

Wymagania dotyczące wskaźników jakości dostawy energii elektrycznej dla bezpośrednich 1-fazowych i 3-fazowych oraz półpośrednich granicznych liczników AMI

1. Wymagania ogólne

- 1.1. Zadaniem licznika AMI jest rejestracja wystąpienia nieprawidłowości związanych z jakością dostawy energii do klienta końcowego oraz wyznaczenie wartości, zdefiniowanych w punkcie 2, miar liczbowych wskaźników jakości. Licznik AMI nie pełni funkcji analizatora jakości dostawy energii elektrycznej.
- 1.2. Licznik AMI powinien mierzyć następujące wielkości:
 - 2.1.1. wartości skuteczne napięć,
 - 2.1.2. wartości harmonicznego napięcia od rzędu 2. do rzędu 13.,
 - 2.1.3. całkowity wskaźnik odkształcenia harmonicznymi (THD),
 - 2.1.4. wskaźnik asymetrii napięcia (dla układów trójfazowych),
 - 2.1.5. wskaźnik wahań napięcia Plt.
- 1.3. Wszystkie pomiary dotyczą napięć fazowych (L1, L2, L3) i są wykonywane zgodnie z wymaganiami aktualnej wersji normy PN EN 61000-4-30 dla mierników klasy B.
- 1.4. Na podstawie pomiarów jak w punkcie 1.2 wyznaczane są indywidualne wskaźniki jakości dostawy energii, opisane w punkcie 2 i oznaczone dalej jako W1-W4. Są one przekazywane do Systemu Centralnego.
- 1.5. Okres pomiarowy trwa 7 dni i rozpoczyna się w każdy poniedziałek o godz. 00:00.
- 1.6. W czasie każdego okresu pomiarowego licznik AMI powinien wyliczać wskaźniki W1-W4 oraz archiwizować otrzymane wyniki po zamknięciu okresu pomiaru w pamięci nieulotnej licznika AMI przez okres nie krótszy niż 5 tygodni.
- 1.7. W Systemie Centralnym w oparciu o wskaźniki W1-W4 w okresie pomiarowym wyznaczana jest wartość całkowitego wskaźnika jakości CWJ_U opisanego w punkcie 2.
- 1.8. Transmisja wskaźników może odbywać się w dwóch trybach:
 - A) sesyjnym, zgodnie z zadaniem harmonogramem odczytowym,
 - B) na żądanie użytkownika Systemu Centralnego.
- 1.9. Na etapie parametryzacji licznika AMI powinna istnieć możliwość:
 - A) wstrzymania pomiaru i/lub transmisji wybranych wskaźników,
 - B) wyboru trybu transmisji danych.

2. Wskaźniki jakości dostawy energii elektrycznej dla zaburzeń ciągłych

- 2.1. Licznik AMI powinien wyliczać i przekazywać do Systemu Centralnego wartości poniższych wskaźników jakości dostawy energii elektrycznej:
 - 2.1.1. W1 – wskaźnik wolnych zmian napięcia
 - 2.1.2. W2 – wskaźnik odkształcenia napięcia
 - 2.1.3. W3 – wskaźnik asymetrii napięcia
 - 2.1.4. W4 – wskaźnik wahań napięcia (Plt)

2.2. W1 – wskaźnik wolnych zmian napięcia

Wskaźnik wolnych zmian napięcia jest wyznaczany na podstawie 10-minutowych wartości średnich napięcia zmierzonych w tygodniowym okresie trwania pomiarów.

Odchylenia napięcia wyznaczone są na podstawie zależności:

$$\tau_{\Delta U} = \frac{U - U_C}{U_C}$$

U zmierzona wartość skuteczna napięcia uśredniona w czasie 10 min. (dla każdej fazy oddzielnie)

U_C deklarowana lub znamionowa wartość skuteczna napięcia (zgodnie z postanowieniami umowy przyłączeniowej lub rozporządzeniem systemowym [5])

Względne odchylenia napięcia wyznaczone są na podstawie zależności:

$$U_{\text{redukcja}} = \frac{\tau_{\Delta U \max}}{\tau_{\Delta U, \text{odchylenie w dół}}} \quad U_{\text{wzrost}} = \frac{\tau_{\Delta U \max}}{\tau_{\Delta U, \text{odchylenie w górę}}}$$

gdzie:

