

CYFROWE WYZNACZANIE SYGNAŁU MIGOTANIA DLA POTRZEB MIERNIKA MIGOTANIA ŚWIATŁA

The Digital Processing of Network Voltage Signals for the Purposes of Flicker Measuring

Andrzej BIEŃ Wojciech KMIECIK Mariusz LIMANOWSKI
Akademia Górniczo-Hutnicza

Streszczenie: Artykuł prezentuje cyfrowy sposób przetwarzania sygnału napięcia sieci do pomiaru migotania światła. Przetwarzanie oparte jest na zaleceniach norm IEC. Uzyskiwany sygnał migotania światła może być poddany analizie statystycznej dla celów określenia jakości napięcia sieci. Przyrząd zrealizowano na podstawie szybkiego systemu cyfrowego z procesorem sygnałowym TMS320C32. Opisano sposób pracy programu modelującego zjawiska konieczne do wyznaczenia sygnału migotania. Praca systemu pomiarowego jest rozbita na dwa zadania przełączane mechanizmem przerwań. Rozwiązanie takie umożliwia odwzorowanie opisanych w normach modeli zjawisk w postaci cyfrową wykonywaną w czasie rzeczywistym.

Summary: This article presents the digital processing of network voltage signals for the purposes of flicker measuring. The processing is based on rules included in IEC normalization documents. Output flicker signals can be analyzed with statistical procedures for estimating the quality of a network's voltage. This instrument is based on a speedy digital system with digital signal processor TMS320C32. Furthermore, the article describes the software's algorithm, which is the model for all necessary effects designed to obtain a flicker signal. The operation of whole system is divided into two tasks which are alternated with an interruption system. This solution creates the possibility to convert models defined in IEC norms into corresponding real-time digital versions.

1. IDEA POMIARU

1.1. Wstęp

Wytwórcy energii elektrycznej zobowiązują się utrzymać, określone w normach, jej parametry, takie jak np. amplituda i częstotliwość napięcia, symetria napięcia trójfazowego, itp. W przypadku publicznej sieci dystrybucji energii może to być zadanie trudne, gdyż niektóre urządzenia i maszyny elektryczne wprowadzają do sieci zakłócenia. Pojawia się zatem potrzeba zmierzenia, czy parametry energii docierającej do odbiorcy odpowiadają ustalonym wartościom.

Obecnie na świecie prowadzone są intensywne prace nad przyrządem do pomiaru wahań napięcia w sieci energetycznej. W dostępnych opracowaniach na ten temat przyrząd ten określany jest jako wskaźnik migotania światła (od angielskiej nazwy zjawiska migotania — flicker). Ze względu na różne podejście do problemu, budowa przyrządu ulega ciągłym modyfikacjom. W Międzynarodowej Unii Elektrotechnologii (International Union for Electroheat) prowadzone są prace nad modyfikacją normy IEC. Normy aktualnie opisujące zagadnienia związane z jakością energii

elektrycznej to między innymi: EN 50160, IEC 868, IEC 868-0, EN 60868, EN 60868-0.

1.2. Budowa przyrządu

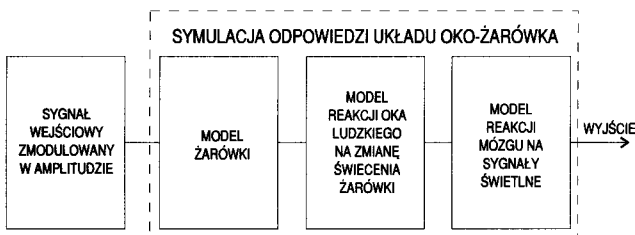
W trakcie drogi, jaką energia przebywa od elektrowni do odbiorcy, napięcie może ulec zakłóceniom wskutek działania urządzeń podłączonych do sieci lub wadliwego działania samej sieci energetycznej na pewnym odcinku. Wpływ zmian napięcia uwidoczni się poprzez zmiany strumienia świetlnego źródeł światła. Zmiany te są odbierane przez oko człowieka, a następnie poddawane analizie w mózgu. Proces ten może przebiegać bez świadomego uczestnictwa człowieka, powodując dyskomfort, a nawet poważniejsze dolegliwości.

Przyrząd mierzący wahania napięcia w sieci energetycznej w postaci, o jakiej jest mowa w tym artykule, służy jako miernik migotania źródła światła pod wpływem zmian amplitudy napięcia sieci.

Wpływ zmian napięcia na żarówkę ujawnia się w postaci migotania światła, które człowiek rejestruje przez narząd wzroku. Aby przewidzieć reakcję poszczególnych ogniw biorących udział w procesie analizy obrazu, po-

wstającego podczas migotania światła, należy stworzyć model każdego z nich. Na podstawie badań laboratoryjnych zbudowano model żarówki. Powstały także modele pozostałych ogniw procesu rejestracji i analizy obrazu przez człowieka [1].

Oczywistym wnioskiem z powyższych rozważań jest konieczność skonstruowania przyrządu w postaci kaskadowego połączenia modeli poszczególnych elementów toru przetwarzania sygnału napięciowego (rys.1). Na wyjściu toru otrzymywany jest wówczas sygnał, będący miarą wpływu migotania światła na człowieka, a także wahań napięcia w sieci energetycznej w danym jej punkcie.



Rys. 1. Blokowy schemat ideowy przyrządu

Z punktu widzenia działania przyrządu interesujący jest zakłócony sygnał napięciowy — dla typowego źródła światła (żarówka 60 W, 220V) jest to napięcie zmodulowane amplitudowo. Sygnał wejściowy bez zakłóceń nie powoduje migotania światła żarówki, natomiast w przypadku jakichkolwiek fluktuacji amplitudy napięcia następują zmiany w intensywności świecenia. Model żarówki jest demodulatorem, na którego wyjściu uzyskujemy sygnał proporcjonalny do zmian strumienia światła.

