

P. OTOMAŃSKI

Politechnika Poznańska

P. ZAZULA

Okręgowy Urząd Miar w Poznaniu

**Wyznaczanie budżetu niepewności
w pomiarach wybranych parametrów
jakości energii elektrycznej**

Seminarium SMART GRID

08 marca 2017, AGH - Kraków

Pomiar (zgodnie z VIM)

Proces doświadczalnego wyznaczenia jednej lub więcej wartości wielkości, które w zasadny sposób mogą być przyporządkowane wielkości.

Błąd pomiaru definiuje się jako wartość wielkości zmierzona minus wartość wielkości odniesienia. Istnieją ogólnie przyjęte liczbowe miary błędów:

➤ **błąd bezwzględny**

$$\Delta = W_o - W_r$$

➤ **błąd względny**

$$\delta = \frac{W_o - W_r}{W_r}$$

ZAPIS WYNIKU POMIARU

$$W = W_0 \pm \Delta$$

$$W = W_0 (1 \pm \delta)$$

Niepewność pomiaru (zgodnie z VIM)

Nieujemny parametr charakteryzujący rozproszenie wartości wielkości, przyporządkowany do menzurandu, obliczony na podstawie uzyskanej informacji

Niedokładność wyniku pomiaru

Według współczesnych zaleceń międzynarodowych organizacji metrologicznych należy konsekwentnie stosować poniższe oznaczenia:

Δ – błąd bezwzględny

Δ_{gr} – graniczny błąd bezwzględny,

δ – błąd względny,

u – niepewność standardowa bezwzględna,

u_C – złożona niepewność standardowa,

U – niepewność rozszerzona.

Niedokładność wyniku pomiaru

wg PN-EN 61000-4-30

Niepewność pomiaru – maksymalne spodziewane odchylenie pomiędzy wartością zmierzoną a rzeczywistą,

Oznaczenie – Δ , zwyczajowo zarezerwowane dla określenia błędu bezwzględnego

Niepewność rozszerzona wyniku pomiaru

Metoda typu A obliczania niepewności pomiaru

wyznaczanie wartości składowej niepewności pomiaru za pomocą statystycznej analizy wartości wielkości zmierzonych otrzymanych w zdefiniowanych warunkach pomiaru.

Metodę typu A obliczania niepewności standardowej stosuje się wtedy, gdy istnieje możliwość przeprowadzenia w identycznych warunkach pomiarowych wielu niezależnych obserwacji jednej z wielkości wejściowych. Jeżeli rozdzielczość procesu pomiarowego jest wystarczająca, otrzymane wyniki charakteryzuje zauważalny rozrzut.

Metoda typu A obliczania niepewności

$$u_A = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \overline{S_x}$$

Metoda typu B obliczania niepewności pomiaru – wyznaczanie wartości składowej niepewności pomiaru za pomocą środków innych niż metoda typu A wyznaczania niepewności pomiaru.

Obliczanie niepewności standardowej metodą typu B jest obliczaniem niepewności związanej z estymatą x_i wielkości wejściowej X_i inną metodą niż analiza statystyczna serii obserwacji. Niepewność standardowa $u(x_i)$ jest określana za pomocą analizy naukowej opartej na wszystkich dostępnych informacjach nt. możliwej zmienności X_i .

Metoda typu B obliczania niepewności

- związanej z autorytatywnymi opublikowanymi wartościami wielkości
- związanej z wartością wielkości certyfikowanego materiału odniesienia
- uzyskanej ze świadectwa wzorcowania
- otrzymanej z klasy dokładności legalizowanego przyrządu pomiarowego

Metoda typu B obliczania niepewności

Niepewność standardowa typu B jest równa odchyleniu standardowemu przyjętego rozkładu błędów aparaturowych. Przy przyjętym założeniu, że błędy aparatury mają rozkład jednostajny w granicach błędu granicznego

$$u_B = \frac{\Delta_g}{\sqrt{3}} = \sigma_J$$

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

$$U = k(\alpha) \cdot u_c$$

$$P(\bar{x} - U < \mu < \bar{x} + U) = 1 - \alpha$$

JAKOŚĆ ENERGII ELEKTRYCZNEJ:

charakterystyki energii elektrycznej w danym punkcie systemu elektroenergetycznego, oceniane na podstawie zbioru parametrów referencyjnych