$\tau_{\Delta U \max}$ maksymalne zarejestrowane odchylenie napięcia w dół (w górę) od wartości znamionowej lub deklarowanej spośród trzech wartości fazowych zmierzonych w rozważanym punkcie sieci w przyjętym czasie oceny (wartość średnia 10 min)

$(\tau_{\Delta U \max, \text{odchylenie w dół}}; \tau_{\Delta U \max, \text{odchylenie w górę}})$ maksymalna dopuszczalna redukcja napięcia wynosząca oraz maksymalny dopuszczalny wzrost napięcia wynoszący 10%. Wartości ustalane na etapie konfiguracji licznika AMI.

Ocena wskaźnika wolnych zmian napięcia:

$$\Delta W_1 = \begin{cases} W_1 - 1 & \text{jeżeli } \Delta T < CP \\ 0 & \text{jeżeli } \Delta T \geq CP \end{cases}$$

gdzie

ΔT jest wyrażonym w procentach tygodnia czasem, podczas którego napięcie zawarte jest w dopuszczalnym postanowieniami rozporządzenia systemowego lub umowy przyłączeniowej przedziale zmian tzn. $(U_{\min} - U_{\max})$, wówczas:

$$W_1 = \max(U_{\text{redukcja}}, U_{\text{wzrost}})$$

CP wyrażony w % tygodnia okres podczas którego wartość skuteczna napięcia powinna być zawarta w dopuszczalnym postanowieniami rozporządzenia systemowego lub umowy przyłączeniowej przedziale zmian (percentyl). Wartości ustalane na etapie konfiguracji licznika AMI.

2.3. W_2 – wskaźnik odkształcenia napięcia

$$W_2 = \max(W_{\text{THDU}}, F_2, F_3, F_4, \dots)$$

gdzie

$$W_{\text{THDU}} = \frac{\text{THD}_{\max}}{\text{THD}_{\text{poziom dopuszczal}}} = \frac{\max(\text{THD}_{L1\max}, \text{THD}_{L2\max}, \text{THD}_{L3\max})}{\text{THD}_{\text{poziom dopuszczal}}}$$

THD_{max}	maksymalna wartość współczynnika THD spośród trzech wartości wyznaczonych dla napięć fazowych zmierzonych w rozważanym punkcie sieci w czasie tygodnia.
$THD_{L1(L2,L3)max}$	maksymalna wartość współczynnika THD napięcia fazy L1 (L2, L3) zmierzona w rozważanym punkcie sieci w czasie tygodnia. Czas uśredniania - 10 min.
$THD_{poziom\ dopuszczal.}$	graniczna wartość współczynnika THD zgodnie z rozporządzeniem systemowym [5] lub umową na dostawę energii elektrycznej. Wartość ustalana na etapie konfiguracji licznika AMI.
THD_U	współczynnik odkształcenia harmonicznymi napięcia zasilającego obliczony dla każdej z faz dla okresu 10 min

$$THD_{UL1} = \sqrt{\sum_{h=2}^{13} (u_{hL1})^2}$$

$$THD_{UL2} = \sqrt{\sum_{h=2}^{13} (u_{hL2})^2}$$

$$THD_{UL3} = \sqrt{\sum_{h=2}^{13} (u_{hL3})^2}$$

$u_{hL1}, u_{hL2}, u_{hL3}$ wartość względna napięcia harmonicznego rzędu h w fazach L1, L2, L3 odniesiona do składowej podstawowej, uśredniona w czasie 10 min

h rząd harmonicznego (od 2 do 13)

$$F_h = \frac{U_{h,CP}}{U_{h,poziom\ dopuszczal.}} \Big|_{h=2,3,\dots,13}$$

$U_{h,CP}$ maksymalna wartość percentyla CP harmonicznego h . rzędu spośród trzech wartości wyznaczonych dla napięć fazowych zmierzonych w rozważanym punkcie sieci w czasie tygodnia. Wartość percentyla ustalana na etapie konfiguracji licznika AMI.

