

Andrzej OLENCKI

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

Testowanie mierników współczynnika migotania światła - flickermetrów

dr hab. inż. Andrzej OLENCKI, prof. UZ

Projektant urządzeń elektronicznych w zakładach Lumel 1977-89, Immel 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. Zainteresowania to elektronika, projektowanie i produkcja urządzeń elektronicznych – kalibratory napięć, prądów i mocy, mierniki parametrów sieci, analizatory jakości energii, testery liczników energii i zabezpieczeń oraz automatyzacja pomiarów.



e-mail: A.Olencki@iie.uz.zgora.pl

Streszczenie

Omówiono specyfikę testowania flickermetrów. Zaprezentowano dwie koncepcje budowy testera flickermetrów: pierwszą z zastosowaniem nieregulowanego źródła napięcia i przełączanego dzielnika napięcia oraz drugą z zastosowaniem regulowanego źródła napięcia. Przedstawiono najnowsze wyniki badań czasu odpowiedzi opracowanego kalibratora mocy, które stały się podstawą do implementacji funkcji kalibratora flickera z zastosowaniem koncepcji regulowanego źródła napięcia. Zaprezentowano możliwości interfejsu użytkownika opracowanego kalibratora flickera oraz wyniki badań dokładności odtwarzania współczynnika flickera P_{st} w funkcji częstości zmian napięcia. Nowością artykułu jest podjęcie tematu budowy krajowego kalibratora flickera z zastosowaniem koncepcji regulowanego źródła napięcia. W podsumowaniu można stwierdzić, że zaprezentowane wyniki badań potwierdzają możliwość zastosowania kalibratora dla potrzeb sprawdzania flickermetrów nawet klasy A w pełnym zakresie częstości zmian napięcia.

Słowa kluczowe: ...Flickermeter, Kalibrator flickera, wahania napięcia.

Testing of Flickermeters

Abstract

The problems of flickermeter testing are discussed. This paper presents two concepts of testers design: the first with an unregulated voltage source and a switchable voltage divider and a second with a regulated voltage source. The investigation results of the response time of a new power calibrator, which are the basis for implementing a Flicker Calibrator function with using the regulated voltage source. The idea of a user interface of the Flicker Calibrator and the results of the accuracy of P_{st} reproduction as a function of the frequency of voltage changes are presented. A novelty of this paper is the issue of the construction of national Flicker Calibrator using the concept of a regulated voltage source. In summary it can be concluded that the presented results confirm the possibility of using of the Calibrator for checking of the Class A flickermeters in the full time range of voltage changes.

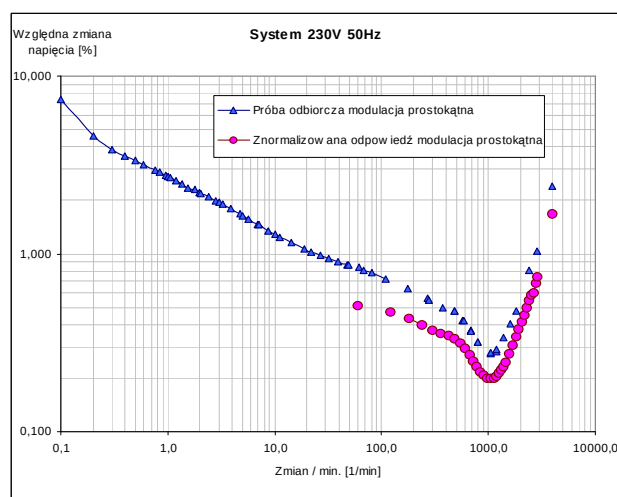
Keywords: ... Flickermeter, Flicker Calibrator, Voltage fluctuation.

