

Artur SZCZĘSNY, Krzysztof PACHOLSKI, Adam GRACZYK

INSTYTUT SYSTEMÓW INŻYNIERII ELEKTRYCZNEJ POLITECHNIKI ŁÓDZKIEJ,  
ul. Stefanowskiego 18/22, 95-005 Łódź

## Układ kondycjonowania sygnału pomiarowego cyfrowego miernika migotania światła

Dr inż. Artur SZCZĘŚNY

Artur Szczęsny uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej w 2008 roku. Jest adiunktem w Instytucie Systemów Inżynierii Elektrycznej Politechniki Łódzkiej. Jego zainteresowania naukowe dotyczą właściwości metrologicznych przetworników pomiarowych.



e-mail: artur.szczesny@p.lodz.pl

Dr inż. Adam GRACZYK

Adam Graczyk uzyskał stopień doktora nauk technicznych na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej w 2006 roku. Jest adiunktem w Instytucie Systemów Inżynierii Elektrycznej Politechniki Łódzkiej. Jego zainteresowania naukowe dotyczą systemów i cyfrowych technik pomiarowych.



e-mail: agraczyk@p.lodz.pl

Dr hab. inż. Krzysztof PACHOLSKI

Pracuje na Wydziale Elektrotechniki, Elektroniki Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej, obecnie na stanowisku profesora nadzwyczajnego w Zakładzie Metrologii Elektrycznej i Elektrotechniki Samochodowej. Jest autorem ponad 90 artykułów naukowych i referatów, krajowych i zagranicznych. Główne zainteresowania naukowe to wpływ sygnałów odształconych na właściwości metrologiczne przetworników pomiarowych wielkości elektrycznych.



e-mail: kpacholski@o2.pl

**Keywords:** flickermeter, electrical power quality, virtual instrument, circuit-switched.

### 1. Wstęp

Miernik migotania światła (ang. flickermeter) jest wykorzystywany do oceny poziomu wahań napięcia w sieci energetycznej. Pomiar odbywa się metodą pośrednią poprzez oszacowanie poziomu irytacji człowieka wywołanej migotaniem źródła światła (żarówki), które pojawia się jeżeli w sieci występują wahania napięcia. Sygnałem pomiarowym dla miernika migotania światła jest napięcie sieci energetycznej, które w układach wejściowych zostaje zmniejszone i dopasowane do zakresu przetwornika analogowo-cyfrowego. Układ wejściowy jest zatem istotnym elementem miernika, bowiem jego właściwości znacząco rzutują na dokładność całego przyrządu pomiarowego. Układ ten powinien być liniowy i przetwarzać bez zniekształceń sygnały zmodulowane amplitudowo o bardzo niewielkich głębokościach modulacji, rzędu ułamków procenta, a ponadto powinien umożliwiać łatwe zmiany zakresu pomiarowego napięcia wejściowego.

### 2. Dobór przetwornika wejściowego

Normy [1, 2], zalecają, aby szerokość pasma przepustowego stopnia wejściowego mierników migotania światła nie wprowadzała tłumienia sygnału co najmniej do 700 Hz. Dotyczy to nie tylko transformatora wejściowego ale również układu dopasowania sygnału wejściowego [4]. Brak w opracowaniach normatywnych [1, 2] jednoznacznie sprecyzowanego wejściowego pasma częstotliwościowego powoduje, że mierniki różnych producentów mogą wykazywać różnice w paśmie częstotliwościowym przetwarzanego sygnału w bloku dopasowania napięcia, przez tłumienie niektórych wyższych harmonicznych i interharmonicznych. Zastosowanie transformatora w układach wejściowych powoduje, że w praktyce przetwarzane będą poprawnie jedynie sygnały o częstotliwościach technicznych, przy tłumieniu wyższych harmonicznych. Według autorów najlepiej spełniającym wymagania stawiane układom wejściowych flickermetera jest napięciowy przekładnik elektroniczny pracujący w zamkniętej pętli sprzężenia zwrotnego C/L (rys.1). Dla tego przetwornika w wymaganym zakresie (do 700 Hz) nie stwierdzono znaczącego wpływu nieliniowości i zmian fazy na wyniki pomiaru [5].

