

## Przemysław OTOMAŃSKI<sup>1</sup>, Przemysław ZAZULA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> POLITECHNIKA POZNAŃSKA, INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ, ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań

<sup>2</sup> OKRĘGOWY URZĄD MIAR W POZNANIU, PRACOWNIA POMIARÓW WIELKOŚCI ELEKTRYCZNYCH, ul. Krakowska 19, 61-893 Poznań

# Stanowisko pomiarowe do oceny właściwości metrologicznych analizatora jakości energii elektrycznej

Dr inż. Przemysław OTOMAŃSKI

Pracownik Zakładu Metrologii i Optoelektroniki Instytutu Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej. Główne obszary zainteresowań dotyczą zagadnień związanych z teorią pomiarów, w szczególności z oceną niepewności wyniku pomiaru, badaniem właściwości metrologicznych czujników i przetworników pomiarowych oraz badań w zakresie oceny jakości energii elektrycznej. Jest autorem lub współautorem ok. 120 publikacji.



e-mail: przemyslaw.otomanski@put.poznan.pl

Mgr inż. Przemysław ZAZULA

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej. Studia na kierunku Elektrotechnika ukończył w 1980 roku. Pracownik Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu, kierownik Pracowni Pomiarów Wielkości Elektrycznych – laboratorium akredytowane AP084. Główne obszary zainteresowań naukowych dotyczą tematyki szacowania niepewności w pomiarach związanych z oceną jakości energii elektrycznej oraz badaniem właściwości metrologicznych przetworników pomiarowych.



e-mail: elektrycznosc.oum.poznan@gum.gov.pl

### Streszczenie

Ocena jakości energii elektrycznej w sieciach elektroenergetycznych wykorzystuje zestaw wielkości normatywnych i uzupełniających. Wśród tych wielkości znajdują się dwie miary zawartości harmonicznych w napięciu: widmo amplitudowe, czyli zestaw wartości poszczególnych harmonicznych oraz współczynnik odkształcenia THD. W pracy zaprezentowano przykładowe wyniki badań wybranego analizatora jakości energii PQ-Box 100, przeprowadzone na zaprojektowanym i wykonanym stanowisku pomiarowym.

**Słowa kluczowe:** harmoniczne, analizator jakości energii elektrycznej, szereg Fouriera, niepewność pomiaru.

## The measuring system for evaluation of metrological properties of a power quality analyzer

### Abstract

The electric power quality evaluation in electrical power networks is a complex measuring task carried out with the use of a set of standard and complementary quantities. Among these quantities two measures of harmonic contents in voltage can be mentioned: spectrum amplitude and coefficient THD. The paper presents examples of the selected measurement results of the power quality analyzer – PQ-Box 100, realized on a design measuring position. The measuring position makes it possible to set selected test signals – periodic functions which enable the evaluation of the measuring accuracy of harmonic contents. The authors describe in detail particular elements of the measuring system together with the results of its calibration. The measuring system was constructed at the Electrical Quantities Measurement Laboratory, Regional Verification Office in Poznań. The measurement results were completed with a presentation of the uncertainty budgets. The authors of the present publication carried out a metrological analysis of the obtained measurement results, which made it possible to draw the final conclusions.

**Keywords:** harmonics, power quality analyzer, Fourier series, measurement uncertainty.

## 1. Wprowadzenie

Ocena jakości energii elektrycznej jest złożonym zadaniem pomiarowym. W procesie tym wykorzystuje się zarówno wielkości normatywne jak również uzupełniające, zawarte w dokumentach [1, 2]. Omówienie tych zagadnień można znaleźć również w innych pracach jednego z autorów, między innymi w [3-5]. Wśród zestawu wielkości oceniających jakość są miary zawartości harmonicznych w napięciu. Składową harmoniczną nazywamy każdą składową o częstotliwości będącej całkowitą krotnością częstotliwości podstawowej.