$U_{h, poziom\ dopuszczal.}$ poziom dopuszczalny harmonicznego h . rzędu zgodnie z rozporządzeniem systemowym [5] lub umową na dostawę energii elektrycznej. Wartość ustalana na etapie konfiguracji licznika AMI.

Ocena wskaźnika odkształcenia napięcia:

$$\Delta W_2 = \begin{cases} W_2 - 1 & \text{jeżeli } W_{THDU} \text{ lub } F_h (h = 2,3,\dots,13) > 1 \\ 0 & \text{jeżeli } W_{THDU} \text{ lub } F_h (h = 2,3,\dots,13) \leq 1 \end{cases}$$

2.4. W3 – wskaźnik asymetrii napięcia

Wartość wskaźnika asymetrii napięcia wyznaczana jest na podstawie 10-minutowych wartości średnich napięć zgodnie z PN EN 61000-4-30:2011P, klasa B w tygodniowym okresie trwania pomiarów.

$$W_3 = \frac{K_{CP95}^{(2)}}{K_{poziom\ dopuszczal.}^{(2)}}$$

gdzie

$K_{CP95}^{(2)}$ percentyl CP współczynnika asymetrii dla składowej przeciwnej zmierzony w rozważanym punkcie sieci w czasie tygodnia. Wartość percentyla ustalana na etapie konfiguracji licznika AMI.

$K_{\text{poziom dopuszczal}}^{(2)}$ poziom dopuszczalny współczynnika asymetrii zgodnie z rozporządzeniem systemowym [5] (2%) lub umową na dostawę energii elektrycznej. Wartość percentyla ustalana na etapie konfiguracji licznika AMI.

Ocena wskaźnika asymetrii napięcia:

$$\Delta W_3 = \begin{cases} W_3 - 1 & \text{jeżeli } W_3 > 1 \\ 0 & \text{jeżeli } W_3 \leq 1 \end{cases}$$

2.5. W_4 - wskaźnik wahań napięcia (P_{It})

$$W_4 = \frac{P_{It,CP95}}{P_{It,\text{poziom dopuszczal}}}$$

$P_{It,CP95}$ maksymalna wartość percentyla CP wskaźnika długookresowego migotania światła P_{It} spośród trzech wartości fazowych zmierzonych w rozważanym punkcie sieci w czasie tygodnia. Wartość percentyla ustalana na etapie konfiguracji licznika AMI.

$P_{It,\text{poziom dopuszczal}}$ poziom dopuszczalny wskaźnika P_{It} . Wartość ustalana na etapie konfiguracji licznika AMI.

Ocena wskaźnika wahań napięcia

$$\Delta W_4 = \begin{cases} W_4 - 1 & \text{jeżeli } W_4 > 1 \\ 0 & \text{jeżeli } W_4 \leq 1 \end{cases}$$

2.6. Całkowity wskaźnik jakości napięcia (CWJ_U)

Wskaźnik CWJ_U jest wyznaczany na podstawie względnych wartości miar liczbowych poszczególnych zaburzeń odniesionych do ich poziomów dopuszczalnych. Jeżeli wszystkie wskaźniki zaburzeń są mniejsze niż jeden, wskaźnik CWJ_U jest równy wartości maksymalnej ze zbioru wskaźników poszczególnych zaburzeń.

$$CWJ_U = \max(W_1, W_2, W_3, W_4)$$

Jeżeli jeden lub więcej wskaźników przekracza 1, CWJ_U jest równy 1 plus suma przekroczeń poziomów dopuszczalnych (ΔW). W przypadku, gdy N zaburzeń przekracza poziomy dopuszczalny, wartość CWJ_U jest równa:

$$CWJ_U = 1 + \sum_{i=2}^4 k_i \Delta W_i$$

Fakt, że szkodliwy wpływ zaburzeń na urządzenia klientów jest zależny od rodzaju zaburzenia i rodzaju odbiorników podlegających ich oddziaływaniu, może być uwzględniony poprzez współczynniki wagowe k_i odniesione do poszczególnych przekroczeń. Każdy współczynnik wagowy może przyjmować wartość z przedziału

od 0 do 1 i może być negocjowany pomiędzy dostawcą i odbiorcą energii. Wartość wskaźnika CWJ_U jest podstawą określenia klasy jakości napięcia w rozważanym punkcie pomiaru:

- klasy Z (zadowolającej, $CWJ_U \leq 0,95$)
- klasy NZ (niezadowolającej, $CWJ_U \geq 1$)
- klasy O (ostrzeżenie, CWJ_U zawarte w przedziale (0,95-1)).