Przekładniki tego typu pozwalają w prosty sposób zmieniać zakres napięcia wejściowego przez wybór odpowiedniej wartości rezystora wejściowego  $R_1$  (rys.1). Rezystor ten reguluje wartość prądu w uzwojeniu pierwotnym przekładnika do wartości znamionowej przy ustalonym napięciu wejściowym. Autorzy artykułu wychodząc naprzeciw wymaganiom konstrukcyjnym oraz specyfikacji funkcjonalnej miernika migotania światła [1] zaproponowali układ wejściowy, który we współpracy z odpowiednim algo-

### Streszczenie

Sygnałem wejściowym dla miernika migotania światła jest napięcie sieci o częstotliwości 50 Hz, zmodulowane amplitudowo przez zakłócenia niskoczęstotliwościowe. Minimalna głębokość modulacji powodująca irytację człowieka może w zależności od częstotliwości modulacji wynosić ułamki procenta, co daje również niewielkie zmiany wartości skutecznej sygnału mierzonego. W celu umożliwienia rejestracji tak niewielkich zmian, autorzy artykułu do separacji galwanicznej i obniżenia napięcia mierzonego do poziomu napięcia wejściowego elektronicznego układu miernika zamiast transformatora z odczepami na uzwojeniu pierwotnym, (stosownie do zaleceń normatywnych) [1]) zastosowali elektroniczny przekładnik napięciowy LV100 z kompensacją strumienia magnetycznego w rdzeniu. W artykule zaprezentowano rozwiązanie dzięki któremu można było w prosty sposób zmieniać zakres napięcia wejściowego poprzez włączenie w obwód pierwotny przekładnika, rezystora o odpowiedniej wartości.

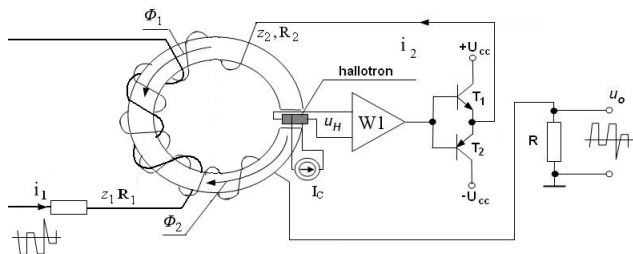
**Słowa kluczowe:** miernik migotania światła, jakość energii elektrycznej, układ komutacji.

### Conditioning system the measurement signal of digital flickermeter

#### Abstract

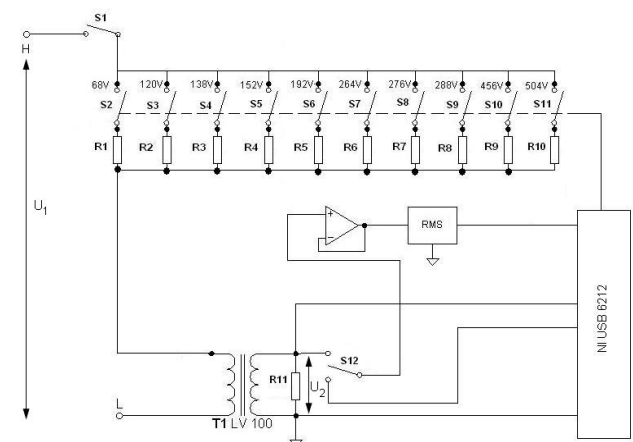
Input signal to the flicker meter is a voltage of frequency 50 Hz, and amplitude modulated by a low-frequency disturbances. The minimum depth of modulation which causes human irritation, depending on the modulation frequency, can take out the fractions of a percent, which gives also the small changes the effective value of the measured signal. Authors of the paper to record so little changes, to galvanic separation and reducing the measured input voltage level of the electronic meter, instead of a transformer with taps on the primary winding (because in practice it processes correctly only signals of technical frequencies, damping higher harmonics), unlike the recommendations [1,2] use the electronic voltage transformer LV100 working in closed loop C/L, with compensation of the magnetic flux in the core (Fig. 1), which applicability was evaluated in [3]. This paper presents a solution which enables, easily change the input voltage range ( $U_1 < U_2$ ) by including in the primary circuit of the transducer, the correct value of input resistor (Fig. 2). The circuit automatically selects right measurement range. Also a method of automatic control of measurement process with use of data acquisition card NI USB 6212 is presented. Instructions for selecting the resolution of A/C are also given.