Harmoniczne mogą być scharakteryzowane:

- indywidualnie, poprzez ich względną amplitudę  $u_h$  porównywaną do napięcia składowej podstawowej  $U_1$ , gdzie  $h$  jest rzędem harmonicznym,

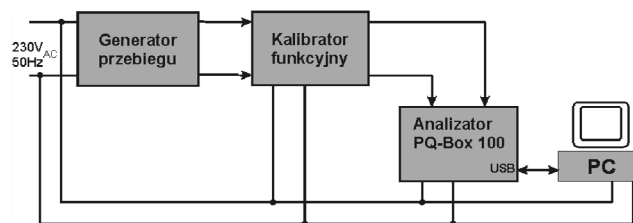
- łącznie, przez współczynnik odkształcenia harmonicznymi napięcia zasilającego THD, obliczanym wg wzoru (1):

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} (u_h)^2} \quad (1)$$

Współcześnie na rynku występuje szereg, różnorodnych układów pomiarowo-rejestrujących nazywanych analizatorami jakości energii elektrycznej. W niniejszej pracy przedstawiono uzyskane wyniki badań wybranego analizatora jakości energii elektrycznej PQ-Box 100, które przeprowadzono na zaprojektowanym i wykonanym stanowisku pomiarowym.

## 2. Stanowisko pomiarowe do badań analizatora jakości energii elektrycznej PQ-Box 100

Badania analizatora jakości energii elektrycznej przeprowadzono na skonstruowanym stanowisku pomiarowym, które przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do badań analizatora jakości energii elektrycznej PQ-Box 100

Fig. 1. Diagram of the measuring system for testing the power quality analyzer PQ-Box 100

W przedstawionym na rys. 1 stanowisku pomiarowym, generator przebiegu służy do zadawania określonego kształtu przebiegu i steruje pracą kalibratora funkcyjnego. Kalibrator generuje sygnał, o kształcie zadanym z generatora, o określonych wartościach skutecznych. Generator przebiegu, wykorzystany w pomiarach, został wywzorcowany w Głównym Urzędzie Miar, gdzie zweryfikowano jego dokładność.

Podana w świadectwie wzorcowania wartość granicznego błędu odtwarzania częstotliwości, łącznie z niepewnością jego wyznaczenia, dla przebiegu trójkątnego wynosi  $(198 \pm 68) \cdot 10^{-6}$  Hz. Kalibrator funkcyjny generuje sygnał napięciowy o zadanym z generatora funkcyjnego kształcie. Wartość błędu granicznego dla rozpatrywanych wartości sygnału wynosi  $\Delta = (0,042\% W_W + 0,005\% W_Z)$ , gdzie  $W_W$  oznacza wartość wskazaną, natomiast  $W_Z$  oznacza wartość zakresu pomiarowego. Przyjęte do badań sygnały

testowe, które zostaną opisane w dalszej części pracy, wymusiły zastosowanie dwóch różnych kalibratorów funkcyjnych. Tak wygenerowany sygnał jest następnie podawany na badany analizator. PQ-Box 100 jest profesjonalnym, trójfazowym przenośnym analizatorem, który umożliwia pomiar wielu różnorodnych parametrów takich jak: napięcie, prąd, częstotliwość, moc, energia, asymetria zasilania, tzw. „flicker”, harmoniczne, interharmoniczne i wiele innych.

Ze względu na czasochłonność przeprowadzonych badań oraz ramy niniejszej publikacji, weryfikacji poddano jedynie wybrane wielkości: wartość skuteczną napięcia oraz rozkład składowych harmonicznych.

Połączenie analizatora z komputerem klasy PC, poprzez interfejs USB 2.0, umożliwia przesłanie uzyskanych danych pomiarowych. Dołączone do analizatora oprogramowanie umożliwia szczegółową analizę zarejestrowanych wyników pomiarów, ich obróbkę statystyczną jak również wizualizację w postaci wykresów. Stanowisko pomiarowe zbudowano w Pracowni Pomiarów Wielkości Elektrycznych Okręgowego Urzędu Miar w Poznaniu. Parametry techniczne i pozostałe szczegółowe informacje na temat analizatora PQ-Box 100 znaleźć można w [6].