3. Wymagania dotyczące zdarzeń

3.1. Licznik AMI powinien umożliwiać definiowanie na etapie konfiguracji:

- czasu agregacji pomiaru wartości skutecznej napięcia dla rejestracji zdarzeń w przedziale od 1 sekundy do 3 minut (z krokiem co 1 sekundę),
- co najmniej czterech progów wartości napięcia wyrażonych w procentach napięcia znamionowego U_N :
 - o próg 1 - wzrost napięcia ponad wartość 110% U_N ,
 - o próg 2 - obniżenie napięcia poniżej wartości 90% U_N ,
 - o próg 3 - obniżenie napięcia poniżej wartości 80% U_N ,
 - o próg 4 - obniżenie napięcia poniżej wartości odpowiadającej granicy pomiaru napięcia przez licznik AMI - określonej przez producenta ($X\% U_N$).

3.2. W przypadku przekroczenia progów podanych w punkcie 3.1 w dowolnej fazie licznik AMI rejestruje w dzienniku zdarzeń:

- o znacznik czasu zawierający rok, miesiąc, dzień, minutę i sekundę okna agregacji zdarzeń,
- o nr progów, którego wartość została przekroczona,
- o fazy napięcia, w których wystąpiło zdarzenie.

3.3. W pamięci nieulotnej licznika AMI powinno być przechowywane ostatnie 200 zdarzeń, wraz z informacją o całkowitej liczbie zdarzeń w okresie pomiarowym.