rytmem sterowania może spełnić te wytyczne. Schemat funkcjonalny układu komutacji flickermetera przedstawia rysunek 2.



Rys. 1. Schemat stosowanego w układzie wejściowym flickermetera przekładnika elektronicznego C/L

Fig. 1. The diagram of electronic transducer C/L, as used in the input circuit of flickermeter



Rys. 2. Schemat funkcjonalny układu komutacji flickermetera

Fig. 2. Functional diagram of the commutation circuit of flickermeter

Dzięki takiemu rozwiązaniu, możliwe było zmieniać zakres napięcia wejściowego ( $U_1 < U_2$ ) przez włączenie w obwód pierwotny przekładnika rezystora wejściowego ( $R_1 \div R_{10}$ ) o odpowiedniej wartości, zmienianej za pomocą kluczy kontaktowych S2-S11. Zmiana zakresu wejściowego miernika jest realizowana przez wybór odpowiedniego rezystora (przełączenie) w układzie pierwotnym przekładnika napięciowego LV-100. Wybór odpowiedniego rezystora jest dokonywany na podstawie pomiaru poziomu napięcia na wyjściu przetwornika true RMS. Po uruchomieniu miernika system łączy się automatycznie na największy zakres, którego przekładnia napięciowa wynosi 504/6 V/V. Sygnał z przetwornika napięciowego trafia do toru pomiarowego miernika i równoległe do toru przetwornika wartości skutecznej true RMS, przez który jest dodatkowo skalowany i przetwarzany na sygnał stałonapięciowy. Pomiedzy sygnałem z przetwornika true RMS a wartością skuteczną napięcia wejściowego miernika jest zależność liniowa. Sygnał z przetwornika jest wprowadzany przez kartę pomiarową do aplikacji miernika gdzie na jego podstawie następuje wybór zakresu wejściowego całego miernika.

Poziome progowe wartości skutecznej na wyjściu przetwornika true RMS i odpowiadające im zakresy pomiarowe napięcia mierzonego ustawione w systemie przedstawiono w tabeli 1.

Jako przetwornik wejściowy dobrany został przekładnik elektroniczny firmy LEM typu LV-100. Sterowanie układem wyboru zakresu pomiarowego odbywa się przez wyjścia cyfrowe karty pomiarowej NI USB 6212. Ze względu na zastosowaną dużą liczbę sygnałów sterujących, są one odpowiednio multipleksowane. Zastosowanie zewnętrznego przetwornika wartości skutecznej napięcia RMS przyspiesza procedurę automatycznego wyboru zakresu, gdyż nie ma konieczności wykonywania obliczeń na warstwie software. Pociąga to jednak za sobą konieczność rozpo-

