

## URZĄDZENIE DO OCENY UCIAŹLIWOŚCI MIGOTANIA ŚWIATŁA

### STRESZCZENIE

Niniejszy artykuł opisuje prototypowe urządzenie do oceny uciążliwości migotania światła. Urządzenie zostało zbudowane, by sprawdzić działanie algorytmu zaproponowanego przez dr. hab. inż. Andrzeja Bienia [1]. W artykule przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych nad algorytmem. Zweryfikowały one wpływ różnego rodzaju fluktuacji światła na wynik wskazywany przez przyrząd.

**Słowa kluczowe:** migotanie światła, ocena migotania światła

### DEVICE TO ESTIMATE LIGHT FLICKERING

This paper presents the process of designing a device which estimate light flickering. Schematic idea is based on a flicker meter described in Polish Standard: PN-EN 60868:2002. It also describes the result of the simulation investigations of the device. In addition to this, measure results have been presented and discussed.

**Keywords:** light flicking, flicker estimation

### 1. WSTĘP

Wpływ różnych zjawisk panujących w sieci energetycznej skutkuje występowaniem wahań napięcia, w postaci okresowych lub nieokresowych zmian wartości skutecznej napięcia. Wahania napięcia są powodowane przez wiele czynników np. praca odbiorników pobierających zmienną w czasie moc bierną, praca napędów o dużej mocy, jak silniki walcownicze czy rozruchy silników asynchronicznych.

Skutek wahań napięcia sieciowego mający bezpośredni wpływ na człowieka objawia się poprzez zjawisko migotania światła. Migotanie światła jest to zmiana natężenia strumienia świetlnego źródła światła. Bardzo czułe na zmianę napięcia zasilania są np. szeroko stosowane żarówki. Wytwarzany przez nie strumień świetlny jest proporcjonalny do napięcia panującego na ich zaciskach według zależności:

$$\Phi \approx U^{3,1+3,7} \quad (1)$$

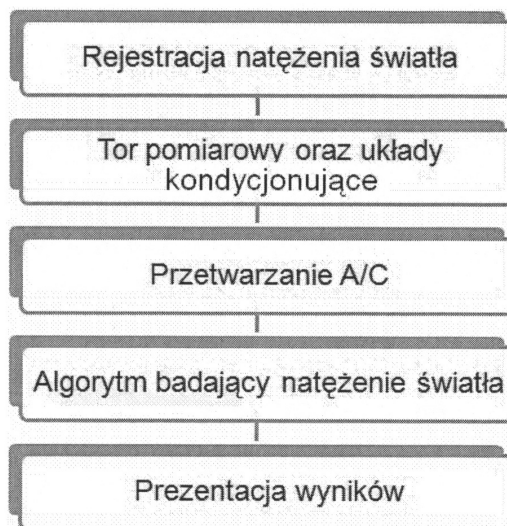
Migotanie światła ma znaczący wpływ na samopoczucie człowieka, powoduje między innymi uczucie rozdrażnienia, przemęczenia oraz utrudnia koncentrację.

Długotrwała praca w pomieszczeniach gdzie występuje migotanie światła może prowadzić nawet do uszkodzenia wzroku. Oko ludzkie najbardziej jest wrażliwe na migotanie światła o częstotliwości poniżej 40 Hz, a więc zbudowane urządzenie bada fluktuacje o częstotliwościach do 40 Hz [3].

### 2. BUDOWA MIERNIKA MIGOTANIA ŚWIATŁA

#### 2.1. Schemat ideowy miernika

Ideę budowy urządzenia obrazuje rysunek 1, szczegóły dotyczące konstrukcji przedstawiono w dalszej części pracy.



Rys. 1. Schemat ideowy miernika

#### 2.2. Rejestracja natężenia światła

Obserwacja zmian natężenia światła jest prowadzona za pomocą czujnika, w skład którego wchodzi fotodioda oraz rezystor tworzące dzielnik napięcia (rys. 2).

Tak uzyskany sygnał poddano filtracji oraz dopasowaniu napięcia do możliwości przetwornika.

#### 2.3. Tor pomiarowy oraz układy kondycjonujące

Otrzymany z czujnika sygnał oprócz migotania światła o częstotliwościach uciążliwych dla człowieka, przenosi również takie, które nie są przez niego zauważane. W celu uzyskania z sygnału interesującego pasma, zastosowano filtr pasmowoprzepustowy.

Oprócz zakłóceń, w przebiegu występuje składowa stała zależna od natężenia światła padającego na fotodiodę (rys. 4).