Jedną z funkcji testowych był sygnał okresowy, który można przedstawić w postaci szeregu Fouriera. Taki sygnał  $u(t)$  przedstawiono w postaci trygonometrycznego szeregu Fouriera, zgodnie z ogólnie znanymi zależnościami. Reprezentacja sygnału  $u(t)$ , w rozwinięciu funkcji w szereg Fouriera, odwołuje się do nieskończenie dużej ilości składników. W praktyce jest to niemożliwe. Dlatego wykorzystuje się skończoną liczbę składników. W praktyce pomiarowej układów elektroenergetycznych wykorzystuje się zazwyczaj pierwsze kilkadziesiąt składników. W tym konkretnym przypadku pomiary ograniczono do harmonicznej 40 rzędu, czyli zgodnie z dokumentem [1].

### 3. Wyniki badań analizatora PQ-Box 100

Wszystkie pomiary przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, dla wartości temperatury otoczenia zawartej w przedziale  $(22,5 \div 23,8)^\circ\text{C}$ , oraz wilgotności względnej w przedziale  $(37,3 \div 46,7)\%$ . Pomiary wykonano dla napięć we wszystkich trzech fazach, jednakże ze względu na powtarzalność wyników w pracy zaprezentowano wyniki dla wybranej fazy  $L_1$ .

Do oceny dokładności pomiaru wartości skutecznej napięcia oraz zawartości harmonicznych wybranym analizatorem jakości energii elektrycznej PQ-Box 100 wykorzystano trzy różne sygnały testowe.

1. Sygnał testowy „czysta sinusoida”, dla którego wartość oczekiwana zawartości harmonicznych wynosi zero. Poprawność wskazań badanego analizatora dla tego typu sygnału wymuszającego ma za zadanie sprawdzenia tzw. „zera” przyrządu.

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie wyników pomiarów badanego analizatora dla wymuszenia sinusoidalnym sygnałem testowym dla fazy  $L_1$ .

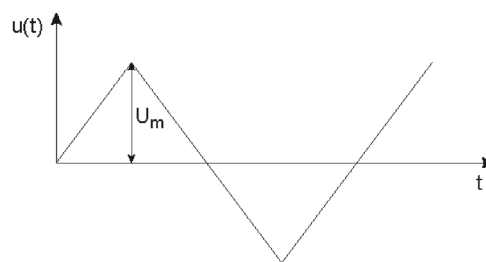
Tab. 1. Zestawienie wyników pomiarów dla sygnału sinusoidalnego  
Tab. 1. Measurement result for the sinusoidal function

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
399,91	400,00	-0,09	0,21

2. Sygnał testowy o kształcie trójkątnym, przedstawiony na rys. 2, którego rozwinięcie w szereg Fouriera przedstawiono zależnością (2):

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

gdzie:  $U_m$  oznacza amplitudę sygnału,  $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$ ,  $T$  – okres sygnału testowego.



Rys. 2. Trójkątna funkcja testująca  
Fig. 2. Triangular test function

W tabeli 2 zestawiono uzyskane przykładowe wyniki pomiarów, procentowej zawartości poszczególnych, nieparzystych harmonicznych w trójkątnym sygnale wymuszającym. Obliczona z wyrażenia (2) wartość współczynnika odkształcenia wynosi THD = 12,114%. Pomiary wykonano dla wybranej fazy  $L_1$  badanego analizatora.

Tab. 2. Zestawienie wyników pomiarów dla trójkątnej funkcji testującej  
Tab. 2. Measurement result for the triangular test function

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	
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	0,014
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	

3. Sygnał testowy złożony z sumy dwóch sygnałów: harmonicznej podstawowej oraz wybranej, wyższej harmonicznej. Harmoniczna podstawowa posiadała wartość skuteczną równą 230 V, natomiast wyższe harmoniczne wartość 18,4 V, co stanowi 8% wartości harmonicznej podstawowej. Wartość skuteczną takiego sygnału testowego wynosiła 230,7 V. Dla tego typu wymuszenia naprzemiennie podawano sygnał typu „czysta sinusoida” o takiej samej wartości skutecznej jaką miał sygnał testowy.