czyniania każdego cyklu pomiarowego od procedury kalibracji tego toru wobec stosowania karty pomiarowej z przetwornikiem o rozdzielczości 16 bitów [3]. W czasie kalibracji toru RMS przez klucz S12 sygnał kalibracyjny o zadanej wartości jest podawany z wyjścia karty pomiarowej na przetwornik wartości skutecznej i wyznaczana jest wartość poprawki. Po przeprowadzeniu kalibracji klucz S12 przełączany jest na napięcie  $U_2$  pobierane z rezystora wyjściowego  $R_{11}=120 \Omega$ , przekładnika LV 100. Po rozpoczęciu cyklu pomiaru zamykany jest główny klucz S1 doprowadzający badane napięcie oraz wybrany automatycznie zakres napięcia wejściowego. Zaproponowane rozwiązanie zapobiega także ewentualnym błędom pochodzącym od samonagrzewania rezystorów  $R_1 \div R_{10}$  ponieważ zmiana tych rezystancji nie ma wpływu na stosunek amplitudy sygnału modulującego (wahań) do amplitudy sygnału nośnego. Stosunek ten pozostaje stały ponieważ przy zmianach rezystancji oba składniki zmieniają się proporcjonalnie.

Tab. 1. Poziome progowe wartości skutecznej na wyjściu przetwornika true RMS i odpowiadające im zakresy pomiarowe

Tab. 1. Effective value thresholds at the output true RMS transducer and corresponding measurement ranges

Poziom minimalny $U_{rms} (\geq)$ , V	Poziom maksymalny $U_{rms} (<)$ , V	Numer zakresu	Napięcie skuteczne zakresu, V
0	0,91	0	68
0,91	1,61	1	120
1,61	1,85	2	138
1,85	2,02	3	152
2,02	2,59	4	192
2,59	3,55	5	264
3,55	3,77	6	276
3,72	3,88	7	288
3,88	6,1	8	456
6,1	10	9	504

### 3. Wirtualny panel miernika migotania światła

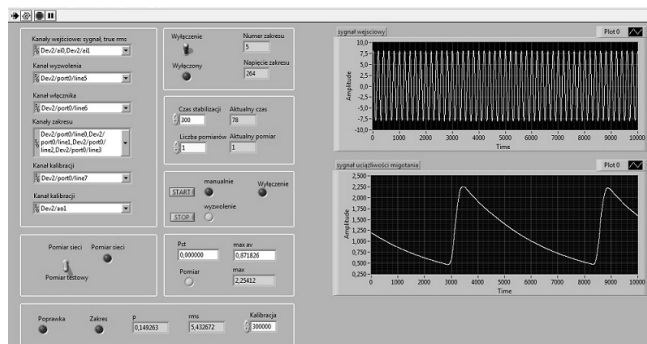
Autorzy w celu przeprowadzenia badań nad komutacją sygnału pomiarowego, opracowali wirtualny panel miernika migotania światła ułatwiający wykorzystanie zaawansowanych algorytmów wyboru zakresu napięcia wejściowego oraz skalowania i kalibracji flickermetera.

Środowiskiem programistycznym, w którym wykonano wirtualny panel miernika migotania światła jest program LabView. Program ten został wybrany z powodu zaawansowanych mechanizmów obsługi urządzeń pomiarowych a zwłaszcza kart pomiarowych. Mechanizmy te zapewniają stabilną komunikację pomiędzy programem a częścią sprzętową, pozwalając jednocześnie na prostą dla użytkownika obsługę transferu danych i sprzętu za pomocą graficznego języka programowania.

Schemat blokowy przyrządu bazuje na modelu analogowego miernika, opisanym w normach [1, 2]. W cyfrowej implementacji przyrządu do aproksymacji charakterystyk filtrów analogowych zastosowano filtry o nieskończonej odpowiedzi impulsowej. Przeprowadzone testy modelu cyfrowego [3, 4], pozwoliły określić parametry przetwarzania analogowo-cyfrowego oraz dokładności zapisu współczynników filtrów cyfrowych, które muszą być przyjęte, aby uzyskać zgodność wyników z modelem cyfrowego z wzorcowym w tym przypadku modelem miernika analogowego. Zgodność taka wskazuje na poprawność działania cyfrowego toru przetwarzania miernika. W wykonanym przyrządzie pomiarowym zaimplementowano również innowacyjny algorytm automatycznej zmiany zakresu i klasyfikacji próbek w trybie on-line oraz algorytm wyboru kombinacji metod interpolacji i ekstrapolacji, który pozwala na zwiększenie dokładności obliczeń wskaźnika krótkookresowego migotania światła [3,4].