W opisywanym przyrządzie pomiarowym żarówka jest zastąpiona modelem cyfrowym. Pozostała część toru przetwarzania (model reakcji oka i mózgu) jest oparta na wiedzy medycznej (fizjologia), która pozwala na ograniczenie rozpatrywanych sygnałów tylko do zakresu częstotliwości od 0,05 do 35 Hz. Przedział częstotliwości zmian świecenia żarówki jest ograniczony z dołu częstotliwościami zauważalnego migotania, a z góry częstotliwością percepcji oka ludzkiego oraz właściwościami żarówki. Jeżeli chodzi o górną granicę częstotliwości, jest ona różna dla każdego człowieka, lecz waha się pomiędzy 25–30 Hz [1]. Przy takich lub wyższych częstotliwościach zmian obrazu widzianego przez człowieka, pojedyncze fazy nie są rozróżnialne, stąd przerzucanie obrazków „klatka po klatce” daje wrażenie ciągłego ruchu (wykorzystywane w filmach), a migotanie światła daje wrażenie ciągłego świecenia.

Ponieważ przyrząd analizuje zakłócenie pod kątem jego szkodliwości dla człowieka (np. wpływu na układ nerwowy), z tego też względu ma największą czułość dla migotania światła o częstotliwości równej częstotliwości fal mózgowych α (8–10 Hz), gdyż światło takie, działające na człowieka przez dłuższy czas, może doprowadzić do poważnych problemów zdrowotnych.

1.3. Wielkość mierzona

W najprostszej wersji przyrząd tego typu mógłby działać jako urządzenie diagnostyczne, określające tylko, czy występuje migotanie, czy nie występuje. Tak działające urządzenie nie wskaże jednak poziomu szkodliwości — czy to jest migotanie o częstotliwości uciążliwej, drażniącej, czy też niebezpiecznej dla człowieka.

Praktyczne wykorzystanie przyrządu wymaga określenia jednostki miary jego wyjścia.

Wielkość mierzona wyrażona jest za pomocą współczynników [1, 2, 3]:

- P_{st} — współczynnik krótkookresowego migotania światła, definiowany za pomocą funkcji skumulowanego prawdopodobieństwa, wartości chwilowych migotania światła — mierzonych w ciągu 10 minut;
- P_{lt} — współczynnik długookresowego migotania światła, definiowany na podstawie dwunastu kolejnych wartości współczynników P_{st} :

$$P_{lt} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^{12} \frac{P_{st,i}^3}{12}}$$

Ocena jakości energii elektrycznej odbywa się w cyklu tygodniowym, na podstawie kolejnych współczynników P_{lt} . Jak wynika, w ciągu tygodnia otrzymywane są 84 współczynniki P_{lt} .

Normy dotyczące jakości energii elektrycznej [3] określają, iż w ciągu 95% czasu obserwacji (160 godzin) współczynnik P_{lt} powinien spełniać zależność: $P_{lt} \leq 1$, czyli migotanie nie powinno wpływać na człowieka.

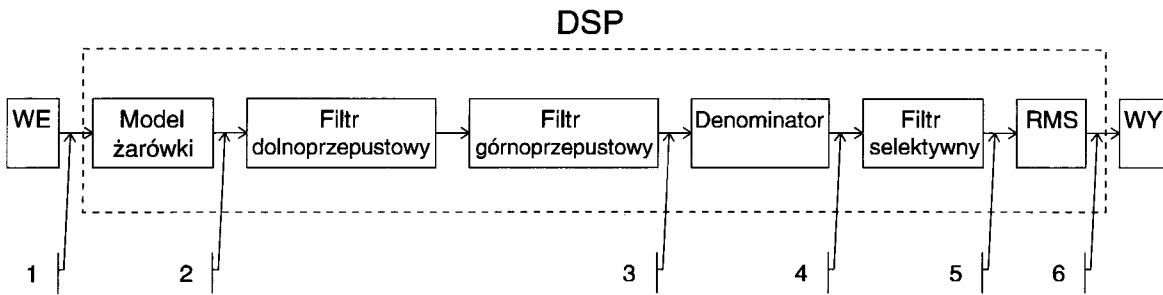
2. REALIZACJA POMIARU ZA POMOCĄ SYSTEMU Z PROCESOREM SYGNAŁOWYM

Opisany sposób przetwarzania sygnałów do oceny wahań napięcia sieci energetycznej zrealizowano jako program zaimplementowany w systemie pomiarowym z procesorem sygnałowym TMS320C32. Rozwiązanie takie pozwala m.in. łatwo uzyskać wymaganą transmitancję modelującą układ oko-mózg, zbudować cyfrowy model żarówki działający w czasie rzeczywistym oraz daje szerokie możliwości gromadzenia i przetwarzania uzyskanych wyników pomiarów.

Wykonanie urządzenia poprzedziły badania modelowe. Badania modelowe umożliwiły sprawdzenie działania przyrządu zbudowanego na podstawie opisanej koncepcji oraz doboru parametrów realizowanych modeli, tak aby system pomiarowy mógł pracować zgodnie z założeniami [3]. Badaniom poddano poszczególne elementy, a następnie całość toru. Na podstawie przeprowadzonej analizy sygnału wyjściowego stwierdzono, że model daje wyniki zbliżone do przedstawionych w literaturze [1] oraz w normie IEC 868 i jej regionalnych odpowiednikach [3].

Tor przetwarzania sygnału odpowiada schematowi przedstawionemu na rysunku 2.

Blok opisany jako WE oznacza urządzenia wejściowe. Pierwszym elementem tego bloku jest transformator separujący, który dostosowuje poziom mierzonego sygnału napięciowego do zakresu napięć części pomiarowej oraz



Rys. 2. Schemat cyfrowej realizacji toru pomiarowego miernika do oceny wahań napięcia sieci energetycznej (na rysunku zaznaczono 6 punktów, dla których w rozdziale „Praca przyrządu” przedstawiono przebiegi sygnału)

separuje galwanicznie przyrząd od punktu pomiarowego. Następnie sygnał trafia do filtra antyaliasingowego i dalej jest przetwarzany przez przetworniki A/C.

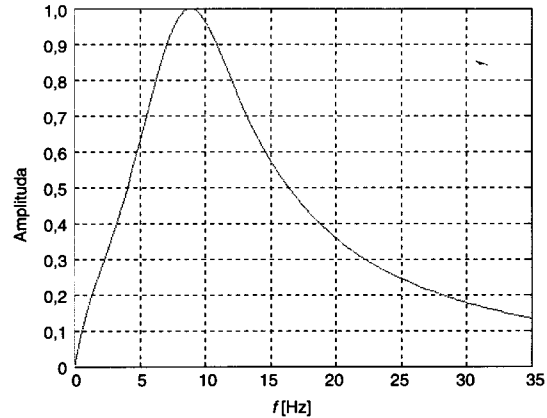
Przeprowadzone badania modelowe toru pomiarowego wykazały, że aby dobrze odtworzyć nawet słabe zakłócenie modulujące falę nośną (50 Hz) i dające efekt w postaci migotania, należy uwzględnić co najmniej 10 fal harmonicznym badanego sygnału. Na podstawie badań modelowych przyjęto jako wystarczającą częstotliwość próbkowania 1 kHz i przetwornik A/C 12-bitowy. Sygnał w tym punkcie toru jest ciągiem liczb (próbek) reprezentujących mierzone napięcie. Dalsze jego przetwarzanie jest wykonywane na drodze cyfrowej przez procesor sygnałowy (DSP).

