



Politechnika Wroclawska

**Wydział Elektryczny,
Katedra Maszyn, Napędów i Pomiarów
Elektrycznych**

Laboratorium Przetwarzania i Analizy Sygnałów
Elektrycznych

(bud A5, sala 310)

Wydział/ Kierunek	Nazwa zajęć laboratoryjnych	Nr zajęć
Elektryczny/ AiR	Badanie i Poprawa Jakości Energii Elektrycznej	5
Elektryczny/ ETK	Badanie Jakości Energii Elektrycznej	5

Tytuł:

**Pomiar emisji wahań napięcia przez odbiorniki energii
elektrycznej – wyznaczenie współczynnika migotania światła**

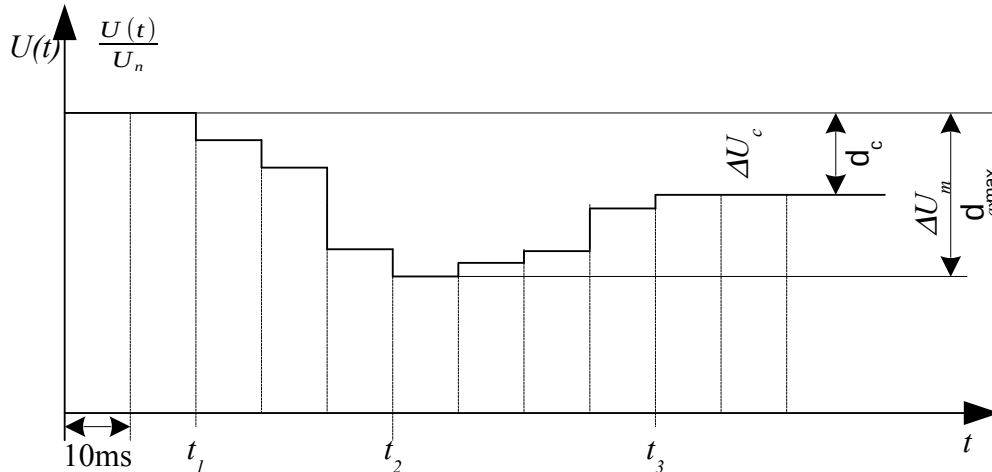
1 Przyczyna migotania światła

Niskoczęstotliwościowe zmiany napięcia i wahania napięcia w zakresie dopuszczalnym przez normy np. 230V±10% powodują migotanie źródeł światła, które u osób wrażliwych wpływają na zmęczenie fizyczne i psychiczne.

Powtarzające się niewielkie zmiany wartości skutecznej napięcia powodują zmianę strumienia światła nazywane Flickerem. W normal IEEE 1159-2009 flicker opisano następująco „Flicker: impression of unsteadiness of visual sensation induced by a light stimulus whose luminance or spectral distribution fluctuation”.

Co można przetłumaczyć “Wrażenie niestabilności wizualnego postrzegania spowodowane oświetleniem o niestełej luminancji lub zmiennym rozkładzie spektralnym”

Główną przyczyną wahań napięcia jest zmienność mocy czynnej i biernej odbiorników (skoki wartości prądu). Do tej grupy odbiorników należy zaliczyć urządzenia i maszyny stosowane w przemyśle np. piece łukowe, dźwigi jak i urządzenia mniejszej mocy dołączane do niskiego napięcia sieci publicznej np. urządzenia grzejne, silniki, spawarki.



Rys. 1. Zmiana napięcia zasilania odbiornika

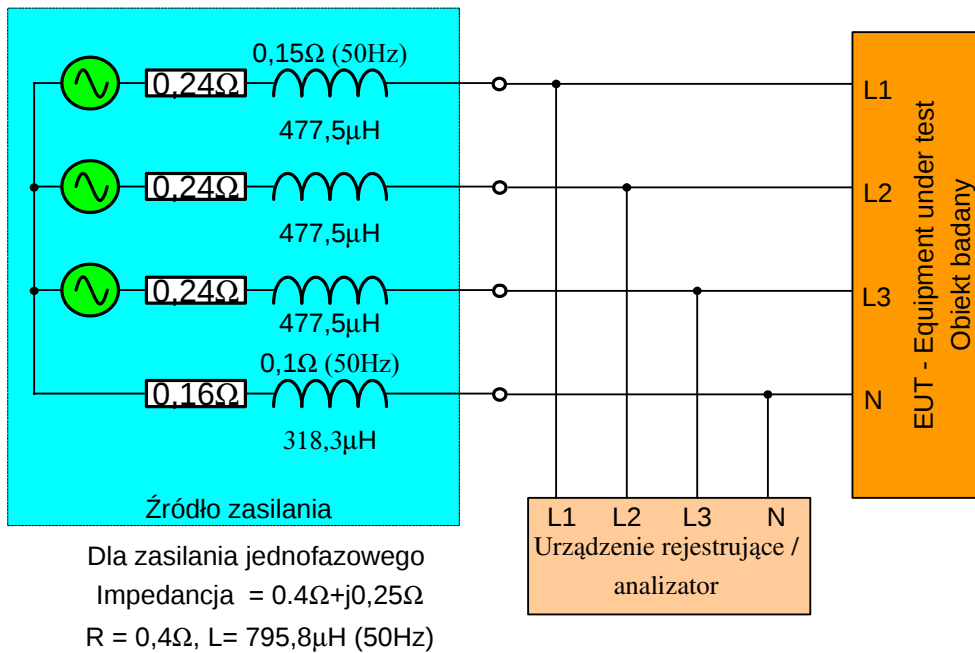
2 Metody określania współczynnika migotania światła