Z lewej strony panelu jest umieszczona ramka, w której podaje się numery kanałów wejściowych i wyjściowych karty pomiarowej, odpowiednio od góry dla:

- wejściowego sygnału mierzonego („sygnał”) i wejściowego sygnału stałonapięciowego z przetwornika wartości skutecznej („true rms”), który jest wykorzystywany do wyboru zakresu wejściowego miernika,



Rys. 3. Panel wirtualnego miernika migotania światła  
Fig. 3. Virtual instrument panel of flicker meter

- wejściowego sygnału wyzwolenia – jest to sygnał cyfrowy. Pojawienie się impulsu (stan wysoki) wyzwala rozpoczęcie pomiaru. W ten sposób można zsynchronizować rozpoczęcie pomiaru z rozpoczęciem okresu sygnału mierzonego, zwłaszcza w trybie testowym,
- wyjściowego sygnału wyłącznika – jest to sygnał cyfrowy sterujący załączeniem wyłącznika głównego, przez który doprowadza się sygnał mierzony wysokonapięciowy do wejścia miernika,
- wyjściowych sygnałów sterujących wyborem zakresu pomiarowego – są to sygnały cyfrowe sterujące czterema bitami, których kombinacja stanów wysokich i niskich załącza odpowiedni zakres dla napięcia mierzonego,
- wyjściowego sygnału cyfrowego, który przełącza układ wejściowy w tryb kalibracji lub pomiarowy. Tryb kalibracji jest uruchamiany automatycznie po pierwszym uruchomieniu aplikacji i umożliwia określenie błędów wprowadzanych przez tor wyznaczania wartości skutecznej i jego korektę,
- wyjściowego sygnału kalibracyjnego – jest to sygnał analogowy z wewnętrznego generatora wykonanego dodatkowo w mierniku migotania światła, który służy do sprawdzenia toru wyznaczania wartości skutecznej.

Poniżej ramki z wyborem kanałów znajduje się ramka wyboru trybu pomiaru. Do dyspozycji są dwa tryby: „sieci” i „testowy”. Po wybraniu trybu „sieci” czas pomiaru pierwszego współczynnika  $P_{st}$  jest zwiększony o dodatkowy czas, w którym następuje stabilizacja sygnału w torze filtrów cyfrowych. Jest to czas zadawany dowolnie przez użytkownika w polu „Czas stabilizacji”. Najlepsze efekty otrzymuje się przyjmując czas stabilizacji nie mniejszy niż 300 s. Kolejne pomiary wskaźnika  $P_{st}$  są wykonywane już bez dodatkowej stabilizacji, czyli w czasie 600 s każdy. Liczbę wykonywanych cyklicznie pomiarów można wprowadzić w polu „Liczba pomiarów”. W trybie „testowym” każdy pomiar jest poprzedzony czasem stabilizacji.

Poniżej ramki trybu pomiaru znajduje się ramka, w której są wyświetlane informacje o wykonywanej kalibracji oraz w której można wprowadzić współczynnik kalibrujący główny tor przetwarzania miernika. W ramce są wstawione:

- dioda świecąca „Poprawka” – informuje, że przyrząd pracuje w trybie kalibracji toru wyznaczania wartości skutecznej. Procedura ta trwa 5 s. W tym czasie sygnał z generatora wewnętrznego jest dołączony na wejście toru a sygnał z wyjścia trafia na wejście karty pomiarowej gdzie jest mierzony. Na podstawie różnicy sygnału generowanego i mierzonego jest wyznaczana poprawka, która jest w trybie pomiarowym dodawana do sygnału z przetwornika wartości skutecznej w celu jego korekty,
- dioda świecąca „Zakres” – wskazuje, że jest wykonywana procedura doboru zakresu pomiarowego. Dobór zakresu rozpoczyna się po wykonaniu kalibracji. Zakres jest ustawiany automatycznie spośród 9 możliwych ustawień (68 V, 120 V, 138 V,