Pierwszym etapem przetwarzania próbek napięcia jest wyznaczenie sygnału wyjściowego modelu żarówki. Sygnał ten odpowiada luminancji żarówki wolframowej pobudzonej mierzonym napięciem. Ze względu na niewielką modulację amplitudy, rzędu kilku promil, ta część programu jest napisana z użyciem arytmetyki zmiennoprzecinkowej.

W celu dalszej obróbki należy ograniczyć pasmo sygnału [1], stosując kaskadę filtrów: dolnoprzepustowego filtru Butterwortha 6. rzędu o częstotliwości granicznej 35 Hz oraz filtru górnoprzepustowego Butterwortha 1. rzędu o częstotliwości odcięcia 0,05 Hz. Ten układ filtrów eliminuje m.in. nieistotną w modelu oko-mózg składową stałą i składowe wyższych częstotliwości.

Sygnał uzyskany na wyjściu opisanej kaskady filtrów jest sygnałem wejściowym dla modelu reakcji mózgu na obrazy pochodzące z oka. Użyteczna część pasma dla otrzymanego sygnału nie stanowi teraz nawet 10% pasma przetwarzanego. W związku z tym po demodulatorze i filtrze pasmowoprzepustowym umieszczono denominator redukujący częstotliwość przetwarzanych próbek z 1 kHz do 200 Hz. Zabieg ten znacznie zmniejsza obciążenie procesora, co w systemie czasu rzeczywistego ma decydujące znaczenie dla poprawnego jego działania, a nie ma wpływu na uzyskiwane wyniki. Tak przygotowany sygnał jest przetwarzany przez filtr selektywny (rys. 3) realizujący model reakcji układu oko-mózg na efekt migotania. Współczynniki tego filtru wyznaczone na podstawie zależności opisującej jego transmitancję [1, 2]. Częstotliwość środkowa 8,8 Hz odpowiada największej wrażliwości układu oko-mózg na migotanie światła.

Sygnał wyjściowy z modelu oko-mózg jest bezpośrednim rezultatem pomiaru. Jako podstawowy parametr, obliczana jest wartość skuteczna jednoczesowa otrzymane-



Rys. 3. Charakterystyka modelu oko-mózg

go sygnału. Wartość ta może służyć do obliczenia wielkości wahania napięcia.

Przyrząd wykonano wykorzystując system oparty na procesorze sygnałowym TMS320C32 firmy Texas Instruments. Jest to szybka jednostka zmiennoprzecinkowa, przeznaczona do pracy w systemach cyfrowych czasu rzeczywistego.

System składa się z dwóch modułów: płyty głównej, na której osadzony jest procesor i pamięć systemu, oraz płyty z przetwornikami A/C. Jest zaprojektowany pod kątem wykorzystania w systemach pomiarowych czasu rzeczywistego, dlatego oba moduły komunikują się za pomocą szybkiej magistrali systemowej i mechanizmu przerwań.

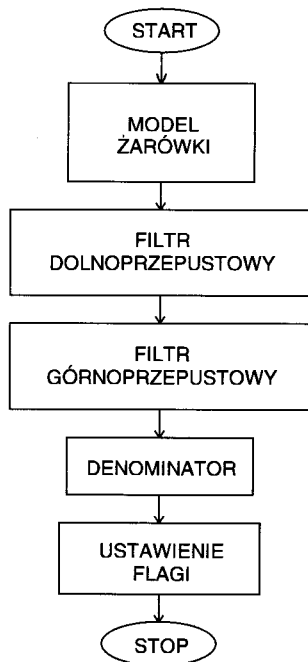
Tor przetwarzania sygnału jest w całości zrealizowany programowo.

Ze względu na optymalne wykorzystanie czasu procesora, tor przetwarzania został podzielony na dwie zasadnicze części:

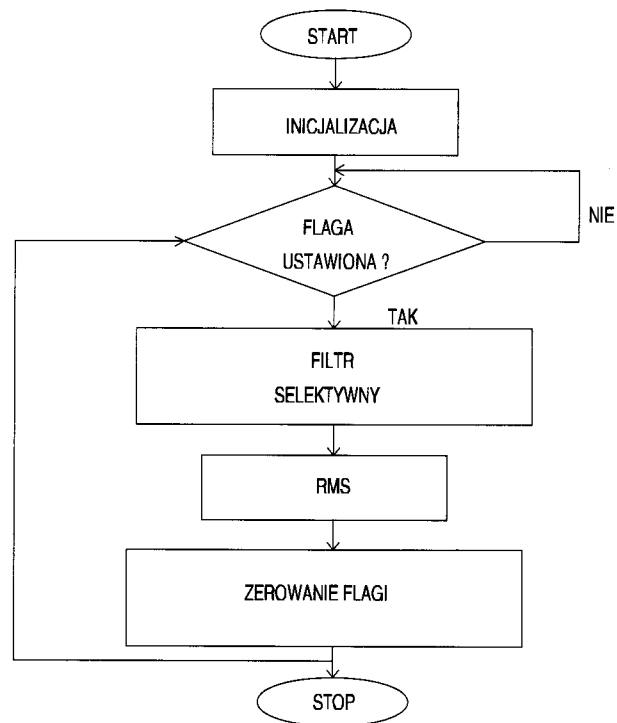
- procedura obsługi przerwania od przetworników A/C,
- program główny.

Rozdzielenie tych części wynika wprost z modelu przyrządu w wersji cyfrowej (rys. 2). Podział przebiega w miejscu denominatora na schemacie blokowym przyrządu. Pierwsza część przetwarza sygnał z częstotliwością 1 kHz (procedura obsługi przerwania), podczas gdy druga (program główny) pracuje na sygnale po denominacji — 200 Hz.