Podstawowe parametry opisujące jakość energii elektrycznej

określa Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 04
maja 2007 r. W sprawie szczegółowych warunków
funkcjonowania systemu elektroenergetycznego

PN-EN 50160 Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach rozdzielczych

PN-EN 61000-4-7, Metody badań i pomiarów – Ogólny przewodnik dotyczący pomiarów harmoniczných i interharmoniczných oraz stosowanych do tego celu przyrządów pomiarowych dla sieci zasilających i przyłączonych do nich urządzeń.

PN-EN 61000-4-15, Miernik migotania światła, Specyfikacja funkcjonalna i projektowa.

PN-EN 61000-4-30, Metody badań i pomiarów, Metody pomiaru jakości energii.

Ocena jakości energii elektrycznej



Złożone zadanie pomiarowe wymagające systemu o odpowiednich właściwościach metrologicznych



System zawiera zestaw wybranych i zdefiniowanych miar jakości zaimplementowanych w układzie pomiarowym rejestrującym wyniki pomiarów

Zestawienie wielkości podlegających pomiarom:

1. częstotliwość napięcia f ,
2. wartość skuteczna napięcia U ,
3. wskaźnik krótkookresowego migotania światła P_{st} ,
4. składowe symetryczne kolejności zgodnej U_1 i przeciwnej U_2 ,
5. wartości skuteczne/amplitudy wybranych harmoniczných napięcia U_h ,
6. współczynnik odkształcenia napięcia THD ,
7. moc czynna P ,
8. współczynnik mocy $\text{tg } \varphi$.

Pomiary harmoniczných

- harmoniczná napięcia: napięcie sinusoidalne o częstotliwości równej całkowitej krotności częstotliwości podstawowej napięcia zasilającego. Harmoniczne napięcia mogą być określane:
 - indywidualnie, przez ich względną amplitudę (u_h) odniesioną do napięcia składowej podstawowej U_1 , gdzie h jest rzędem harmonicznęj,
 - łącznie, na przykład przez całkowity współczynnik odkształcenia harmonicznymi *THD*,
- interharmoniczná napięcia: napięcie sinusoidalne o częstotliwości zawartej pomiędzy harmonicznymi, tj. częstotliwości niebędącej całkowitą krotnością częstotliwości składowej podstawowej.