Przy szacowaniu niepewności pomiaru badanego przyrządu należy uwzględnić następujące czynniki:

- niepewność standardową pomiaru różnicy wyniku pomiaru i wartości wielkości odniesienia sygnału odkształconego  $W_{z-od} - W_{o-od}$ ,
- niepewność standardową pomiaru różnicy wyniku pomiaru i wartości wielkości odniesienia sygnału sinusoidalnego  $W_{z-sin} - W_{o-sin} = W_{z-sin}$ ,

- $\delta\Delta_{r-od}$  niepewność standardową pomiaru związaną z rozdzielczością wskazań badanego analizatora w trakcie pomiaru sygnału odkształconego,
- $\delta\Delta_{r-sin}$  niepewność standardową pomiaru związaną z rozdzielczością wskazań badanego analizatora w trakcie pomiaru sygnału sinusoidalnego.

Ponieważ wartość oczekiwana  $W_{z-sin}$  zawartości harmonicznycy w sygnale typu „czysta sinusoida” wynosi zero, dokonuje się randomizacji różnicy ( $W_{z-sin} - W_{o-sin}$ ) na zmienną losową  $e_{THD}$ , z niepewnością pomiaru  $u(e_{THD})$ , której wartość oczekiwana wynosi zero. Niepewność standardowa pomiaru przy założeniu rozkładu normalnego, według prawa propagacji niepewności dana jest zależnością (3):

$$u(e_{THD}) = \sqrt{(W_{z-sin})^2 + u^2(W_{z-sin})} \quad (3)$$

Tak wyznaczona niepewność związana jest z niestabilnością wskazań badanego analizatora dla sygnału typu „czysta sinusoida”. Złożona niepewność standardowa pomiaru  $\Delta_{THD}$  sygnału odkształconego wyraża się zależnością (4):

$$u_c^2(\Delta_{THD}) = u^2(W_{z-od} - W_{o-od}) + u^2(e_{THD}) + u^2(\delta\Delta_{r-od}) + u^2(\delta\Delta_{r-sin}) \quad (4)$$

gdzie:  $u(W_{z-od} - W_{o-od})$  jest niepewnością standardową pomiaru różnicy wartości wyniku pomiaru i wartości wielkości odniesienia sygnału odkształconego,  $u(\delta\Delta_{r-od})$  jest niepewnością standardową pomiaru związaną z rozdzielczością wskazań przyrządu pomiarowego w trakcie pomiaru sygnału odkształconego,  $u(\delta\Delta_{r-sin})$  jest niepewnością standardową pomiaru związaną z rozdzielczością wskazań przyrządu pomiarowego w trakcie pomiaru sygnału sinusoidalnego.

Ostatnie dwie niepewności, przy założeniu rozkładu prostokątnego, można wyznaczyć ze wzoru (5):

$$u(\delta\Delta_r) = \frac{\Delta_r}{2\sqrt{3}} \quad (5)$$

gdzie  $\Delta_r$  - określa wartość odpowiadającą ostatniej wskazanej cyfrze badanego analizatora.

Wszystkie, wymienione powyżej składowe niepewności rozszerzonej zostały wyznaczone i uwzględnione w końcowym budżecie niepewności.

W tabeli 3 zaprezentowano przykładowe wyniki badań dla sygnału testowego, odkształconego jedną składową harmoniczną. Podobnie jak w przypadku pozostałych sygnałów wymuszających, ze względu na powtarzalność wyników, przedstawione wyniki odnoszą się do fazy  $L_1$  analizatora.

Wszystkie pomiary były wielokrotnie powtarzane, minimum 10 krotnie, celem określenia występowania rozrzutu wyników pomiarów, oraz wyeliminowania ewentualnych błędów nadmiernych.