152 V, 192 V, 264 V, 276 V, 288 V, 456 V, 504 V), które są wyszczególnione w standardach [1, 2]. Wybór zakresu następuje przez kontrolę wartości sygnału stałonapięciowego z przetwornika wartości skutecznej. Wybrany numer zakresu oraz jego wartość są wyświetlane w polach „Numer zakresu” i „Napięcie zakresu” w ramce w górnej części panelu. Jest tam również przełącznik, który umożliwia manualną zmianę zakresu na maksymalny. Wybór zakresu musi być wykonany przed rozpoczęciem pomiaru. Jeżeli w trakcie pomiaru nastąpi przekroczenie zakresu to pomiar jest automatycznie wyłączany i procedura wyboru zakresu rozpoczyna się od początku,

- pola „p” i „rms” – wyświetlają wartość wyznaczoną poprawki oraz wartość sygnału z przetwornika wartości skutecznej,
- pole „Kalibracja” – zawiera współczynnik kalibracyjny, który skaluje sygnał na wyjściu toru przetwarzania miernika migotania światła, tak aby uzyskać chwilowy poziom uciążliwości migotania równy jedności dla wahań sinusoidalnych o częstotliwości 8,8 Hz.

W ramach umieszczonych w drugiej kolumnie od góry panelu znajdują się opisane już pola prezentacji zakresu pomiarowego i czasu stabilizacji oraz bieżącego czasu pomiaru, liczby pomiarów do wykonania i numeru wykonywanego pomiaru. Pod nimi jest umiejscowiona ramka zawierająca dwa przyciski „Start” i „Stop” oraz trzy diody świecące: „manualnie”, „wyzwolenie” i „wyłączenie”. Przycisk „Start” służy do rozpoczęcia pomiaru, a „Stop” do jego awaryjnego zatrzymania przed upływem zadanego czasu i liczby pomiarów. Standardowo po ustawieniu zakresu program czeka na wyzwolenie pomiaru sygnałem sterującym, co sygnalizuje dioda „wyzwolenie”. Jeżeli nie pojawi się impuls wyzwalaający to pomiar można rozpocząć przyciskiem „Start”, co zasygnalizuje dioda „manualnie”. W przypadku przekroczenia przez napięcie wejściowe zakresu pomiarowego nastąpi zatrzymanie pomiaru, załączenie diody „wyłączenie”, ponowne ustawienie zakresu i oczekiwanie na sygnał wyzwalaający.

Ostatnia ramka zawiera pola wyświetlające wyniki pomiarów: wartość wskaźnika  $P_{st}$ , chwilową wartość poziomu uciążliwości migotania światła, maksymalną z okresu 1 s („max”) i średnią wartość uciążliwości migotania światła („max av”) liczoną ze wszystkich wartości „max” zebranych przez cały czas trwania pomiaru. W ramce tej znajduje się również dioda świecąca „pomiar”, która wskazuje, że odbywa się pomiar.

Na panelu wstawiono również dwa wykresy pokazujące przebiegi czasowe napięcia mierzonego i chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła.

#### 4. Ocena dokładności przetwarzania układu wejściowego

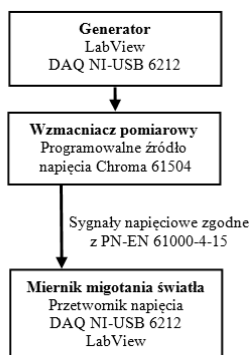
W celu weryfikacji dokładności przetwarzania zaprojektowanego układu wejściowego wraz z blokiem komutacji zostały przeprowadzone pomiary chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła i wskaźnika  $P_{st}$  z zastosowaniem transformatora napięciowego o przekładni 220/6 V/V, (gdzie 6 V jest wtórnym napięciem skutecznym, 220 V jest pierwotnym napięciem skutecznym) oraz przetwornika napięciowego LV-100.