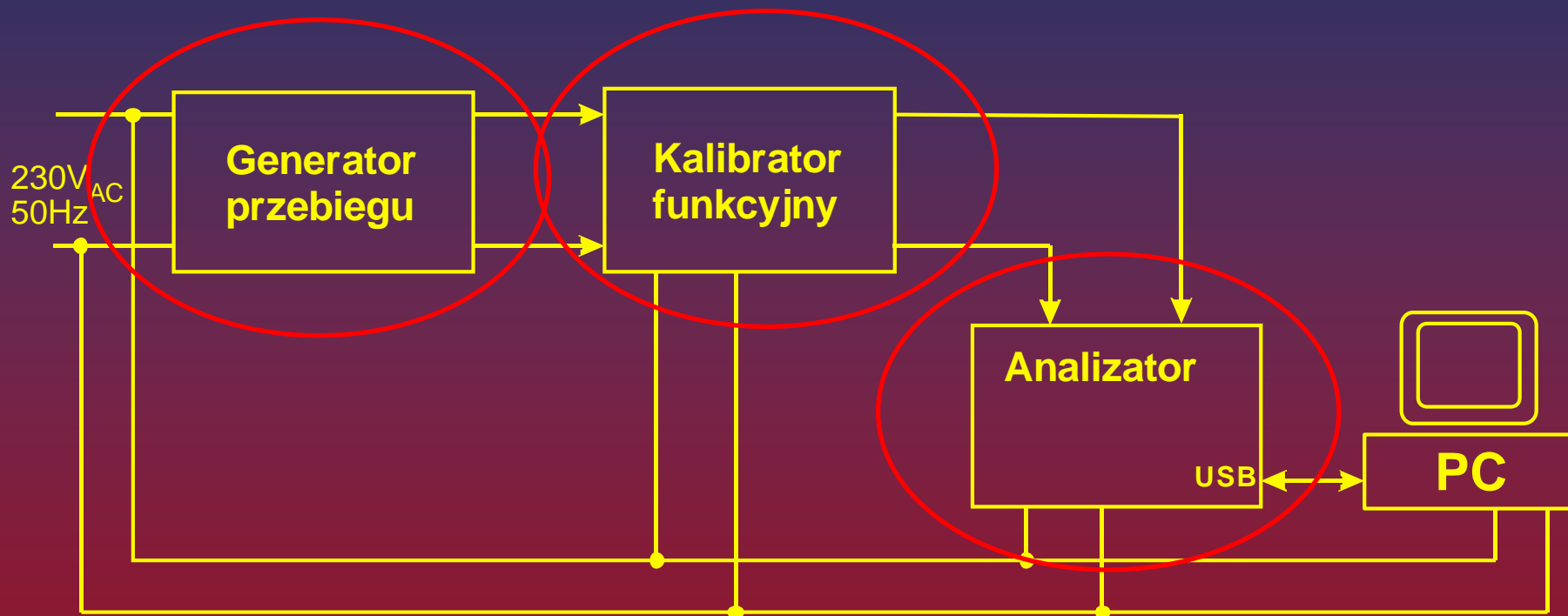
Współczynnik odkształcenia napięcia THD jest miarą zawartości wyższych harmonicznych w sygnale zgodnie z zależnością:

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (u_h)^2}$$

THD – współczynnik odkształcenia harmonicznymi napięcia zasilającego,

u_h – wartość względna napięcia w procentach składowej podstawowej,

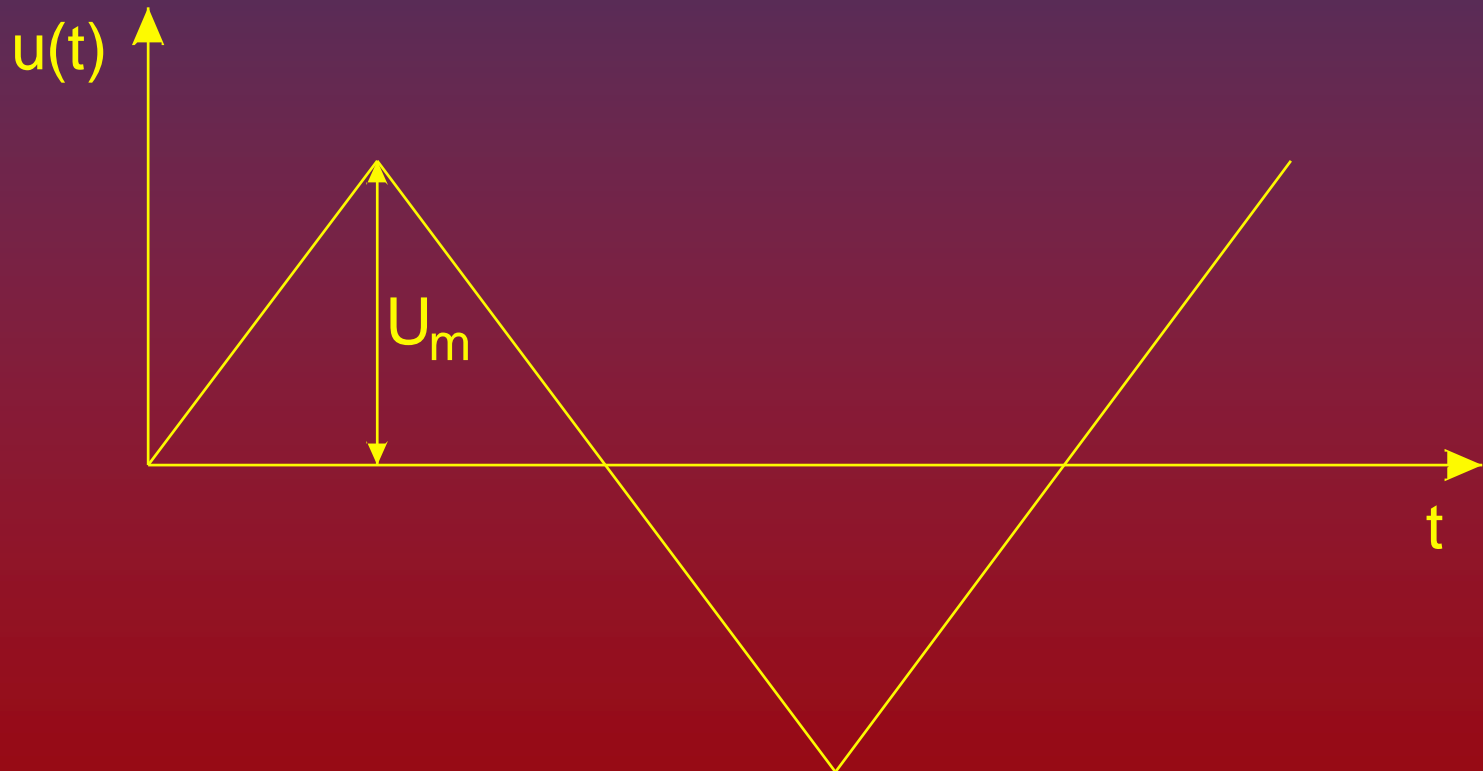
h – rząd wyższej harmonicznej



Schemat stanowiska pomiarowego do badań analizatorów

Sygnaly testowe

1. Sygnał testowy o kształcie trójkąta



Sygnaly testowe

$$u(t) = \frac{8 \cdot U_m}{\pi^2} \left(\sin \omega_0 t - \frac{1}{3^2} \sin 3\omega_0 t + \frac{1}{5^2} \sin 5\omega_0 t - \dots \right)$$

U_m – amplituda sygnału

T – okres sygnału testowego

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$$

Analizator PQ-Box 100

Rząd harmonicznej	Procentowa zawartość poszczególnych harmonicznych w sygnale odkształconym o THD = 12,114%			
	Wynik pomiaru	Wartość wielkości odniesienia	Błąd pomiaru	Niepewność pomiaru
	%	%	%	%
3	11,121	11,110	0,011	0,014
5	3,997	4,000	-0,003	
7	2,083	2,041	0,042	
9	1,232	1,235	-0,003	