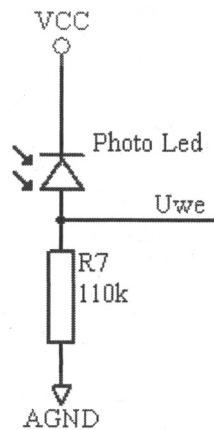
\* Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Katedra Metrologii

W porównaniu z nią, fluktuacje światła mają zbyt małą amplitudę wahań, by móc je odtworzyć cyfrowo z zadowalającą rozdzielczością. Tor pomiarowy zaprojektowano z myślą, aby cały zakres przetwornika był przeznaczony do pomiaru fluktuacji o częstotliwościach uciążliwych dla człowieka.

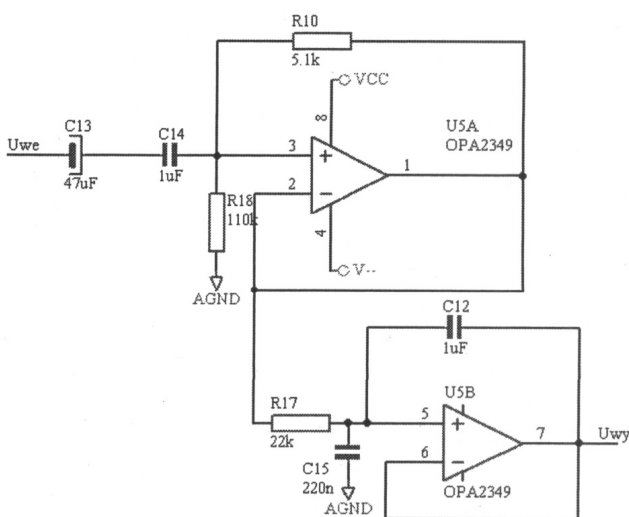
### Układ filtrujący

Zaprojektowano aktywny filtr pasmowoprzepustowy typu Bessala składający się z dwóch filtrów:

- 1) górnoprzepustowego drugiego rzędu, z tłumieniem 3 dB dla częstotliwości granicznej 1 Hz, do odcinania składowej stałej,
- 2) dolnoprzepustowego drugiego rzędu, z tłumieniem 3 dB dla częstotliwości granicznej 40 Hz, do odcinania zakłóceń.



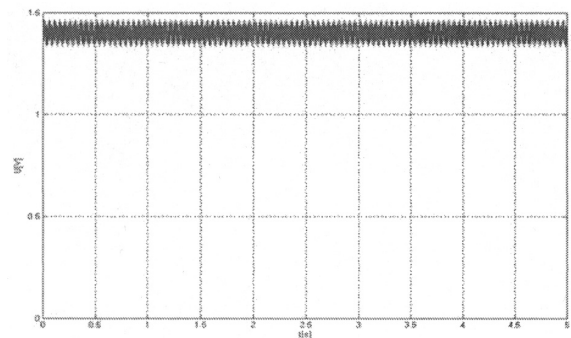
Rys. 2. Czujnik natężenia światła



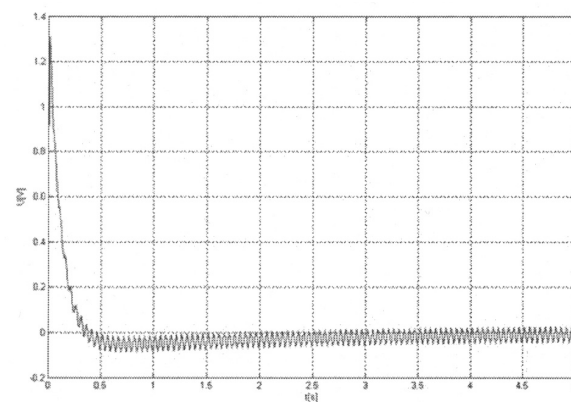
Rys. 3. Układ filtrujący

Parametry filtra dobrano przy użyciu programu Filter-Pro, firmy Texas Instruments. Następnie wyliczone przez program elementy wstawiono do modelu tego filtra zaprojektowanego w Matlabie. Model urządzenia powstał na podstawie książki [2] (rys. 3).