Eksperymenty przeprowadzono korzystając z zestawu standardowych sygnałów [1, 2] przeznaczonych do sprawdzania miernika w zakresie pomiaru chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła oraz wskaźnika  $P_{st}$  [1, 2] w układzie pokazanym na rysunku 4.

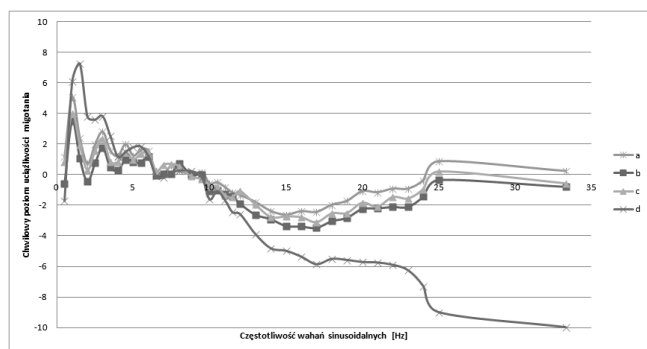
Odpowiednie sygnały generowano wirtualnie w programie LabView, następnie przetwarzano na postać analogową za pomocą karty pomiarowej i wzmacniano do poziomu średniej wartości skutecznej równej 230 V wykorzystując źródło napięcia Chroma 61504. Wyniki chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła oraz wskaźnika  $P_{st}$  dla transformatora napięcia oraz przetwornika napięciowego LV-100 na dwóch wybranych zakresach przedstawiają rysunki 5 do 7.

Przedstawione w sposób graficzny wyniki pomiarów wskaźników uciążliwości migotania światła uzyskane dla standardowych

sygnałów przeznaczonych do sprawdzania miernika, udowadniają przewagę zastosowania przekładnika LV100 nad transformatorem napięcia. Dla układu wejściowego z transformatorem, dla wyników chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła błędy otrzymane dla wahań sinusoidalnych i prostokątnych i odniesione do modelu miernika, dla częstotliwości większych niż 25 Hz przekraczają 8% tolerancję [1], a dla mniejszych częstotliwości odbiegają od wyników uzyskanych przy zastosowaniu przetwornika LV 100 dla wybranych zakresów napięcia wejściowego.

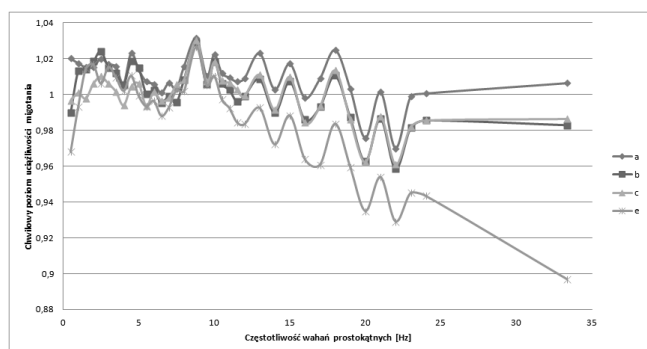


Rys. 4. Schemat blokowy stanowiska do testowania miernika migotania światła  
Fig. 4. Block diagram of the measuring set to test the flickermeter



Rys. 5. Wyniki chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła: a) z modelu miernika, b) z pomiaru z przetwornikiem LV-100 (zakres 264 V), c) z pomiaru z przetwornikiem LV-100 (zakres 276 V), d) z pomiaru z transformatorem

Fig. 5. Results of the instantaneous flicker level: a) with the meter model, b) from the measurement of LV-100 transducer (range 264 V), c) the measurement of LV-100 transducer (range 276 V), d) from the measurement with the transformer



Rys. 6. Wyniki chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła uzyskane: a) z modelu miernika, b) z pomiaru z przetwornikiem LV-100 (zakres 264 V, c) z pomiaru z przetwornikiem LV-100 (zakres 276 V, d) z pomiaru z transformatorem