11	0,842	0,826	0,016	
13	0,602	0,591	0,011	
15	0,471	0,444	0,027	
17	0,345	0,346	-0,001	
19	0,290	0,277	0,013	
21	0,237	0,227	0,010	
23	0,208	0,189	0,019	
25	0,164	0,160	0,004	
27	0,154	0,137	0,017	
29	0,134	0,119	0,015	
31	0,127	0,104	0,023	
33	0,092	0,092	0,000	
35	0,089	0,082	0,007	
37	0,079	0,073	0,006	
39	0,081	0,065	0,016	

Analizator PQ-Box 150

Rząd harmonicznej	Procentowa zawartość poszczególnych harmonicznych w sygnale odkształconym o THD = 12,114%			
	Wynik pomiaru	Wartość wielkości odniesienia	Błąd pomiaru	Niepewność pomiaru
	%	%	%	%
3	11,121	11,110	0,011	0,016
5	3,989	4,000	-0,011	
7	2,078	2,041	0,037	
9	1,227	1,235	-0,008	
11	0,834	0,827	0,007	
13	0,592	0,592	0,000	
15	0,463	0,444	0,019	
17	0,335	0,346	-0,011	
19	0,279	0,277	0,002	
21	0,228	0,227	0,001	
23	0,196	0,189	0,007	
25	0,153	0,160	-0,007	
27	0,145	0,137	0,008	
29	0,123	0,119	0,004	
31	0,115	0,104	0,011	
33	0,085	0,092	-0,007	
35	0,078	0,082	-0,004	
37	0,069	0,073	-0,004	
39	0,072	0,066	0,016	