1. Flickermeter jako obiekt testowania

Aby testować przyrząd pomiarowy metodą czarnej skrzynki wymagana jest wiedza o jego znamionowej charakterystyce przetwarzania jako funkcjonalnym związku między wskazaniem przyrządu (wyjście) i wielkością fizyczną podawaną na jego wejście. Testowanie takich przyrządów jak woltomierz, amperomierz czy watomierz z zastosowaniem metody czarnej skrzynki jest dzisiaj tak oczywiste, że trudno sobie nawet wyobrazić inne metody testowania tych przyrządów. W przypadku mierników współczynnika uciążliwości migotania światła – flickermetrów, nie jest jeszcze jednoznacznie zdefiniowana, unormowana i ogólnie zaakceptowana znamionowa charakterystyka przetwarzania, mogąca być podstawą do opracowania jednoznacznych testów flickermetra metodą czarnej skrzynki.

W rozwoju flickermetrów można wyróżnić dwa istotne etapy próby normalizacji charakterystyki flickermetra. Pierwszy etap zakończył się na przełomie lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesią-

tych, kiedy opracowano specyfikację flickermetra UIE [1], a drugi etap zakończył się w 2003 roku opracowaniem normy IEC 61000-4-15[2] opisującej specyfikację flickermetra IEC. Norma IEC podaje w tabl.5 tylko osiem wartości wielkości wejściowej (względnej zmiany napięcia $\Delta V/V$ i częstości zmian na minutę) w zakresie częstości zmian od 1 do 4800 zmian na minutę, wymaganych dla uzyskania wskaźnika migotania $P_{st}=1$ w postaci krzywej próby odbiorczej (performance test curve) przedstawionej na rys.1 – krzywa ta powstała po uzupełnieniu danych o krzywej próby odbiorczej, które są dostępne w innych niż norma IEC źródłach [3]. Jednocześnie w tabl.1 i 2 norma IEC podaje trzydzieści osiem wartości wielkości wejściowej (wartość $\Delta V/V$ i częstotliwości zmian w [Hz]), wymaganych dla uzyskania jednostkowej wartości chwilowego poziomu migotania (z czasem uśredniania 1s) w postaci krzywej znormalizowanej odpowiedzi (normalized response) przedstawionej również na rys.1.



Rys. 1. Krzywa próby odbiorczej i znormalizowana odpowiedź flickermetra
Fig. 1. Flickermeter performance test curve and normalized response

Należy wyraźnie zaznaczyć, że krzywa próby odbiorczej może być traktowana jako znamionowa charakterystyka przetwarzania flickermetra, ponieważ opisuje związek wyjścia i wejścia flickermetra, natomiast krzywa znormalizowanej odpowiedzi opisuje tylko związek wyjścia i wejścia ale tylko pierwszych czterech spośród pięciu szeregowo połączonych bloków tworzących flickermeter. Nie jest jasna intencja autorów normy o potrzebie definiowania krzywej znormalizowanej odpowiedzi, skoro w badaniach dokładności flickermetra oraz w normach na jakość energii EN 50160 [4] nie jest ona brana pod uwagę.

Kolejną specyfiką testowania flickermetrów jest fakt, że nawet w idealnie dokładnym flickermetrze IEC można uzyskać jednocześnie obie charakterystyki próby odbiorczej i znormalizowanej odpowiedzi o zerowych wartościach błędów tylko dla wyjątkowo ścisłych warunków nałożonych na sygnał wejściowy – sygnał wejściowy powinien być sinusoidalny z prostokątną modulacją. Problem w tym, że taki kształt sygnału jest bardzo wyidealizowany w stosunku do kształtów sygnałów występujących w rzeczywistych sieciach energetycznych. Właśnie te inne, rzeczywiste kształty autentycznie powodują efekt migotania światła a są powodowane pracą takich urządzeń jak walcownie, piece łukowe czy rębaki [5]. Wystarczy na idealny flickermeter podać sygnał z rzeczywistej sieci, w której pracuje jedno z w/w urządzeń, i już nie można uzyskać w idealnym flickermetrze wystarczającej zbieżności obu charakterystyk.