Procedura obsługi przerwania, oprócz odbierania kolejnych próbek z rejestru przetworników A/C, zawiera w sobie instrukcje realizujące model żarówki z filtrem



Rys. 4. Schemat procedury obsługi przerwania



Rys. 5. Schemat programu głównego

pasmostopprzepustowym oraz denominator (rys. 4). Program główny (rys. 5) realizuje filtr selektywny (ważący) oraz analizę uzyskanych danych na wyjściu toru pomiarowego (tutaj, jako przykład analizy, wyznaczana jest wartość skuteczna).

Konstrukcja systemu pomiarowego pozwala na zastosowanie systemu przerwania do obsługi próbek wystawianych na wyjście przetwornika A/C. Przetwarzanie przetwornika A/C wyzwalane jest przez sygnał z programowalnego timera. Przetwornik A/C zgłasza żądanie przerwania w chwili, gdy nowa próbka jest gotowa do odczytu z rejestru przetwornika. Po odczytaniu próbki z rejestru, przechowywana jest ona w zmiennej tymczasowej, a stąd, po wstępnej filtracji (model żarówki, filtr pasmostopprzepustowy, denominator), pobierana jest przez program główny i poddawana dalszej obróbce (rys. 6).

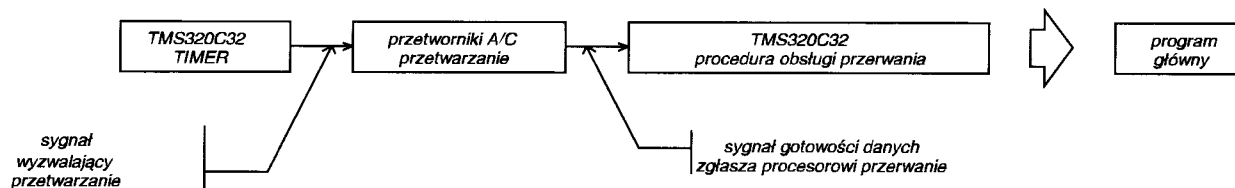
3. PRACA PRZYRZĄDU

Poniżej przedstawione są przykładowe przebiegi sygnału w punktach zaznaczonych na rysunku 2, uzyskane podczas testowania przyrządu. Testy wykonane zostały

dla dwóch różnych zakłóceń: sinusoidalnego i prostokątnego. W obu przypadkach częstotliwość sygnału zakłócającego wynosiła 9 Hz, a głębokość modulacji, dla uzyskania wyraźnego obrazu kształtu sygnałów, 10% (zwykle przyrząd pracuje przy modulacji rzędu kilku promil). Amplituda sygnału nośnego (niezmodulowanego) wynosiła 0,5V. Rysunki pogrupowane są ze względu na rodzaj zakłócenia (najpierw zakłócenie sinusoidalne), a w obrębie grupy poukładane w kolejności przedstawionej na rysunku 2.

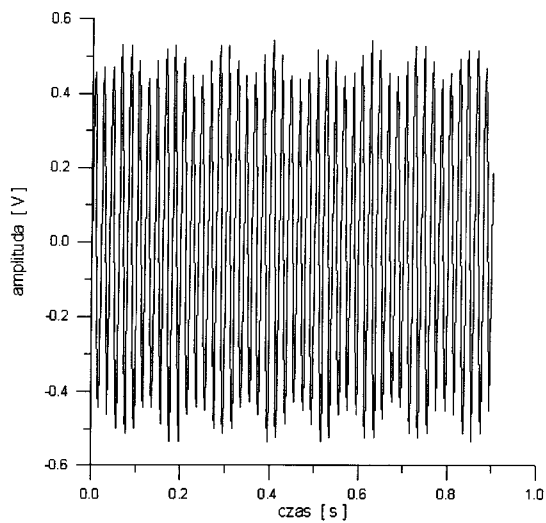
Sygnały wejściowe zadawane były za pomocą generatora funkcyjnego HP 3325B firmy Hewlett Packard.

Synteza/generator funkcyjny HP 3325B generuje przebiegi sinusoidalne, prostokątne, trójkątne oraz pozytywne i negatywne przebiegi piłokształtne. Rozdzielczość częstotliwości jest równa 1 μ Hz lub 11 cyfr. Amplituda sygnału wyjściowego mieści się w zakresie 1mV_{pp} do 10 V_{pp}*. Zaletą tego generatora jest opcja modulacji amplitudowej sygnałów przebiegami o kształcie sinusoidy lub prostokąta. Głębokość modulacji można regulować w zakresie od 0 do 100% poprzez zmianę amplitudy obwiedni z rozdzielczością 1mV.

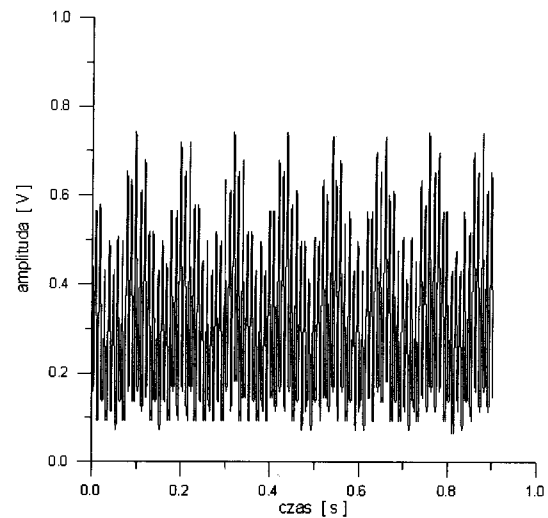


Rys. 6. Przepływ sygnałów sterujących pobraniem próbek.

