



Studia Podyplomowe

EFEKTYWNE UŻYTKOWANIE ENERGII ELEKTRYCZNEJ

w ramach projektu

**Śląsko-Małopolskie Centrum Kompetencji
Zarządzania Energią**



Definicje wielkości elektrycznych mierzonych przy przesyłaniu energii. Realizacje układowe i programowe pomiarów. Współczesne cyfrowe przyrządy pomiarowe stosowane do pomiarów parametrów energii elektrycznej.

dr inż. Andrzej Wetula

- napięcie i prąd
- współczynnik asymetrii
- moc czynna, bierna i pozorna
- energia

Pomiar jest realizacją definicji

- definicja fizyczna - równoważnik energetyczny dla prądu stałego
- definicja matematyczna: $U_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u(t) dt}$

Którą definicję realizujemy w pomiarach cyfrowych?



- Za jaki okres uśredniać ?
 - zbyt krótko - oscylacje
 - zbyt długo - powolna reakcja na zmiany
- Pierwiastkowanie numeryczne.
- Jaki właściwie jest okres $u(t)$?



AGH

Zastosowanie pomiarów wartości skutecznej

- wyznaczenie współczynnika asymetrii
- detekcja zapadów i podskoków napięcia
- pomiar mocy pozornej

$$a_u = \frac{U_i}{U_d} \cdot 100\%$$

Czyli jest to procentowy stosunek składowej zgodnej i przeciwnej.
Wyznaczenie współczynnika asymetrii wymaga znajomości **wartości skutecznej** i wzajemnych przesunięć fazowych napięć.

Zapad napięcia - obniżenie **wartości skutecznej** w zakresie 90–10% na czas 10 ms do 3 min;

Zanik napięcia - obniżenie **wartości skutecznej** do poniżej 10% lub na czas ponad 3 min;

Podskok napięcia - wzrost **wartości skutecznej** do przynajmniej 110%.

- 1 Wyznaczenie wartości skutecznej z krótkim okresem.
- 2 Porównanie z wartością znamionową.
- 3 Określenie czasu przekroczenia

Zarejestrowanie zapadu/podskoku/zaniku następuje gdy spełniono jednocześnie warunek głębokości i czasu trwania, przy czym jedna z tych wielkości zależy od drugiej.

- Nie ma ujednoczonego wzorca ani metody testowania przyrządów do detekcji zapadów i zaników napięcia!
- ... co oznacza że różne przyrządy robią to na różne sposoby.

$$S = UI$$

Czyli iloczyn wartości skutecznych prądu i napięcia.

$$S_A = U_R I_R + U_S I_S + U_T I_T$$

$$S_G = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$$S_B = \sqrt{U_R^2 + U_S^2 + U_T^2} \sqrt{I_R^2 + I_S^2 + I_T^2}$$

Czy wiesz wg której mierzy twój miernik?



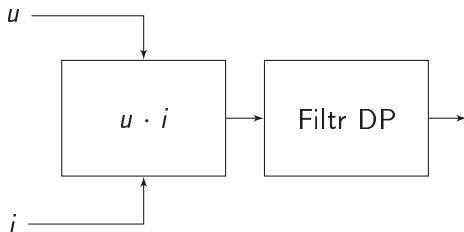
Dla przebiegów sinusoidalnych:

$$P = UI \cos \phi$$

Dla dowolnych przebiegów okresowych:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt$$

czyli średnia z mocy chwilowej.



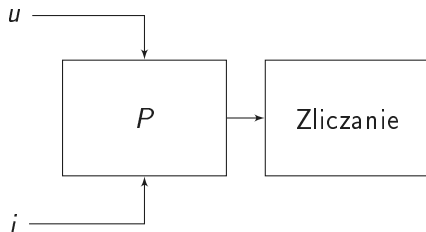
Zauważ podobieństwo do pomiaru wartości skutecznej!



- Budeanu: $Q = \sum_{n=1}^{\text{inf}} U_n I_n \sin \phi_n$
- Fryze: $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$
- Akagi: $\begin{bmatrix} p \\ q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_\alpha & e_\beta \\ -e_\beta & e_\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_\alpha \\ i_\beta \end{bmatrix}$
- Czarnecki

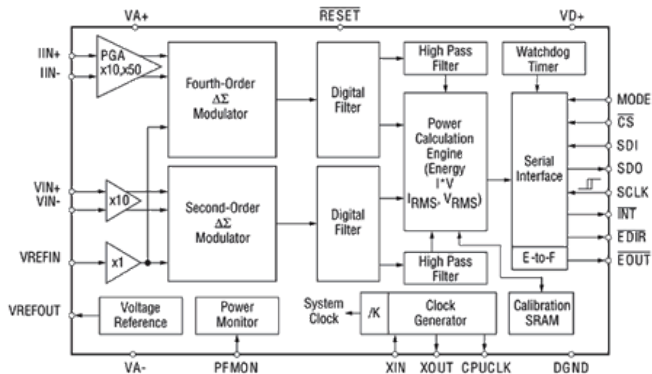
Ale według której mierzą nasze mierniki?
To zależy od miernika !