Fig. 6. Results of the instantaneous flicker level: a) with the meter model, b) from the measurement of LV-100 transducer (range 264 V), c) the measurement of LV-100 transducer (range 276 V), d) from the measurement with the transformer

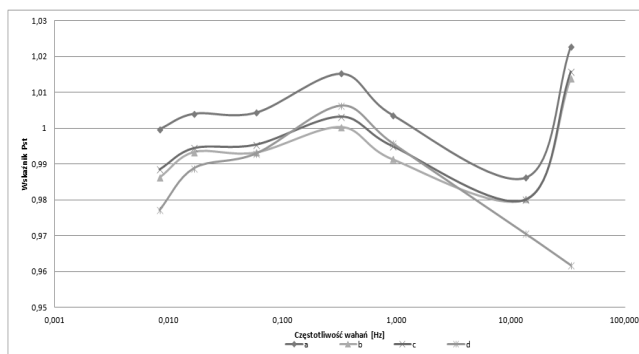


Fig. 7. Wyniki wskaźnika  $P_{st}$  uzyskane: a) z modelu miernika, b) z pomiaru z przetwornikiem LV-100 (zakres 264 V), c) z pomiaru z przetwornikiem LV-100 (zakres 276 V), d) z pomiaru z transformatorem

Fig. 7.  $P_{st}$  index results obtained: a) with the meter model, b) from the measurement of LV-100 transducer (range 264 V), c) the measurement of LV-100 transducer (range 276 V), d) - from the measurement with the transformer

## 5. Wnioski

Prezentowany w artykule układ komutacji cyfrowego miernika migotania światła, umożliwia zapewnienie wymaganych w normach założeń projektowych przy jednoczesnym wykorzystaniu elektronicznego przekładnika prądowego jako wejściowego układu skalowania napięcia. Rozwiązanie takie pozwoliło na przetwarzanie zmodulowanego amplitudowo napięcia wejściowego o bardzo niewielkich głębokościach modulacji rzędu ułamków procenta ze znacznie większą dokładnością niż przy wykorzystaniu transformatora napięciowego. Wyniki pomiaru chwilowego poziomu uciążliwości migotania światła oraz wskaźnika  $P_{st}$  z zastosowaniem przetwornika LV 100 pokazują przewagę zaproponowanej konstrukcji cyfrowego miernika migotania światła nad specyfikacją funkcjonalną opisaną w opracowaniach [1,2]. Zaproponowany przez autorów cykl korekcyjny toru wyboru zakresu pomiarowego oraz automatyczny dobór on-line tego zakresu stanowi kolejny dowód innowacyjności zaprojektowanego urządzenia i skuteczności proponowanego rozwiązania do poprawy dokładności wyznaczania poziomu uciążliwości migotania światła.

Artykuł finansowany z projektu badawczego nr NN511305938.

## 6. Literatura

- [1] PN-EN 61000-4-15: Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC): Metody badań i pomiarów: Miernik migotania światła: Specyfikacja funkcjonalna i projektowa; 1999.
- [2] IEC 61000-4-15: Electromagnetic compatibility (EMC), Part 4: Testing and measurement techniques, Section 15: Flickermeter - Functional and design specifications; 2010.
- [3] Graczyk A., Pacholski K., Szczepny A.: Dobór układów skalowania i przetwarzania analogowo-cyfrowego miernika migotania światła. Przegląd Elektrotechniczny. 2010 R.86 nr 9 s.19-22.
- [4] Graczyk A.: Construction Criteria of a Digital Flickermeter. Proceedings of the 10th International Conference, Electrical Power Quality And Utilisation, Łódź, 15-17 September 2009.
- [5] Pacholski K., Kuśmierk Z., Szczepny A., Piwowarczyk J.: Utilization of electronic transducers for measuring current and voltage in the power electronic system. Proc. of the 8th International Conference "Electrical Power Quality and Utilisation". Kraków 2005, ss. 291-297.

otrzymano / received: 15.05.2012

przyjęto do druku / accepted: 03.06.2013

artykuł recenzowany / revised paper