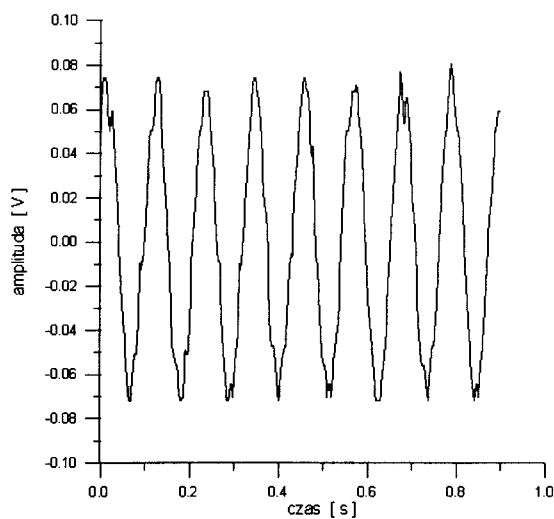
* V_{pp} — wartość napięcia jako odległość pomiędzy maksimum a minimum przebiegu napięcia



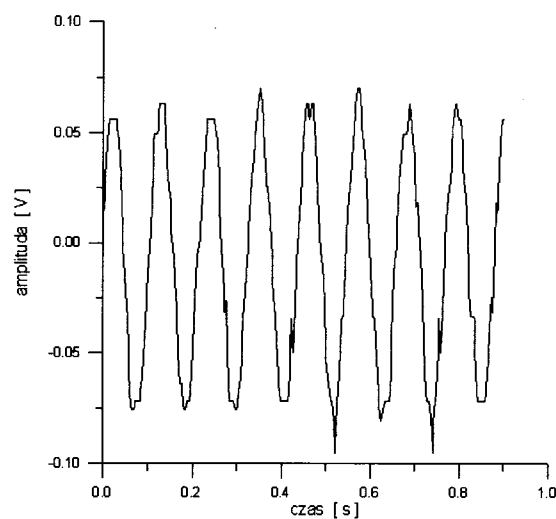
Rys. 7.1. Sygnał z zakłóceniem sinusoidalnym



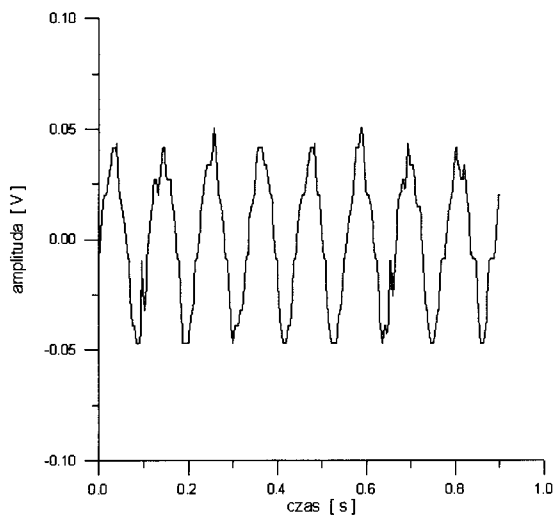
Rys. 7.2. Sygnał na wyjściu kwadratora



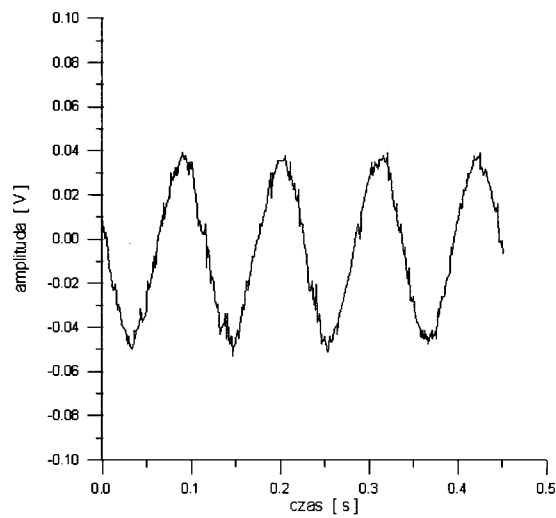
Rys. 7.3. Sygnał na wyjściu filtra pasmowoprzepustowego



Rys. 7.4. Sygnał po denominacji

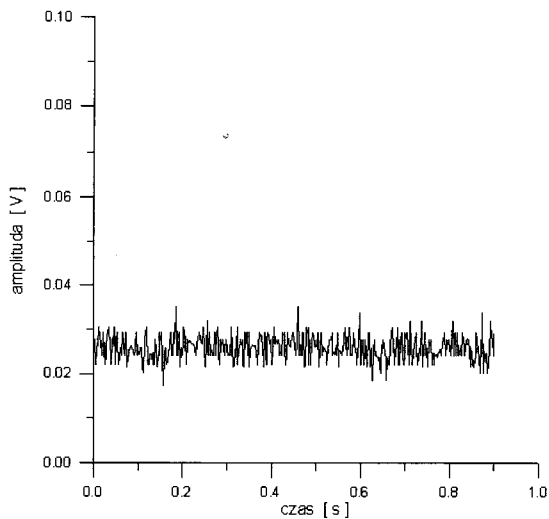


Rys. 7.5a. Sygnał na wyjściu filtra selektywnego



Rys. 7.5b. Sygnał na wyjściu filtra selektywnego (powiększenie)

Rys. 7. Przebiegi sygnałów w wybranych punktach toru pomiarowego (rys. 2) dla zakłócenia sinusoidalnego (cd. na następnej stronie)

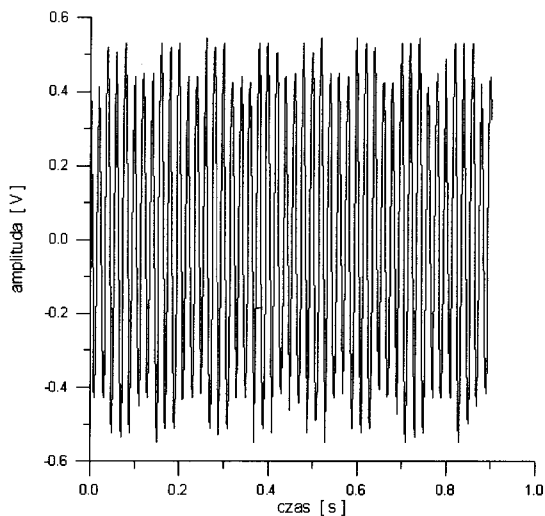


Rys. 7.6. Wartość skuteczna sygnału wyjściowego

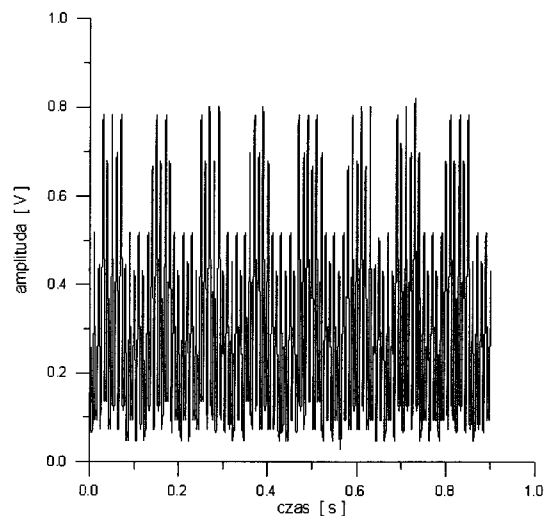
Zmierzona charakterystyka przyrządu przedstawiona jest na rysunku 9.