3.4. Licznik AMI wysyła do Systemu Centralnego aktualną liczbę zdarzeń z okresu pomiarowego zgodnie z punktem 1.8.

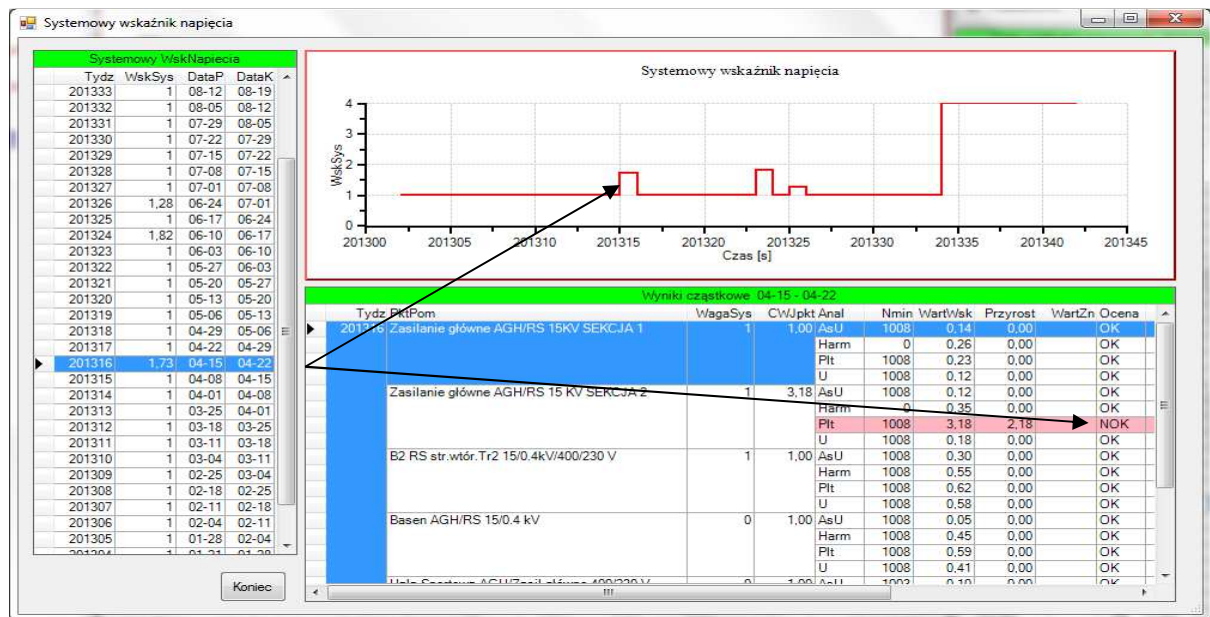
Literatura

1. Hanzelka Z.: Jakość dostawy energii elektrycznej. Zaburzenia wartości skutecznej napięcia, Wydawnictwo AGH, Kraków 2013
2. Hanzelka Z., Firlit A., Błajszczak G.: „Syntetyczne miary jakości napięcia”, Automatyka, Elektryka, Zakłócenia – INFOTECH 2011, ISBN 13 978-83-921711-8-8, str.118-126
3. Strona internetowa PKN – Polski Komitet Normalizacyjny
4. Rozporządzeniu Ministra Gospodarki z dnia 4 maja 2007r.w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego Dz. U. Nr 93Poz 623. z późniejszymi zmianami.

DODATEK 1

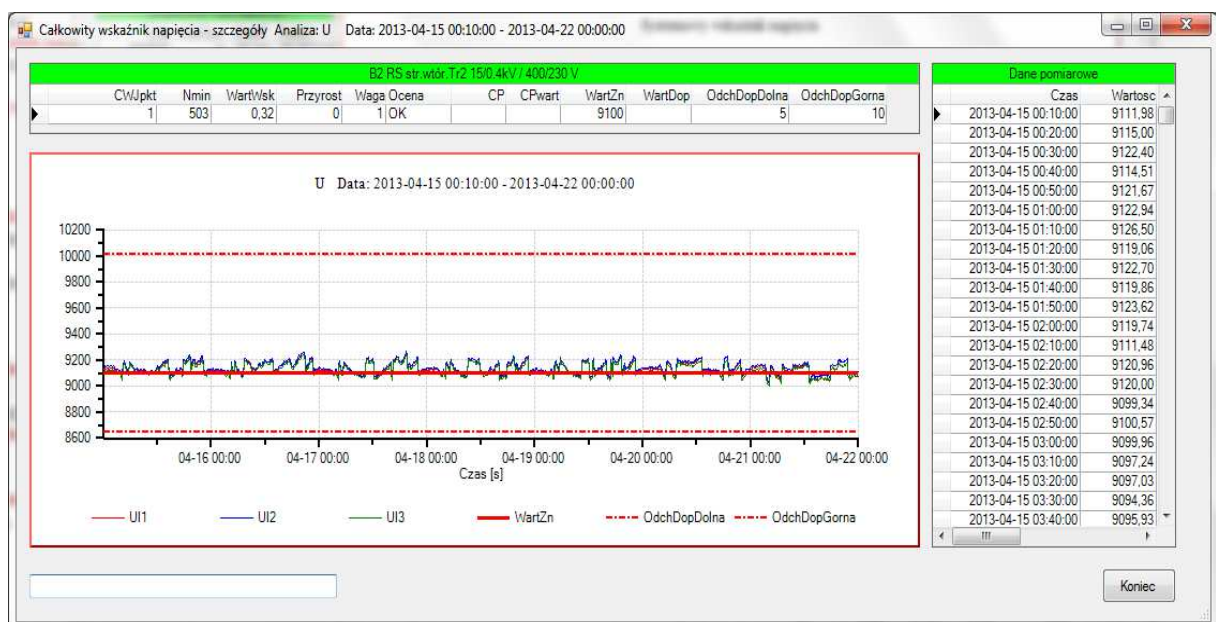
Przykład rejestracji wskaźników jakości energii elektrycznej w systemie oceny jakości energii AGH

Przykład dotyczy 16-go tygodnia 2013 roku w którym na zasilaniu głównym wystąpiło przekroczenie wskaźnika W5. Na rysunku 1 przedstawiono ekran główny aplikacji na którym prezentowane są wartości systemowego wskaźnika w kolejnych tygodniach roku oraz wykres jego zmian. Wybierając odpowiedni tydzień, w tabeli umieszczonej w prawym dolnym rogu pojawiają się dane szczegółowe (W1 – W4) dla każdego punktu pomiarowego. Klikając na przycisk znajdujący się w kolumnie *Ocena* uzyskujemy dane źródłowe oraz wykresy odpowiednich wielkości w zadanym tygodniu. Przedstawiono je na rysunkach 2-6.