Wyniki przeprowadzonych symulacji przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Przebieg badanego napięcia

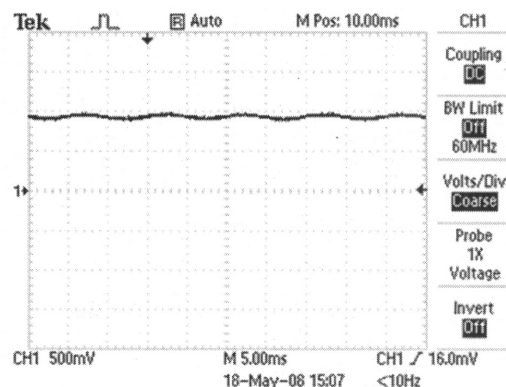


Rys. 5. Sygnał po przejściu przez filtr pasmowoprzepustowy

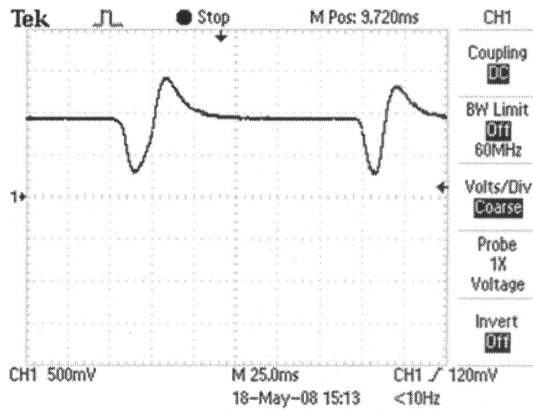
### Układ dopasowujący

Otrzymany w wyniku filtracji sygnał posiada niewielką amplitudę oraz jest symetryczny względem zera. Zanim został podany na wejście przetwornika, wzmożono go oraz dodano składową stałą wynoszącą połowę napięcia referencyjnego przetwornika.

W wyniku tej operacji uzyskano przebiegi jak na rysunkach 6 oraz 7. Tak przygotowany sygnał został następnie poddany przetwarzaniu analogowo cyfrowemu, a następnie działaniu algorytmu wyznaczającemu uciążliwość migotania światła.



Rys. 6. Rzeczywisty przebieg napięcia na wyjściu toru pomiarowego



Rys. 7. Rzeczywisty przebieg napięcia na wyjściu toru pomiarowego wraz z fluktuacjami

#### 2.4. Algorytm

Zastosowany w mierniku migotania światła algorytm do analizy wahań napięcia został zaproponowany przez dr. hab. inż. Andrzeja Bienia [1].

Algorytm sumuje bezwzględną różnicę  $N$  kolejnych próbek sygnału, a następnie dzieli je przez liczbę pobranych próbek.

$$W = \frac{\sum_{n=2}^N |P_n - P_{n-1}|}{N} \quad (2)$$

Wynik pomiaru determinują dwa czynniki:

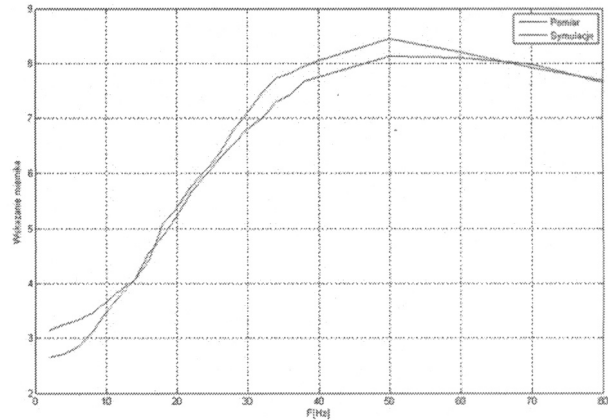
- 1) Amplituda wahań napięcia, ze wzrostem natężenia światła padającego na fotodiode, wzrasta bezwzględna różnica dwóch kolejnych próbek. A więc wynik obliczony na podstawie wzoru (2) zwiększy się.
- 2) Częstotliwość wahań napięcia, ze wzrostem częstotliwości wzrasta stromość zbocz sygnału, co skutkuje zwiększeniem bezwzględnej różnicy dwóch kolejnych próbek. Również w tym wypadku wynik wskazywany przez przyrząd zwiększy się.

Przeprowadzono symulacje oraz badania, mające określić jak zmienia się wynik, w zależności od dwóch wyżej wymienionych czynników.

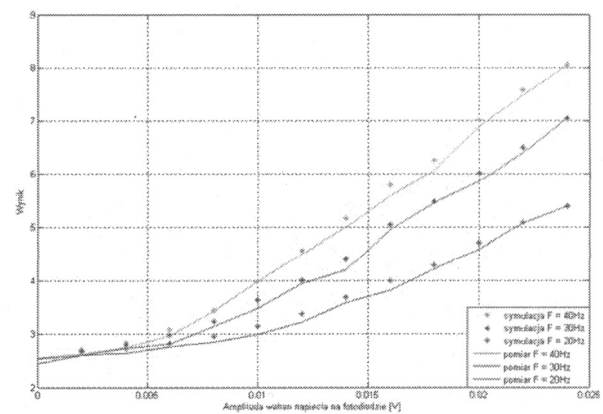
### 3. POMIARY I SYMULACJE

Obiektem, na którym przeprowadzono badania, była żarówka żarowa podłączona do sterowanego źródła napięcia Agilent 6812B. Za pomocą komputera PC zmieniano amplitudę oraz częstotliwość fluktuacji.