Testowe sygnały zakłócające zostały dobrane tak, aby można było porównać uzyskane podczas testów wykresy z dostępnymi w literaturze [1] przebiegami wzorcowymi dla wybranych zakłóceń. Porównanie dotyczy jedynie zgodności kształtu sygnałów w określonych w [1] punktach toru pomiarowego.

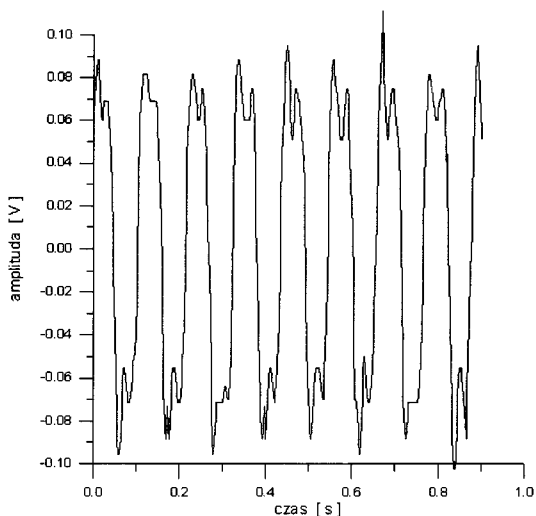
Wyniki przeprowadzonych testów i porównanie z publikowanymi danymi potwierdziły poprawność działania urządzenia. Charakterystyka wejściowa, przedstawiająca zależność pomiędzy częstotliwością i amplitudą prostokątnego zakłócenia o wartości współczynnika $P_{st} = 1$ na wyjściu, została przedstawiona na rysunku 10. Wartości podane w tabeli 1, odpowiadające charakterystyce na rysunku 10 są stosowane dla sprawdzenia poprawności działania przyrządu.



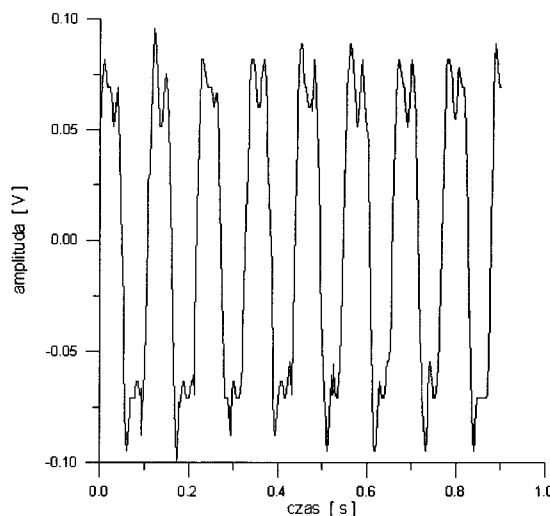
Rys. 8.1. Sygnał z zakłóceniem prostokątnym



Rys. 8.2. Sygnał na wyjściu kwadratora

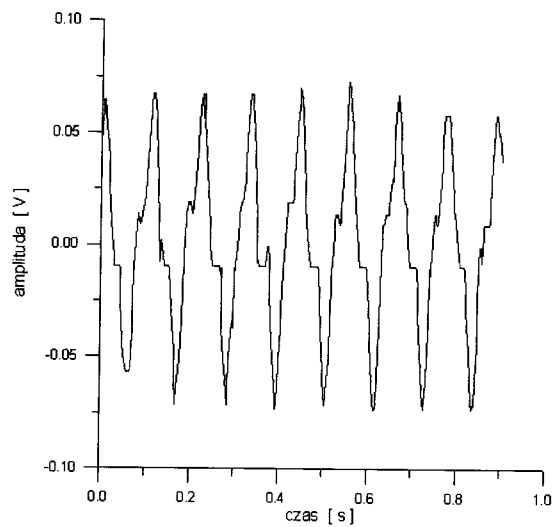


Rys. 8.3. Sygnał na wyjściu filtra pasmowoprzepustowego

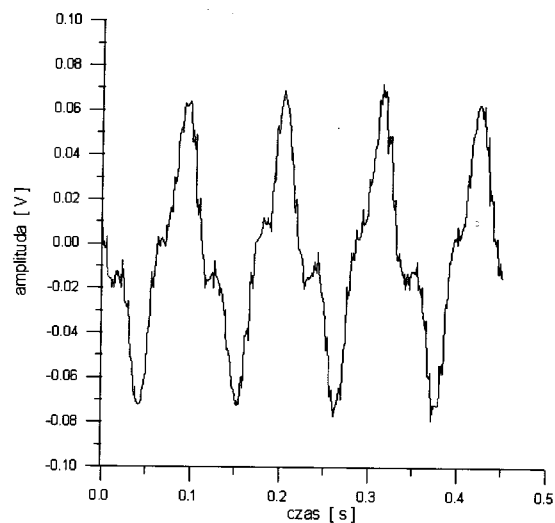


Rys. 8.4. Sygnał po denominacji

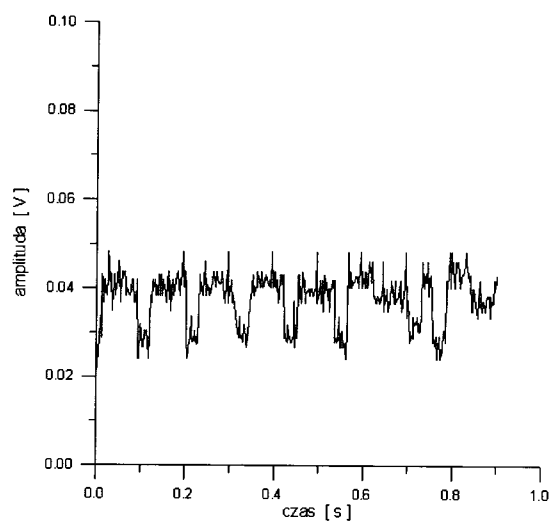
Rys. 8. Przebiegi sygnałów w wybranych punktach toru pomiarowego (rys. 2) dla zakłócenia prostokątnego (cd. na następnej stronie)