Analizator PQM-702

Rząd harmonicznej	Procentowa zawartość poszczególnych harmonicznych w sygnale odkształconym o THD = 12,114%			
	Wynik pomiaru	Wartość wielkości odniesienia	Błąd pomiaru	Niepewność pomiaru
	%	%	%	%
3	11,130	11,110	0,020	0,013
5	3,982	4,000	-0,018	
7	2,074	2,041	0,033	
9	1,224	1,235	-0,011	
11	0,833	0,826	0,007	
13	0,592	0,591	0,001	
15	0,460	0,444	0,016	
17	0,335	0,346	-0,011	
19	0,280	0,277	0,003	
21	0,227	0,227	0,000	
23	0,197	0,189	0,008	
25	0,154	0,160	-0,006	
27	0,145	0,137	0,008	
29	0,123	0,119	0,004	
31	0,117	0,104	0,013	
33	0,083	0,092	-0,009	
35	0,080	0,082	-0,002	
37	0,068	0,073	-0,005	
39	0,071	0,065	0,006	

Sygnały testowe

2. Sygnał testowy – harmoniczna podstawowa oraz wybrana wyższa harmoniczna

Rząd harmonicznej	Pomiar THD Sygnał odkształcony jedną składową harmoniczną			
	Wynik pomiaru	Wartość wielkości odniesienia	Błąd pomiaru	Niepewność pomiaru
	%	%	%	%
2	7,98	8,00	-0,02	0,22
3	7,99	8,00	-0,01	
4	7,99	8,00	-0,01	
5	7,99	8,00	-0,01	

Sygnały testowe

3. Sygnał testowy – „czysta sinusoida”

Pomiar napięcia przemiennego dla $f = 50$ Hz			
Wynik pomiaru	Wartość wielkości odniesienia	Błąd pomiaru	Niepewność pomiaru
V	V	V	V
229,97	230,00	-0,03	0,15
399,99	400,00	-0,01	0,28

$$\Delta_{THD\ odk} = W_{zmTHD\ odk} - W_{odnTHD\ odk} + \delta\Delta_r\ odk - \delta D\ odk$$

$$\Delta_{THD\ sin} = W_{zmTHD\ sin} - W_{odnTHD\ sin} + \delta\Delta_r\ sin - \delta D\ sin$$

$$u_c^2(\Delta_{THD\ odk}) = c_1^2 \cdot u^2(W_{zmTHD\ odk} - W_{odnTHD\ odk}) + c_2^2 u^2(\delta\Delta_r\ odk) \\ + c_3^2 u^2(W_{zmTHD\ sin} - W_{odnTHD\ sin}) + c_4^2 u^2(\delta\Delta_r\ sin) + c_5^2 u^2(\delta D)$$

$$u_c^2(\Delta_{THD\ odk}) = u^2(W_{zmTHD\ odk} - W_{odnTHD\ odk}) + u^2(\delta\Delta_r\ odk) + u^2(W_{zmTHD\ sin} - W_{odnTHD\ sin}) \\ + u^2(\delta\Delta_r\ sin) + u^2(\delta D)$$

$$u(e_{THD}) = \sqrt{(W_{zmTHD \sin})^2 + u^2(W_{zmTHD \sin})}$$

$$u_c^2(\Delta_{THD \ odk}) = u^2(W_{zmTHD \ odk} - W_{odnTHD \ odk}) + u^2(\delta\Delta_r \ odk) + u^2(e_{THD}) + u^2(\delta\Delta_r \ sin) + u^2(\delta D)$$

$$u(\delta\Delta_r) = \frac{\Delta_r}{2\sqrt{3}}$$

Budżet niepewności dla sygnału z wybraną wyższą harmoniczną

Symbol wielkości	Estymata wielkości	Niepewność standardowa $u(x_i)$		Rozkład prawdopodob.	Współczynnik wrażliwości c_i		Udział w niepewności złożonej	
			V			V		V
$W_{zm} - W_{odn}$	-0,01	0,00019	V	Normalny	1	V	0,00019	V
e_{THD}	0	0,08960	V	Normalny	1	V	0,08960	V
$\delta\Delta_{r\ odk}$	0	0,00029	V	Prostokątny	1	V	0,00029	V
$\delta\Delta_r \sin$	0	0,00029	V	Prostokątny	1	V	0,00029	V
δD	0	0,06731	V	Prostokątny	-1	V	-0,06731	V
Δ_{THD}	-0,01	-		-	-		0,11207	V