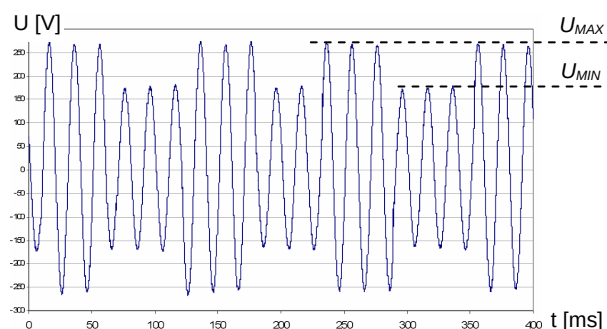
Nic zatem dziwnego, że sam flickermeter, jak i testowanie flickermetrów jest dość zawiłym i słabo zbadanym tematem rodzą-

cym wiele wątpliwości. W odpowiedzi na potrzebę testowania flickermetrów pojawił się nowy rodzaj urządzeń pomiarowych – Kalibrator Flickera (Flicker Calibrator).

2. Sprawdzanie dokładności flickermetrów

Rys.2 ilustruje wahania napięcia zarejestrowane oscyloskopem cyfrowym podłączonym do wyjścia kalibratora mocy C300 [6], który odtwarza wahania napięcia systemu 230V/50Hz z prostokątną modulacją o częstotliwości modulacji 8,8Hz (1056 zmian/min) i względnej zmianie napięcia:

$$\frac{\Delta U}{U} = \frac{U_{MAX} - U_{MIN}}{U} = \frac{276V - 184V}{230V} = 40\% \quad (1)$$



Rys. 2. Prostokątne zmiany napięcia $\Delta U/U=40\%$, 8,8Hz, 1056 zmian/min
Fig. 2. Example of voltage fluctuation $\Delta U/U=40\%$, 8,8Hz, 1056 changes/min

3. Koncepcje budowy testera flickermetra

Tradycyjna struktura kalibratora flickera zawiera źródło napięcia przemiennego i dzielnik napięcia o przełączanej wartości współczynnika podziału, do którego wyjścia jest podłączany sprawdzany flickermeter [7]. Impedancja rzeczywistej sieci energetycznej i zmienne obciążenia sieci [8] są tu modelowane przełączanym dzielnikiem. Wadą kalibratora flickera zbudowanego wg tradycyjnej koncepcji jest jego duża impedancja wyjściowa, co powoduje duże błędy dodatkowe spowodowane zmianą rezystancji wejściowej badanych flickermetrów i konieczność ich ręcznego korygowania.

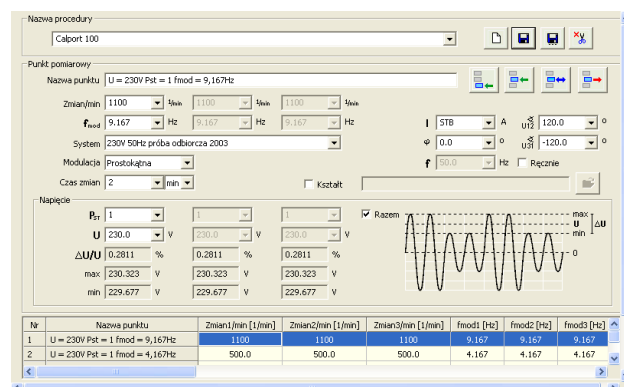
Z kolei kalibrator flickera zbudowany w oparciu o regulowane źródło napięcia o małej impedancji wyjściowej jest trudny do realizacji z uwagi na konieczność uzyskania sprzecznych wymagań na bardzo wysokim poziomie – krótkiego czasu odpowiedzi na poziomie milisekundy (rys.2.) przy dużej dokładności odtwarzania napięcia przemiennego.