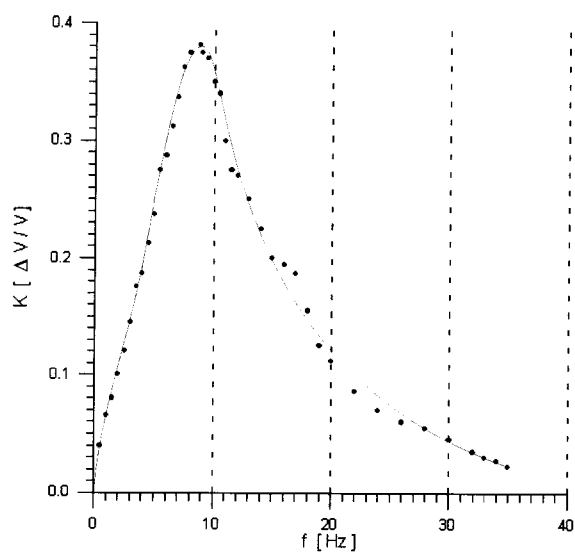
Rys. 8.5a. Sygnał na wyjściu filtru selektywnego



Rys. 8.5b. Sygnał na wyjściu filtru selektywnego (powiększenie)



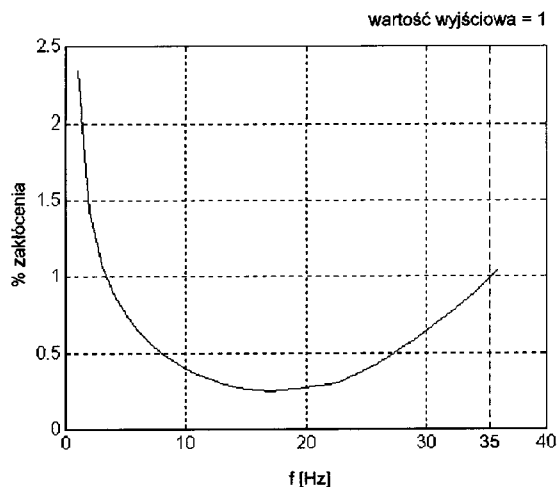
Rys. 8.6. Wartość skuteczna sygnału wyjściowego



Rys. 9. Zmierzona charakterystyka przyrządu

Tabela 1.

Hz	% zakłóceń
0,5	2,340
1,0	1,432
1,5	1,080
2,0	0,882
2,5	0,754
3,0	0,654
3,5	0,568
4,0	0,500
4,5	0,446
5,0	0,398
5,5	0,360
6,0	0,328
6,5	0,300
7,0	0,280
7,5	0,266
8,0	0,256
8,8	0,250
9,5	0,254
10,0	0,260
10,5	0,270
11,0	0,282
11,5	0,296
12,0	0,312
13,0	0,348
14,0	0,388
15,0	0,432
16,0	0,480
17,0	0,530
18,0	0,584
19,0	0,640
20,0	0,700
21,0	0,760
22,0	0,824
23,0	0,890
24,0	0,962
25,0	1,042



Rys. 10. Charakterystyka wejściowa

4. ZAKOŃCZENIE

Opisany tor przetwarzania sygnału wyposażony w układy wejściowe z kalibracją i blok analizy statystycznej sygnału wyjściowego WY stanowi kompletny miernik do oceny wahań napięcia sieci energetycznej.

Zjawisko migotania i przyrządy do pomiaru jego wpływu na człowieka są obecnie przedmiotem badań na całym świecie. Większość informacji na ten temat dostępna jest tylko w dokumentach konferencyjnych i raportach. Autorzy niniejszego artykułu nie dotarli do żadnej polskiej normy dotyczącej tego zjawiska. Brak jest również polskich wdrożeń norm EN 60868 (IEC 868:1986+A1:1990) czy EN 50160, aczkolwiek prowadzone są w tym kierunku prace.

Zbudowany przyrząd jest w pełni cyfrową konstrukcją przyrządu umożliwiającą pomiar jakości napięcia w jednej fazie. Aktualnie prowadzone są prace nad konstrukcją trójfazowej wersji przyrządu oraz rozbudowaniem systemu, umożliwiającym cyfrową rejestrację wyników w długich okresach czasu.

LITERATURA

1. *International Union for Electroheat: Flicker measurement and evaluation* (second revised edition), 1991.
2. Kowalski Z., Hanzelka Z.: *Dopuszczalne wahania napięcia*. JUEE 1997, 3, 1.
3. *Normy IEC 868, EN 60868, BS EN 60868, EN 50160*.



Dr inż. Andrzej Bień

Ukończył studia na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej w 1979 roku (dyplom z wyróżnieniem). W 1988 roku uzyskał stopień doktora. Od 1979 roku pracuje w Zakładzie Metrologii AGH zajmując się budową cyfrowych systemów pomiarowych i ich zastosowań do pomiarów wielkości złożonych. Wykłada przedmiot „Metrologia” dla studentów kierunku Elektrotechnika.

Członek SEP i Towarzystwa Przyjaciół Sztuk Pięknych w Krakowie. Hobby turystyka piesza i wędkarstwo.



Mgr inż. Wojciech Kmiecik

Urodzony w 1973 r., studia na Wydziale Elektrotechniki, Automatyki i Elektroniki Akademii Górniczo-Hutniczej ukończył w 1997 r. Temat pracy magisterskiej: „Wykorzystanie procesora sygnałowego TMS320C32 do pomiaru parametrów napięcia sieci energetycznej”. Obecnie pracuje w Zakładzie Metrologii AGH na stanowisku asystenta i kontynuuje temat zapoczątkowany pracą magisterską.



Mgr inż. Mariusz Limanowski

Urodzony 16.01.1974 r. w Krakowie. W 1997 roku ukończył studia o specjalności Automatyka i Metrologia na Wydziale Elektroniki, Automatyki i Elektrotechniki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Praca dyplomowa dotyczyła wykorzystania procesora sygnałowego TMS320C32 do pomiaru parametrów napięcia sieci energetycznej. Obecnie jest konsultantem w dziale Business System Consulting firmy Arthur Andersen.