Budżet niepewności

W opracowanym budżecie niepewności uwzględniono wszystkie niepewności składowe oszacowane metodą typu A oraz B, również te, których wartość oszacowano jako zero,

Uwzględnienie wszystkich składowych w budżecie niepewności pozwala na określenie, które niepewności składowe mają największy udział w niepewności złożonej,

Celem zapewnienia spójności pomiarowej wyniki wzorcowania zostały odniesione do wzorców odniesienia GUM:

- jednostki miary napięcia elektrycznego,
- państwowego wzorca jednostek miar czasu i częstotliwości.

Data/Czas 07:55:00 - 07:58:10

Data	Czas	THD1	THD2	THD3	'H3 UL1 [%	'H3 UL2 [%	'H3 UL3 [%	'H5 UL1 [%	'H5 UL2 [%	'H5 UL3 [%	'H7 UL1 [%	'H7 UL2 [%	'H7 UL3 [%	'H9 UL1 [%	'H9 UL2 [%	'H9 UL3 [%	'H11 UL1 [%
24.06.2016	07:55:00	12,15550	12,15540	12,15540	11,15050	11,15040	11,15040	3,99276	3,99277	3,99277	2,07878	2,07860	2,07871	1,23150	1,23146	1,23151	0,83405
24.06.2016	07:55:10	12,11280	12,11230	12,11250	11,10600	11,10560	11,10580	3,99028	3,99013	3,99020	2,07739	2,07731	2,07736	1,22471	1,22465	1,22470	0,83335
24.06.2016	07:55:20	12,14470	12,14490	12,14490	11,13970	11,14000	11,13990	3,99355	3,99344	3,99349	2,07679	2,07675	2,07680	1,22527	1,22523	1,22527	0,83306
24.06.2016	07:55:30	12,13380	12,13360	12,13370	11,12950	11,12940	11,12950	3,98829	3,98819	3,98824	2,07732	2,07722	2,07730	1,22606	1,22601	1,22606	0,83344
24.06.2016	07:55:40	12,13690	12,13660	12,13670	11,13310	11,13290	11,13300	3,98819	3,98798	3,98808	2,07777	2,07760	2,07770	1,22374	1,22364	1,22371	0,83331
24.06.2016	07:55:50	12,15080	12,15020	12,15050	11,14640	11,14590	11,14610	3,99304	3,99285	3,99294	2,07679	2,07677	2,07679	1,22588	1,22587	1,22590	0,83324
24.06.2016	07:56:00	12,11710	12,11710	12,11720	11,11040	11,11030	11,11040	3,99029	3,99031	3,99031	2,07811	2,07800	2,07807	1,22644	1,22639	1,22644	0,83397
24.06.2016	07:56:10	12,15060	12,15060	12,15060	11,14710	11,14710	11,14710	3,99039	3,99029	3,99034	2,07781	2,07773	2,07778	1,22442	1,22436	1,22441	0,83376
24.06.2016	07:56:20	12,10430	12,10380	12,10400	11,09710	11,09660	11,09680	3,98764	3,98742	3,98751	2,07588	2,07581	2,07587	1,23184	1,23183	1,23186	0,83478
24.06.2016	07:56:30	12,10060	12,10020	12,10040	11,09540	11,09510	11,09530	3,98179	3,98158	3,98166	2,07766	2,07748	2,07758	1,22735	1,22725	1,22734	0,83401
24.06.2016	07:56:40	12,10090	12,10050	12,10070	11,09510	11,09470	11,09490	3,98301	3,98278	3,98288	2,07699	2,07684	2,07693	1,23017	1,23010	1,23016	0,83461
24.06.2016	07:56:50	12,11250	12,11200	12,11220	11,10490	11,10430	11,10460	3,99264	3,99247	3,99254	2,07632	2,07631	2,07633	1,22596	1,22595	1,22597	0,83299
24.06.2016	07:57:00	12,15390	12,15380	12,15390	11,15010	11,15000	11,15010	3,99129	3,99126	3,99128	2,07802	2,07789	2,07797	1,22621	1,22616	1,22621	0,83397
24.06.2016	07:57:10	12,14910	12,14940	12,14940	11,14460	11,14500	11,14490	3,99084	3,99066	3,99075	2,07886	2,07877	2,07883	1,22882	1,22879	1,22884	0,83323
24.06.2016	07:57:20	12,15080	12,15100	12,15100	11,14700	11,14740	11,14730	3,98993	3,98977	3,98985	2,07832	2,07822	2,07829	1,22738	1,22735	1,22739	0,83332
24.06.2016	07:57:30	12,13200	12,13160	12,13180	11,12540	11,12510	11,12520	3,99383	3,99373	3,99378	2,07752	2,07745	2,07750	1,22608	1,22604	1,22607	0,83330
24.06.2016	07:57:40	12,10340	12,10300	12,10320	11,09790	11,09750	11,09770	3,98355	3,98335	3,98344	2,07762	2,07747	2,07755	1,22736	1,22729	1,22735	0,83390
24.06.2016	07:57:50	12,15020	12,15030	12,15030	11,14610	11,14630	11,14620	3,99222	3,99213	3,99217	2,07706	2,07699	2,07705	1,22533	1,22529	1,22533	0,83396
24.06.2016	07:58:00	12,13440	12,13420	12,13430	11,13240	11,13230	11,13230	3,98315	3,98308	3,98312	2,07592	2,07586	2,07590	1,22460	1,22454	1,22459	0,83341
24.06.2016	07:58:10	12,10900	12,10880	12,10890	11,10130	11,10120	11,10130	3,99178	3,99159	3,99168	2,07710	2,07698	2,07706	1,22541	1,22533	1,22539	0,83283

