rys. 9 pokazano okno programu, na którym można zauważyć zarejestrowane w ciągu 1 dnia: skuteczną wartość napięcia uśrednioną co 10s, częstotliwość napięcia sieciowego z uśrednianiem 1s, wartość krótkookresowego współczynnika migotania światła P_{st} i długookresowego P_{It} .

5. Podsumowanie

Zaproponowana metoda pomiaru współczynnika migotania światła przenosi ciężar opracowania z części analogowej miernika na część cyfrową i odpowiednie algorytmy pracy miernika. Dla sprawdzenia poprawności działania miernika [2] i zastosowanych w nim algorytmów pracy zbudowany został układ do adjustacji miernika migotania światła złożony z kalibratora napięcia przemiennej typu C101 i generatora napięcia prostokątnego, sygnał którego zmodulował napięcie wyjściowe kalibratora. Parametry

sygnału prostokątnego (amplituda, częstotliwość) zostały dobrane zgodnie z charakterystyką przedstawioną na Rys. 2 tak, aby współczynnik migotania światła P_{st} był równy 1. Przeprowadzone pomiary dla różnych kombinacji głębokości i częstotliwości modulacji wykazały, że błąd pomiaru flikera nie przekraczał 5%.



Rys.9. Okno programu na komputer do analizy zmian flikera.
Fig. 9. PC computer screenshot with analysis change of flicker.

6. 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 measurements methods, IEC, Geneva 2003.
- [3] IEC 61000-4-15 Testing and measurement techniques – Flickermeter – functional and design specifications, IEC, Geneva 2003.

Title: Methods of light flicker measurements.

Artykuł recenzowany