Jedną z metod ograniczenia zjawiska jest stosowanie odbiorników energii zaprojektowanych w sposób minimalizujący ich wpływ na sieć energetyczną. Sposób wyznaczenia i pomiaru wahań napięcia powodowanych przez odbiorniki znajduje się w normie EN 61000-3-3. Informacje tam zawarte są istotne w projektowaniu urządzeń.

Norma podaje następujące metody wyznaczenia współczynnika migotania światła Pst:

- bezpośredni pomiar.
- symulacja gdy znany jest przebieg zmian napięcia w czasie $d(t)$,
- wykorzystanie krzywej $Pst=1$

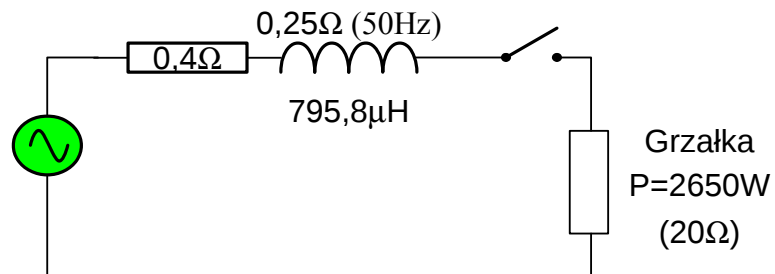
W dalszej części zostanie przedstawiona metoda analityczna i wykorzystanie krzywej $Pst=1$.



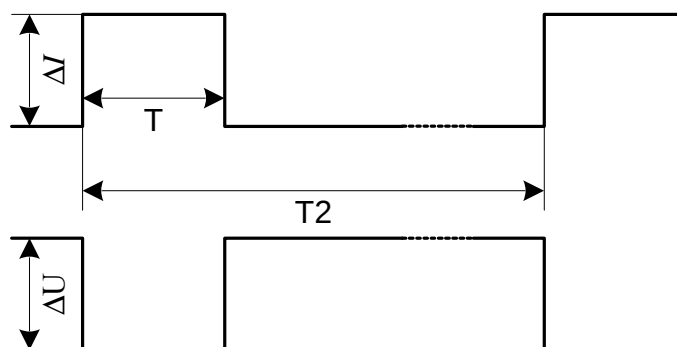
Rys. 2 Stanowisko pomiarowe do badania emisji wahań napięcia

Przykład 1 – Zgrzewarka

Zgrzewarka jednofazowa mocy znamionowej grzałki = 2650W pobiera cyklicznie prąd 2 razy w ciągu minuty. Czas zwiększonego poboru prądu wynosi $T=100\text{ms}$. Pobór prądu powoduje spadek napięcia. Schemat wraz z wartościami impedancji wykorzystywanymi w obliczeniach przedstawiono na rysunku 3. Zmiany prądu i napięcia przedstawione są na rysunku 4. Obliczyć współczynnik migotania światła.



Rys 3. Schemat pogładowy zgrzewarki obciążającej sieć.

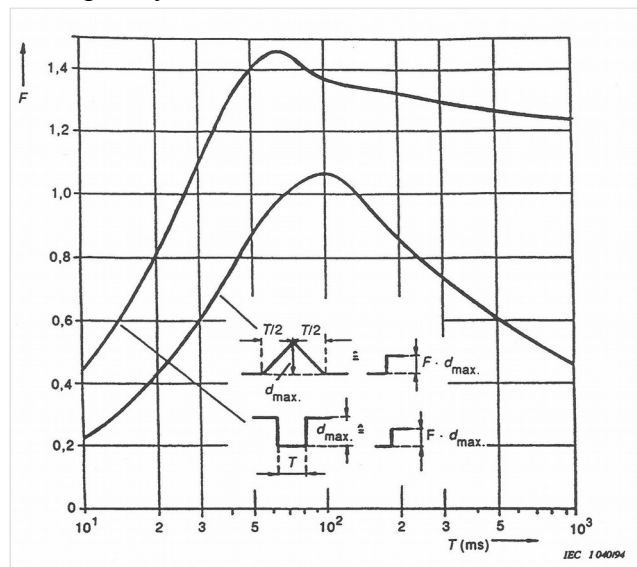


Rys. 4. Przebieg napięcia i prądu w zgrzewarce.