Tab. 3. Zestawienie wyników pomiarów dla sygnału z jedną harmoniczną  
Tab. 3. Measurement result for the signal with a single harmonic

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	0,19
3	7,99	8,00	-0,01	
4	7,99	8,00	-0,01	
5	7,99	8,00	-0,01	
5	7,99	8,00	-0,01	

Końcowy wynik pomiaru jest kompletny tylko wówczas, kiedy zawiera zarówno wartość wielkości mierzonej, jak również niepewność wyniku pomiaru, związaną z tą wartością. Zgodnie z dokumentem [7] niepewność pomiaru jest to nieujemny parametr charakteryzujący rozproszenie wartości wielkości przyporządkowany do menzurandu, obliczony na podstawie uzyskanej informacji. Zwykle niepewność pomiaru obejmuje wiele składników. Wartości niektórych z nich mogą być wyznaczone metodą typu A wyznaczania niepewności pomiaru, która polega na wyznaczeniu wartości składowej niepewności pomiaru za pomocą statystycznej analizy wartości wielkości zmierzonych otrzymanych w zdefiniowanych warunkach pomiaru. Inne składniki, których wartości mogą być wyznaczone metodą typu B wyznaczania niepewności pomiaru, mogą być scharakteryzowane za pomocą odchylenia standardowego, wyznaczonego na podstawie funkcji gęstości prawdopodobieństwa opartej na doświadczeniu lub innej informacji [8].

Niepewność rozszerzona wyniku pomiaru została wyznaczona zgodnie z zaleceniami zawartymi w dokumencie [9]. Jej wartość wyznaczono na podstawie prawa propagacji niepewności, przy czym w analizie uwzględniono rozrzut wyników pomiarów, rozdzielczość przyrządu pomiarowego, odchylenie pomiarowe po randomizacji, jak również niedokładności kalibratorów oraz generatora przebiegu.

Podane wartości niepewności stanowią niepewność rozszerzoną przy założonym poziomie ufności ok. 95 % i współczynniku rozszerzenia  $k = 2$ .

W opracowanym budżecie niepewności uwzględniono wszystkie, zidentyfikowane niepewności składowe oszacowane metodą typu A oraz B, również te, których wartość oszacowano jako zero. Taka informacja oznacza, że określony składnik niepewności był analizowany, a przyjęcie jego zerowej wartości jest uzasadnione warunkami pomiaru [10].

Uwzględnienie wszystkich składowych w budżecie niepewności pozwoliło na określenie, które niepewności składowe mają największy udział w niepewności złożonej, a zatem wskazanie kierunków doskonalenia pomiaru, które będą prowadzić do istotnego zmniejszenia niepewności złożonej.

Celem zapewnienia spójności pomiarowej wyniki wzorcowania zostały odniesione do wzorców odniesienia Głównego Urzędu Miar:

- jednostki miary napięcia elektrycznego poprzez zastosowanie kalibratorów,
- państwowego wzorca jednostek miar czasu i częstotliwości utrzymywanego w GUM poprzez zastosowanie generatora częstotliwości.

We wszystkich pomiarach błędy pomiaru wyznaczono jako różnicę pomiędzy wynikiem pomiaru a wartością wielkości odniesienia.

#### 4. Podsumowanie

W pracy podjęto próbę zaprezentowania złożonej tematyki dotyczącej pomiaru sygnałów odkształconych, w tym zawartości harmonicznycy poprzez wyznaczenie wartości współczynnika odkształcenia THD.

Przedstawiono zaprojektowane i skonstruowane stanowisko pomiarowe przeznaczone do badań układu pomiarowo – rozliczeniowego, przeznaczonego do oceny jakości energii elektrycznej.

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

Na zaprojektowanym stanowisku pomiarowym przeprowadzono szereg badań wartości skutecznej napięcia oraz współczynnika odkształcenia THD, z wykorzystaniem wybranych sygnałów testowych. Umożliwiło to ocenę dokładności działania trójfazowego analizatora jakości energii elektrycznej PQ-Box 100. Badania przeprowadzono dla wszystkich trzech faz. Zgodnie z dokumentem [6] badany analizator jakości energii elektrycznej jest zaliczony do tzw. klasy pomiarowej A. W normie [2] określono dopuszczalne zakresy zmian mierzonych parametrów, ażeby dany

analizator mógł być zaliczony do tej klasy pomiarowej. Przeprowadzona analiza metrologiczna uzyskanych wyników pomiarów pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków końcowych: wyznaczone wartości niepewności pomiarów dla przykładowych sygnałów testowych analizatora PQ-Box 100 są mniejsze niż wartości niepewności deklarowane przez producenta, określone w dokumencie [2].