Data/Czas 07:55:00 - 07:58:10

Data	Czas	THD1	THD2	THD3	'H3 UL1 [%	'H3 UL2 [%	'H3 UL3 [%	'H5 UL1 [%	'H5 UL2 [%	'H5 UL3 [%	'H7 UL1 [%	'H7 UL2 [%	'H7 UL3 [%	'H9 UL1 [%	'H9 UL2 [%	'H9 UL3 [%	'H11 UL1 [%
24.06.2010	07:55:00	12,1550	12,1550	12,1550	11,1500	11,1500	11,1500	3,9930	3,9930	3,9930	2,0790	2,0790	2,0790	1,2310	1,2310	1,2320	0,8340
24.06.2010	07:55:10	12,1130	12,1120	12,1130	11,1060	11,1060	11,1060	3,9900	3,9900	3,9900	2,0770	2,0770	2,0770	1,2250	1,2250	1,2250	0,8330
24.06.2010	07:55:20	12,1450	12,1450	12,1450	11,1400	11,1400	11,1400	3,9940	3,9930	3,9930	2,0770	2,0770	2,0770	1,2250	1,2250	1,2250	0,8330
24.06.2010	07:55:30	12,1340	12,1340	12,1340	11,1300	11,1290	11,1290	3,9880	3,9880	3,9880	2,0770	2,0770	2,0770	1,2260	1,2260	1,2260	0,8330
24.06.2010	07:55:40	12,1370	12,1370	12,1370	11,1330	11,1330	11,1330	3,9880	3,9880	3,9880	2,0780	2,0780	2,0780	1,2240	1,2240	1,2240	0,8330
24.06.2010	07:55:50	12,1510	12,1500	12,1500	11,1460	11,1460	11,1460	3,9930	3,9930	3,9930	2,0770	2,0770	2,0770	1,2260	1,2260	1,2260	0,8330
24.06.2010	07:56:00	12,1170	12,1170	12,1170	11,1100	11,1100	11,1100	3,9900	3,9900	3,9900	2,0780	2,0780	2,0780	1,2260	1,2260	1,2260	0,8340
24.06.2010	07:56:10	12,1510	12,1510	12,1510	11,1470	11,1470	11,1470	3,9900	3,9900	3,9900	2,0780	2,0780	2,0780	1,2240	1,2240	1,2240	0,8340
24.06.2010	07:56:20	12,1040	12,1040	12,1040	11,0970	11,0970	11,0970	3,9880	3,9870	3,9880	2,0760	2,0760	2,0760	1,2320	1,2320	1,2320	0,8350
24.06.2010	07:56:30	12,1010	12,1000	12,1000	11,0950	11,0950	11,0950	3,9820	3,9820	3,9820	2,0780	2,0770	2,0780	1,2270	1,2270	1,2270	0,8340
24.06.2010	07:56:40	12,1010	12,1000	12,1010	11,0950	11,0950	11,0950	3,9830	3,9830	3,9830	2,0770	2,0770	2,0770	1,2300	1,2300	1,2300	0,8350
24.06.2010	07:56:50	12,1130	12,1120	12,1120	11,1050	11,1040	11,1050	3,9930	3,9920	3,9930	2,0760	2,0760	2,0760	1,2260	1,2260	1,2260	0,8330
24.06.2010	07:57:00	12,1540	12,1540	12,1540	11,1500	11,1500	11,1500	3,9910	3,9910	3,9910	2,0780	2,0780	2,0780	1,2260	1,2260	1,2260	0,8340
24.06.2010	07:57:10	12,1490	12,1490	12,1490	11,1450	11,1450	11,1450	3,9910	3,9910	3,9910	2,0790	2,0790	2,0790	1,2290	1,2290	1,2290	0,8330
24.06.2010	07:57:20	12,1510	12,1510	12,1510	11,1470	11,1470	11,1470	3,9900	3,9900	3,9900	2,0780	2,0780	2,0780	1,2270	1,2270	1,2270	0,8330
24.06.2010	07:57:30	12,1320	12,1320	12,1320	11,1250	11,1250	11,1250	3,9940	3,9940	3,9940	2,0780	2,0770	2,0770	1,2260	1,2260	1,2260	0,8330
24.06.2010	07:57:40	12,1030	12,1030	12,1030	11,0980	11,0980	11,0980	3,9840	3,9830	3,9830	2,0780	2,0770	2,0780	1,2270	1,2270	1,2270	0,8340
24.06.2010	07:57:50	12,1500	12,1500	12,1500	11,1460	11,1460	11,1460	3,9920	3,9920	3,9920	2,0770	2,0770	2,0770	1,2250	1,2250	1,2250	0,8340
24.06.2010	07:58:00	12,1340	12,1340	12,1340	11,1320	11,1320	11,1320	3,9830	3,9830	3,9830	2,0760	2,0760	2,0760	1,2250	1,2250	1,2250	0,8330
24.06.2010	07:58:10	12,1090	12,1090	12,1090	11,1010	11,1010	11,1010	3,9920	3,9920	3,9920	2,0770	2,0770	2,0770	1,2250	1,2250	1,2250	0,8330

Podsumowanie

Zaprezentowano złożoną tematykę dotyczącą pomiaru sygnałów odkształconych, w tym zawartości harmonicznych, poprzez wyznaczenie wartości współczynnika THD,

Przedstawiono zaprojektowane i skonstruowane stanowisko pomiarowe przeznaczone do badań analizatorów jakości energii elektrycznej,

Opisano szczegółowo poszczególne elementy tego stanowiska pomiarowego wraz z wynikami wzorcowania,

Zaprezentowano wyniki przeprowadzonych badań wartości skutecznej napięcia oraz współczynnika odkształceń THD z wykorzystaniem wybranych sygnałów testowych,

Przedstawiono wyznaczony budżet niepewności, uwzględniający wszystkie, zidentyfikowane niepewności składowe, na podstawie prawa propagacji niepewności.

Dziękuję za uwagę