Zakładając uproszczenie że wartość skuteczna prądu wynosi $I=230V/20,4\Omega$ (pominięcie części urojonej impedancji źródła) otrzymujemy przyrost prądu $\Delta I=11,275A$ stąd spadek napięcia $\Delta U=4,51V$. Wartość maksymalnej zmiany napięcia d_{max} wynosi $d_{max}=\Delta U/U=4,51V/230V=1.96\%$. Wrażenie migotania światła t_f opisane jest zależnością

$$t_f=2,3(F \cdot d_{max})^{3,2}, \quad (*)$$

gdzie: F to współczynnik kształtu związany z przebiegiem zmian napięcia w czasie. Z rys. 6 normy odczytujemy wartość współczynnika $F=1.35$



Rys. 5. Wartość współczynnika F (rys. 6 normy EN 61000-3-3)

Po podstawieniu do zależności (*) wartości współczynnika F i d_{max} otrzymujemy $t_f=51,76s$.

Wartość t_f wstawiamy do wzoru

$$Pst = \left(\frac{\sum t_f}{T_p} \right)^{\frac{1}{3,2}} = \left(\frac{20 \cdot 51,76 s}{600 s} \right)^{\frac{1}{3,2}},$$

gdzie: T_p to czas obserwacji wynoszący 10 minut.

Otrzymujemy wynik $Pst=1,18$. Jest to wartość większa od dopuszczalnej. Urządzenie nie może być dopuszczone do pracy w sieci publicznej.

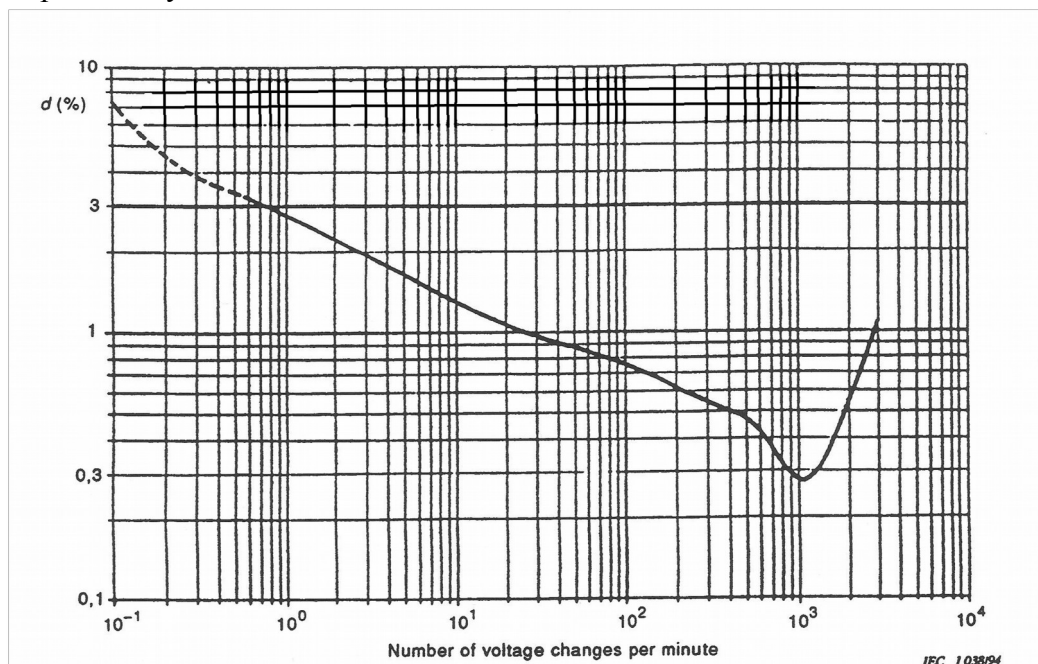
Prostym rozwiązaniem jest zmniejszenie mocy grzałki i wydłużenie czasu grzania. Zwiększenie oporności grzałki do 30Ω i wydłużenie czasu grzania do 150ms powodują zmianę prądu $\Delta I=7,56A$, spadek napięcia $\Delta U=3,03V$. Wartość maksymalnej zmiany napięcia $d_{max}=1.316\%$. Wrażenie migotania światła $t_f=5,535s$ a wartość współczynnika migotania światła $Pst=0,5897$. Zgrzewarka spełnia wymagania normy EN 61000-3-3.