Rys.1. Ekran główny aplikacji

W2 – wskaźnik wolnych zmian napięcia

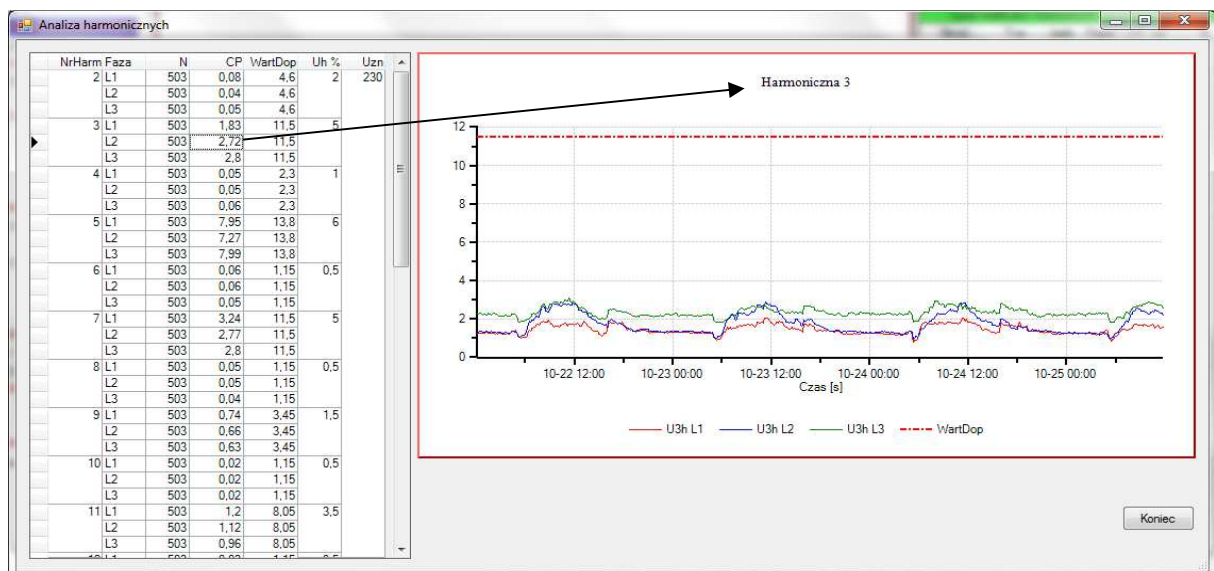


Rys.2. Przebiegi napięć dla zadanego tygodnia na podstawie których liczony był wskaźnik wolnych zmian napięcia