Podczas pomiarów miernik migotania światła znajdował się w stałej odległości od żarówki, wynoszącej około trzech metrów. W laboratorium, gdzie przeprowadzono pomiary, wszystkie pozostałe źródła sztucznego światła zostały wyłączone, by wyeliminować ich wpływ na wynik pomiarów.



Rys. 8. Zmienna częstotliwość fluktuacji przy stałej amplitudzie wahań



Rys. 9. Wpływ zmiany amplitudy migotania na wynik dla zadanych częstotliwości

### 4. PODSUMOWANIE

Po przeprowadzeniu pomiarów oraz ich analizie, można stwierdzić, że wskazania przyrządu nie są liniowo zależne od częstotliwości i amplitudy migotania światła. Bliska liniowej zależności wyniku od częstotliwości fluktuacji występuje jedynie w zakresie 15–30 Hz.

Rysunek 8 pokazuje, że dla częstotliwości większych od 30 Hz wyniki uzyskane podczas pomiarów są mniejsze od otrzymanych podczas symulacji.

Wynika to z faktu, iż żarówka w rzeczywistości jest obiektem inercyjnym, natomiast w symulacjach przyjęto model liniowy. Bezwładność świetlna żarówki sprawia, że ze wzrostem częstotliwości fluktuacji, rzeczywiste zmiany amplitudy natężenia światła żarówki są mniejsze niż w przyjętym modelu.

Jak wynika z rysunku 9, dla napięć fluktuacji mniejszych od 3 mV przyrząd pokazuje niemal identyczne wyniki bez względu na częstotliwość migotania światła. Przyczyną tego są zakłócenia sieciowe o amplitudzie występujące na tym poziomie.

Zaletą przedstawionej wyżej konstrukcji jest możliwość pomiaru fluktuacji światła powstałych zarówno pod wpływem zmian częstotliwości, jak i amplitudy. W porównaniu

z istniejącymi miernikami migotania światła, zbudowane urządzenie może wykonywać pomiar fluktuacji nie tylko na żarowych źródłach światła. Dodatkowymi atutami są prostota konstrukcji oraz możliwość regulowania czasu pomiaru. Przedstawione rozwiązanie ma jednak pewne wady, między innymi, sposób działania urządzenia sprawia, że nie można stwierdzić, czy fluktuacje światła pochodzą od wahań częstotliwości, czy amplitudy napięcia źródła światła.

Pracując nad rozwojem projektu urządzenia, należy skupić się nad opracowaniem algorytmu monitorującego źródło pochodzenia fluktuacji.

### Literatura

- [1] Bień A.: *Metrologia jakości energii elektrycznej w obszarze niskoczęstotliwościowych zaburzeń napięcia sieci*. Kraków, Rozprawy Monograficzne 127, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH 2003
- [2] Gajda J., Szyper M.: *Modelowanie i badania symulacyjne systemów pomiarowych*. Kraków, Wydział EAIiE AGH 1998
- [3] Rogóż M.: *System oceny jakości energii elektrycznej dla potrzeb kontraktu na dostawę energii i określenia warunków technicznych przyłączenia odbiorników*. Kraków, Wydział EAIE AGH 2007 (Praca doktorska pod przewodnictwem dr. hab. inż. Zbigniewa Hanzelki)

[4] Rzeszutko J.: *Implementacja przyrządu do pomiaru wskaźnika uciążliwości migotania światła w systemie pomiarowym z mikrokontrolerem AVR*. Kraków, Wydział EAIE AGH 2008 (Praca magisterska pod przewodnictwem dr. hab. inż. A. Bienia)

[5] ATmega 128 Datasheet: *Dokumentacja mikrokontrolera ATmega128*. Atmel Corporation, 2008

Wpłynęło: 14.12.2008

Jakub RZESZUTKO



Urodził się 27 maja 1984 roku w Tarnowie. Studia wyższe ukończył w roku 2008 na Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, na wydziale Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Elektroniki. Obecnie student pierwszego roku studiów doktoranckich oraz pracownik prywatnej firmy na stanowisku projektant elektronik.

e-mail: [Jakub.Rzeszutko@agh.edu.pl](mailto:Jakub.Rzeszutko@agh.edu.pl)