Przykład 2.

Fala lutownicza wyposażona jest w grzejnik o mocy 3000W. Jaka jest maksymalna liczba załączeń na minutę aby nie zostały przekroczone limity normy EN 61000-3-3?

Załączenie grzałki powoduje przyrost prądu $\Delta I=13A$, spadek napięcia $\Delta U=5,22V$. Wartość maksymalnej zmiany napięcia $d_{max}=2,26\%$. Z wykresu krzywej $Pst=1$ znajdującego

się w normie oraz przedstawionego poniżej odczytana maksymalna liczba zmian na minutę nie powinna przekroczyć 2.



Rys 6. Krzywa Pst=1.

Zwiększenie możliwości sterowania mocą fali lutowniczej jest zastosowanie kilku grzałek o mniejszej mocy np. 3 po 1kW. Załączenie grzałki powoduje przyrost prądu $\Delta I=4,35A$, spadek napięcia $\Delta U=1,74V$. Wartość maksymalnej zmiany napięcia $d_{max}=0,756\%$. Z wykresu krzywej Pst= maksymalna liczba zmian na minutę nie powinna przekroczyć 30.

3 Program ćwiczenia

3.1 Pomiar prąd włączenia „inrush current” i spadek napięcia wywołany tym prądem.

Programowane źródło mocy ACS6834B dostępne na stanowisku posiada dużej mocy transformator wejściowy obciążony prostownikiem i kondensatorami filtrującymi. Podczas włączania występuje prąd impulsowy, który może spowodować zadziałanie zabezpieczeń nadprądowych. W celu zmierzenia maksymalnej wartości prądu i spadku napięcia należy:

- Zaprogramować rejestrator/analizator jakości energii (instrukcja obsługi dostępna na stanowisku). Ustawić wyzwalenie rejestracji wartości skutecznej i chwilowej napięcia i prądu gdy po przekroczeniu poziomu prądu. Zalecany czas rejestracji po wykryciu zdarzenia kilkanaście sekund. Pretrigger 1 sekunda.
- Po zaprogramowaniu rejestratora odczekać około minuty.
- Włączyć zasilanie źródła ACS6813B. Gdy wyzwolone zostaną wyłączniki nadprądowe poczekać aż rejestrator zakończy cykl rejestracji zdarzenia i ponownie włączyć urządzenie.

- d) Gdy źródło mocy pracuje można odczytać z rejestratora dane i wykonać obliczenia względnych spadków napięć d_{max} i d_c .

3.2 Badanie emisji wahań napięcia wybranego urządzenia pracującego cyklicznie

W opcjach źródła ACS6813B ustawić wartość impedancji wyjściowej $Z_{ref}=0,4\Omega+j025\Omega$. (Można ustawić większą wartość – efekt wahań napięcia będzie większy)

Równoległe z odbiornikiem dołączyć rejestrator/analizator. Włączyć układ. Zarejestrować prąd włączenia „inrush current” i spadek napięcia wywołany tym prądem. Zakładając cykliczną pracę urządzenia obliczyć współczynniki d , d_{max} oraz P_{st} . Odczekać czas minimum 20minut na wynik pomiaru współczynnika P_{st} metodą bezpośrednią (z analizatora). Wartość krótkookresowego współczynnika migotania światła pojawia się co 10 minut. Do porównania P_{st} z wynikami otrzymanymi metodą analityczną wybrać późniejszy P_{st} (nie zawierający zjawiska włączania EUT).

3.3 Wyznaczanie „widoczności” wahań napięcia na stanowisku testowym.

Celem jest znalezienie wartości względnej zmiany napięcia i częstotliwości wahań, która jest zauważalna przez wykonujących test. Skoki napięć są prostokątne. Lampa żarowa zasilana jest ze źródła ACS6813B. Po zaprogramowaniu wahań napięcia obserwować obiekty oświetlane przez lampę. Zanotować w tabeli liczbę studentów widzących migotanie światła.

wartość wahań		Liczba zmian na minutę / Okres							
[%]	V	10 / 6s	50 / 1,2s	100/ 600ms	200/ 300ms	500 / 120ms	1000/ 60ms	1500/ 40ms	2000/ 30ms
0,3	0,69								
0,5	1,15								

4 Sprawdzanie działania mierników P_{st} . (opcjonalne)

Zaprogramować źródło AC6813 tak aby na wyjściu generowany był przebieg wzorcowy (symetryczna prostokątna zmiana napięcia) o $P_{st}=1$. W tym celu posłużyć się krzywą $P_{st}=1$ z rysunku 6. Do źródła podłączyć tylko urządzenia pomiarowe (analizatory, woltomierz).

Włączyć generację oraz rejestrację/analizę. Porównać otrzymane wyniki.