4. Rozwój krajowych wzorców flickera

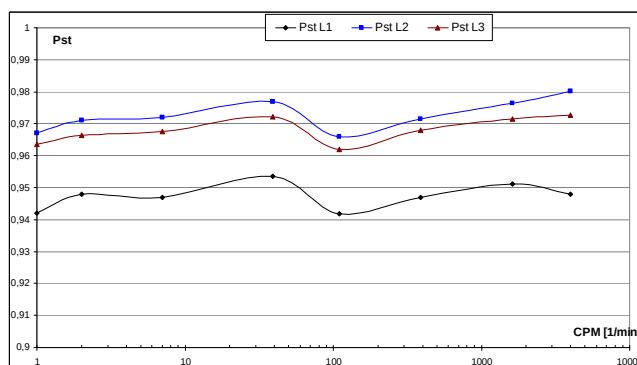
Odtwarzanie sygnałów przemiennych z modulacją prostokątną zrealizowano z zastosowaniem funkcji *Ramp* [9] w kalibratorze C101, co wykorzystano w badaniach krajowych mierników jakości energii serii NSQ [10] w zakresie niskich częstotliwości zmian napięcia (poniżej 10 zmian/min), natomiast w zakresie wyższych częstotliwości zmian stosowano dodatkowo przełączany dzielnik napięcia. Wspólną wadą obu rozwiązań jest konieczność ręcznego przeliczania nastaw uwzględniających nieliniową charakterystykę flickera (rys.1).

5. Trójfazowy kalibrator mocy jako kalibrator flickera

Na rys.3 i 4 przedstawiono widok pola edycji procedury pomiarowej funkcji *Flicker* kalibratora C300 umożliwiającą programowanie dawki wahań napięcia bezpośrednio w jednostkach współczynnika Pst oraz wyniki badań dokładności odtwarzania dawki wahań.



Rys. 3. Widok pola edycji procedury pomiarowej funkcji *Flicker*
Fig. 3. Field view of a procedure edition of the *Flicker* function



Rys. 4. Wynik pomiaru dokładności odtwarzania flickera dla Pst=1 przed zastosowaniem cyfrowej adiustacji
Fig. 4. The measurement accuracy for reproduction flicker Pst=1 before using of digital adjustment

6. Wnioski

Wyniki badań potwierdzają fakt zbudowanie pierwszego krajowego kalibratora dawki wahań napięcia, umożliwiającego wydajne badanie dokładności flickermetrów klasy A w pełnym zakresie częstotliwości zmian napięcia. Było to możliwe dzięki znacznemu (kilkaset razy) skróceniu czasu odpowiedzi trójfazowego kalibratora mocy na skokową zmianę nastawy.

7. Literatura

- [1] UIE flickermeter – Functional and design specification. UIE Report 1983
- [2] Testing and measurement techniques. Flickermeter – Functional and design specifications. IEC 61000-4-15: 2003
- [3] Mombauer W.: Messung von Spannungsschwankungen und Flickern mit dem IEC-Flickermeter. VDE Verlag, Berlin
- [4] EN 50160 (1999): Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems. – European standard, EN 50160, Brussels
- [5] IEC Flicker Meter Used in Power System Voltage Monitoring. Test Protocol. Joint Working Group on Power Quality, July 2004
- [6] Olencki A.: Rozwój wzorców parametrów sieci energetycznej, PAK, 2009, n12, 993-996.
- [7] IEC61000-3-3/11 Flicker Calibrator. Operatin Manual, Komputer & Networking Services, USA, 2000
- [8] Ford J.: The Voltech Handbook of Measurements to IEC61000-3-2/3 Harmonics and Flicker. Voltech Application Note 104
- [9] Szmytkiewicz J.: System odtwarzania modulowanych sygnałów napięcia i prądu stałego i przemiennego. XIV Sympozjum Modelowanie i Symulacja Systemów Pomiarowych, Krynica 2004
- [10] Urbański K., Olencki A.: Metody pomiaru współczynnika migotania światła – flickera, PAK, 2007, n5, 123-125