W3 – wskaźnik odkształcenia napięcia

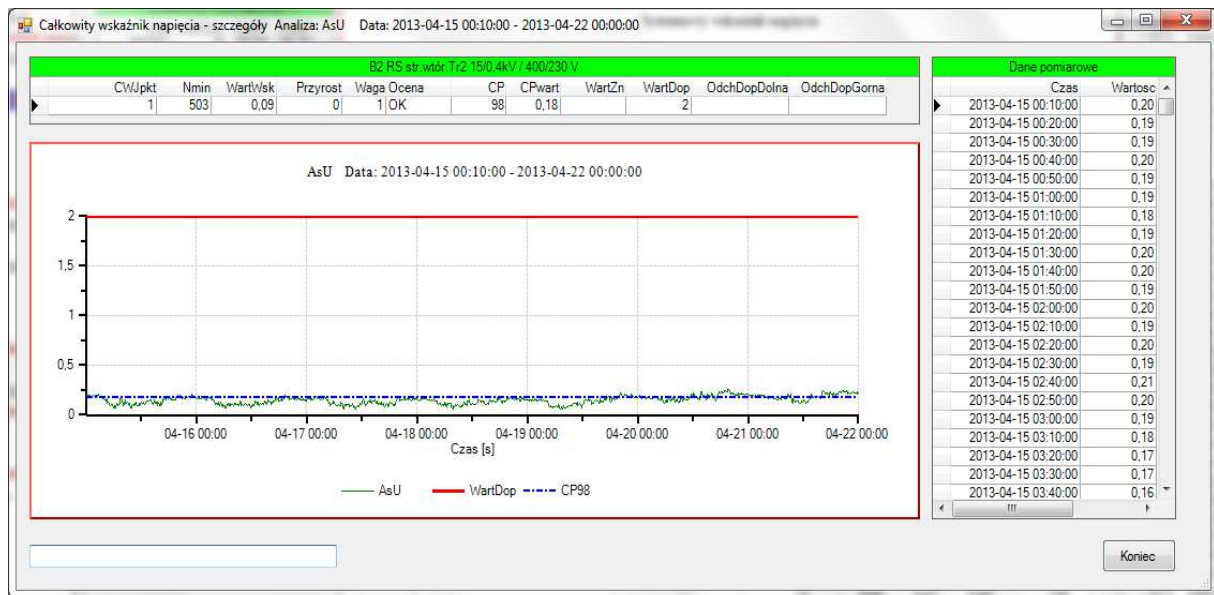


Rys.3. Przebiegi THD dla zadanego tygodnia na podstawie których liczony był wskaźnik odkształcenia napięcia.



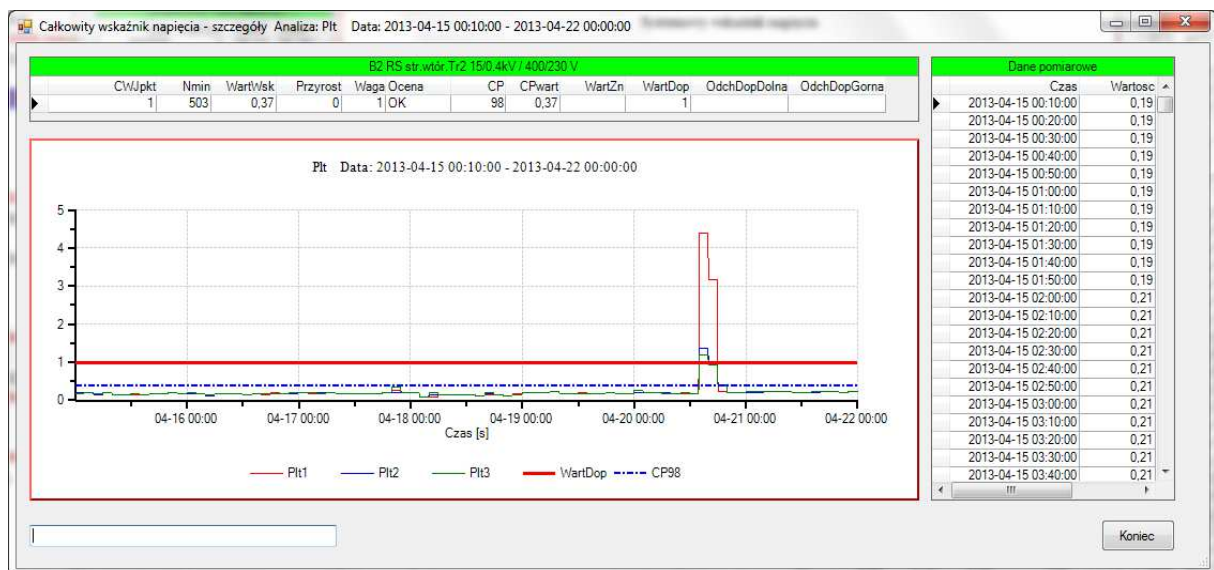
Rys.4. Przebiegi wskazanej w tabeli harmonicznej, dla zadanego tygodnia na podstawie których liczony był wskaźnik odkształcenia napięcia.

W4 – wskaźnik asymetrii napięcia



Rys.5. Przebiegi współczynnika asymetrii dla zadanego tygodnia na podstawie których liczony był wskaźnik asymetrii napięcia.

W5 – wskaźnik wahań napięcia



Rys.6. Przebiegi współczynnika migotania światła (Plt) dla zadanego tygodnia na podstawie których liczony był wskaźnik wahań napięcia.