- **Analogowe (wariometry)** - Budeanu
- **Cyfrowe** - Budeanu lub Fryze
- **Sterowanie kompensatorem** - Fryze lub Akagi

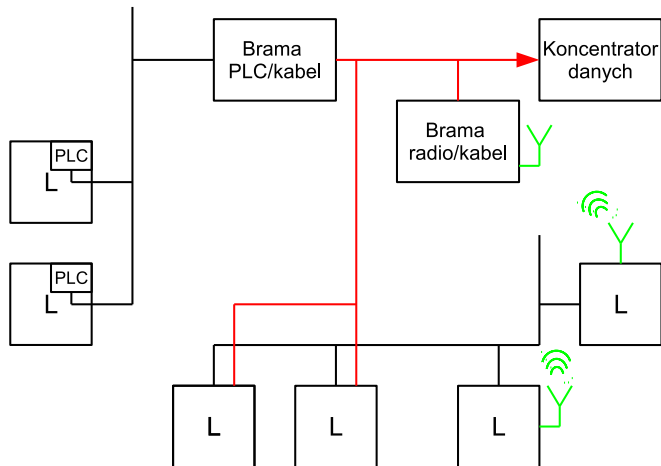


Liczydła:

- mechaniczne
- elektroniczne



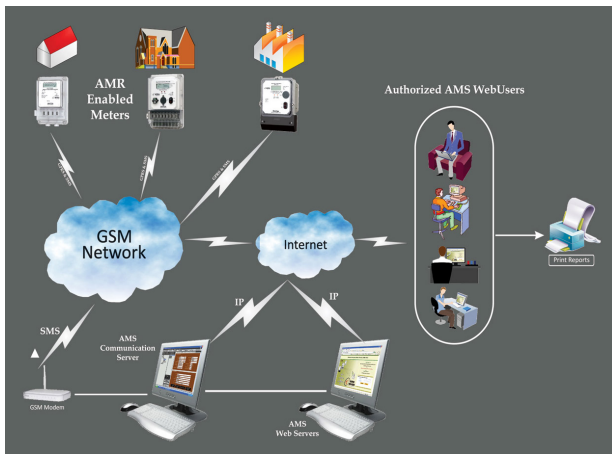






AGH

Systemy zarządzania energią



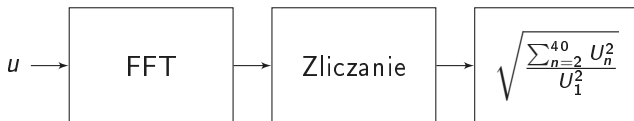
- Współczynnik zawartości harmonicznych THD.
- Interharmoniczne.
- Współczynniki uciążliwości migotania.

Stara:

$$THD_U = \sqrt{\frac{\sum_{n=2}^{40} U_n^2}{U_1^2}}$$

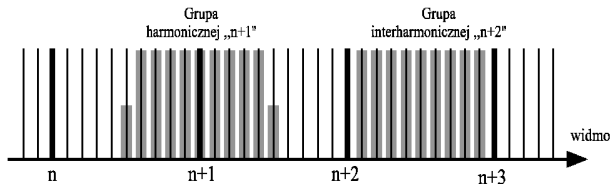
Nowa:

$$THD_U = \frac{\sqrt{U_{rms}^2 - U_1^2}}{U_1}$$



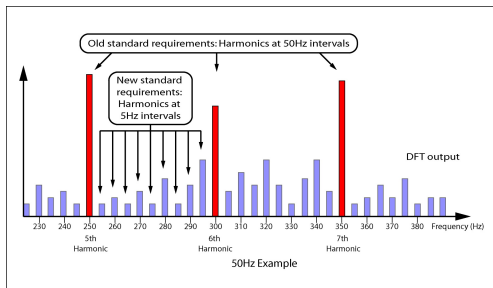
THD - grupowanie harmonicznych

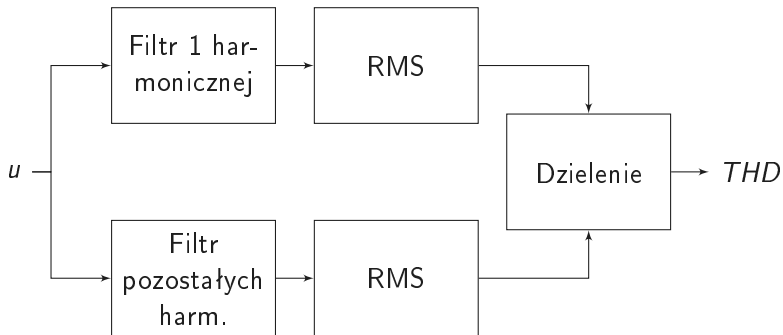
Stara definicja



THD - nowa definicja

Różnica między starą a nową definicją







AGH

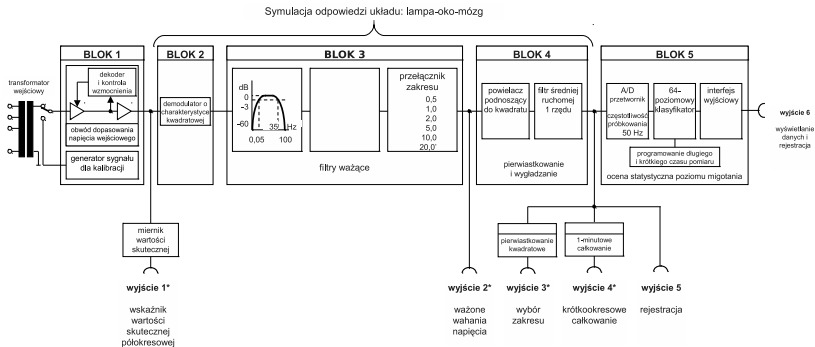
Współczynniki uciążliwości migotania

Według normy 61000-4-15.

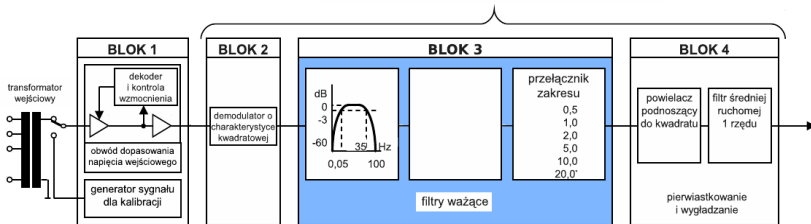
- Krótkookresowy P_{st} - 10 minut
- Długookresowy P_{lt} - 3 godziny

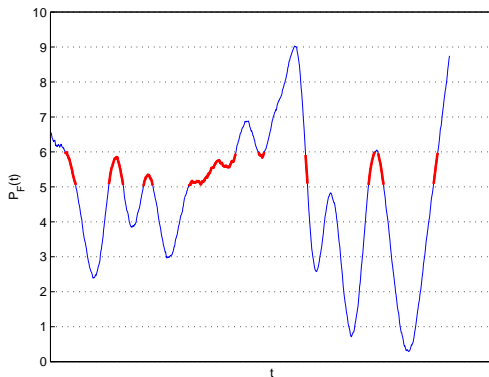
Współczynniki uciążliwości migotania

Flickermeter - schemat blokowy



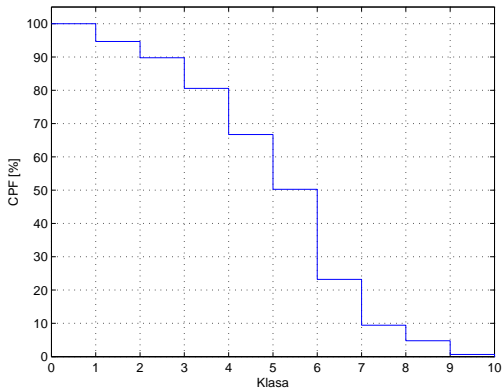
Symulacja odpowiedzi układu: lampa-oko-mózg





Współczynniki uciążliwości migotania

Flickermeter - skumulowana krzywa prawdopodobieństwa



- Skala porządkowa,
- model żarówki,
- skoki fazy,
- inne napięcia znamionowe.



Internet:

- Leonardo Energy, inicjatywa Europejskiego Centrum Promocji Miedzi:
<http://www.leonardo-energy.org/>
- Strona Smart Grid na serwerach AGH: <http://www.smartgrid.agh.edu.pl>

Normy:

- PN-EN 61000-4-15 „*Miernik migotania światła - Specyfikacja funkcjonalna i projektowa*”
- PN-EN 50160 „*Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych*”

Publikacje:

- Leszek S. Czarnecki: „*Moce i kompensacja w obwodach z okresowymi przebiegami prądu i napięcia*”; Centrum Promocji Jakości i Efektywnego Użytkowania Energii Elektrycznej; Kraków 2002
- Dawid Chapman: „*Zapady napięcia*”; Centrum Promocji Miedzi; Marzec 2001
- Zbigniew Hanzelka, Andrzej Bień: „*Harmonics, Interharmonics*”; AGH University of Science and Technology; July 2004