Prof. dr hab. inż. Zygmunt Kuśmierk (Politechnika Łódzka)

W artykule przedstawiono bardzo interesujące, z technicznego punktu widzenia, rozwiązanie przyrządu do pomiaru wahań napięcia z cyfrowym przetwarzaniem sygnałów. Istotną nowość w prezentowanym rozwiązaniu układowym miernika stanowią cyfrowe modele źródła światła, oka ludzkiego oraz mózgu. Zastosowanie techniki cyfrowej pozwala na przybliżenie utworzonego modelu do rzeczywistego układu.

Jako wynik przetwarzania w poszczególnych blokach miernika zmian napięcia otrzymuje się wartość skuteczną sygnału wyjściowego. Wartość ta daje pewne informacje o wahaniami napięcia w sieci. Jak wykorzystać w praktyce te dane, tego w artykule nie przedstawiono, ale w rozdziale 1.3. Autorzy podają, że dla oceny skutków wahań napięcia wyznacza się odpowiednie współczynniki migotania światła.

Uważam, że artykuł zyska na wartości, jeżeli do oceny ilościowej skutków wahań napięcia zostanie podany sposób praktycznego wykorzystania końcowego wyniku pomiaru, jakim jest wartość RMS sygnału.

A. Bień, W. Kmiecik, M. Limanowski

Sygnał wyjściowy przyrządu odpowiada odczuciu — komfortowi odbiorcy energii, który przyjęto, jest użytkownikiem żarówki 60W. Sygnał ten służy do wyznaczenia kryteriów jakości — współczynników migotania dostarczanej energii elektrycznej. Akty normatywne [2] opisują sposób wyznaczania współczynników migotania na podstawie tego sygnału. Zgodnie z rysunkiem 2 w punkcie pomiarowym 5 jest budowany blok wyznaczający współczynniki migotania. Można powiedzieć, że pracuje on równoległe z blokiem RMS. Ze względu na trudności z budową i testowaniem tego bloku pominięto jego omówienie. Wartość skuteczna zgodnie z normami nie służy do wyznaczania współczynników migotania — jest tylko dodatkowym wyjściem z przyrządu [3] — natomiast dla celów testowania i uruchamiania przyrządu jest to użyteczna wielkość. Dla sygnałów sinusoidalnych wartość RMS sygnału wyjściowego umożliwia badanie i ocenianie charakterystyk amplitudowo-częstotliwościowych przy-

rządu, a przez to sprawdzanie i korygowanie parametrów toru pomiarowego przyrządu w części modelującej zjawiska związane z użytkowaniem energii elektrycznej. Wartość ta podczas normalnej pracy przyrządu jest dostępna ale jej wykorzystanie do oceny ilościowej skutków wahań napięcia obecnie nie jest brane pod uwagę.

Dr inż. Rozmysław Mieński (Politechnika Łódzka)

1. W proponowanej w artykule strukturze cyfrowego toru pomiarowego miernika (rysunek 2) brak odrębnego bloku, odpowiadającego modelowi reakcji mózgu na sygnały świetlne, widocznego na rysunku 1. Tymczasem blok taki jest uwzględniony w cytowanej w artykule literaturze [1, 2], która podaje miejsce usytuowanie bloku w torze przetwarzania sygnału, jego strukturę i parametry. Zgodnie z normą [2] napięcie na wyjściu z tego bloku może być dopiero podstawą oceny działania całego miernika i być poddawane analizie statystycznej w celu uzyskania wartości krótkookresowej uciążliwości migotania P_{st} . Niewątpliwe odstępstwo od architektury miernika migotania opisanej w normie [2] nie jest w artykule uzasadnione.

2. Na podstawie wyników pomiarów i ich opisu przedstawionych w artykule trudno uznać zgodność charakterystyki wejściowej miernika z wymaganiami sprecyzowanymi w normie [2] (patrz przedostatni akapit w p. 3 artykułu). Norma [2] ściśle precyzuje warunki przeprowadzenia testu miernika (patrz p. 4 normy i wymagania zawarte w tabelach I i II, które musi spełniać maksymalna wartość chwilowa przebiegu sygnału na wyjściu bloku realizującego model nieliniowej reakcji mózgu oraz p. A4 załącznika, który nakazuje sprawdzić zakres pomiarowy miernika poprzez pomiar wartości P_{st} dla zadanych sygnałów na wejściu miernika). W artykule nie podano informacji, że testy miernika wykonano ściśle wg wymagań normy — charakterystyka przedstawiona na rysunku 9 artykułu dotyczy testów przeprowadzonych w warunkach innych niż opisane w normie i trudno na jej podstawie dokonać jednoznacznej oceny miernika.

LITERATURA

1. Kowalski Z., Hanzelka Z.: Dopuszczalne wahania napięcia. JUEE 1997, 3, 1.
2. Normy IEC 868, EN 60868, BS EN 60868, EN 50160.
3. PKN. *Charakterystyka projektu Polskiej Normy. APR PN EN 50160.* Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych.

Bień, A., Kmiecik W., Limanowski M.

Uwaga 1

Przyrząd, w którym nie uwzględniono części modelującej reakcję mózgu na sygnały świetlne, nie może służyć do pomiarów współczynników migotania. Blok modelujący reakcje mózgu na sygnały świetlne nie jest wyodrębniony na rysunku 2. Jest zawarty w bloku filtra selektywnego. Brak wyodrębnienia tego ważnego modelu został spowodowany budową rysunku odpowiadającą wprost konstrukcji programu, w którym model ten współpracuje z odpowiednimi filtrami.

Uwaga 2

Badania przyrządu, polegające na pomiarze wartości P_{st} dla sygnałów o znanym wahanu, nie zostały przeprowadzone ze względu na problemy z uruchomieniem bloku realizującego przetwarzanie statyczne sygnału migotania. Podane wyniki odnoszą się do części modelującej wszystkie zjawiska związane z wyznaczaniem sygnału migotania, który jest używany do wyznaczania P_{st} . Zakończenie prac związanych z uruchomieniem bloku realizującego przetwarzanie statyczne sygnału migotania pozwoli dopiero na testy, o których mowa w uwadze. Artykuł opisuje przyrząd, który jest cały czas rozbudowywany i modernizowany. Zamieszczone wyniki odnoszą się do działania tej części, która zdaniem autorów działa poprawnie.