## 5. Literatura

- [1] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 04.05.2007 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego.
- [2] PN-EN 61000-4-30, Metody badań i pomiarów, Metody pomiaru jakości energii.
- [3] Otomański P.: The application of the Power Quality Analyser to determine of parameters describing electric power quality, Proceedings 6th International Conference on Measurement – MEASUREMENT 2007, pp. 288 - 291, May 20- 24, Smolenice, Slovakia, 2007.
- [4] Otomański P.: Wykorzystanie szeregu Fouriera do określenia dokładności pomiaru zawartości harmoniczných, Pomiary Automatyka Kontrola nr 12/2007, str.88-90, 2007.
- [5] Otomański P.: Wpływ wartości skutecznej sygnału wymuszającego na błąd pomiaru harmoniczných, Proceedings XIII Scientific Conference Komputer Applications in Electrical Engineering, pp.253-254, April 14-16, Poznań, 2008.
- [6] Analizator jakości energii PQ-Box 100 – instrukcja obsługi, A. Eberle GmbH & Co., 2008.
- [7] International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 2008 JCGM 200:2008.
- [8] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement 2008 JCGM 100:2008.
- [9] EA-4/02 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration European co-operation for Accreditation, 1999.
- [10] Skubis T.: Podstawy metrologicznej interpretacji wyników pomiarów, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2004.

otrzymano / received: 25.05.2014

przyjęto do druku / accepted: 01.07.2014

artykuł recenzowany / revised paper

## INFORMACJE

### Informacje dla Autorów

Redakcja przyjmuje do publikacji tylko prace oryginalne, nie publikowane wcześniej w innych czasopismach. Redakcja nie zwraca materiałów nie zamówionych oraz zastrzega sobie prawo redagowania i skracania tekstów oraz streszczeń.

Artykuły naukowe publikowane w czasopiśmie PAK są formatowane jednolicie zgodnie z ustaloną formatką zamieszczoną na stronie redakcyjnej [www.pak.info.pl](http://www.pak.info.pl). Dlatego artykuły przekazywane redakcji należy przygotowywać w edytorze Microsoft Word 2003 (w formacie DOC) z zachowaniem:

- wielkości czcionek,
- odstępów między wierszami tekstu,
- odstępów przed i po rysunkach, wzorach i tabelach,
- oznaczeń we wzorach, tabelach i na rysunkach zgodnych z oznaczeniami w tekście,
- układu poszczególnych elementów na stronie.

Osobno należy przygotować w pliku w formacie DOC notki biograficzne autorów o objętości nie przekraczającej 450 znaków, zawierające podstawowe dane charakteryzujące działalność naukową, tytuły naukowe i zawodowe, miejsce pracy i zajmowane stanowiska, informacje o uprawianej dziedzinie, adres e-mail oraz aktualne zdjęcie autora o rozmiarze 3,8 x 2,7 cm zapisane w skali odcieni szarości lub dołączone w osobnym pliku (w formacie TIF).

Wszystkie materiały:

- artykuł (w formacie DOC),
- notki biograficzne autorów (w formacie DOC),
- zdjęcia i rysunki (w formacie TIF lub CDR),

prosimy przysyłać w formie plików oraz dodatkowo jako wydruki na białym papierze (lub w formacie PDF) na adres e-mail: [wydawnictwo@pak.info.pl](mailto:wydawnictwo@pak.info.pl) lub pocztą zwykłą, na adres: Redakcja Czasopisma Pomiary Automatyka Kontrola, Asystent Redaktora Naczelnego mgr Agnieszka Skórkowska, ul. Akademicka 10, p.21A, 44-100 Gliwice.

Wszystkie artykuły naukowe są dopuszczane do publikacji w czasopiśmie PAK po otrzymaniu pozytywnej recenzji. Autorzy materiałów nadesłanych do publikacji są odpowiedzialni za przestrzeganie prawa autorskiego. Zarówno treść pracy, jak i wykorzystane w niej ilustracje oraz tabele powinny stanowić dorobek własny Autora lub muszą być opisane zgodnie z zasadami cytowania, z powołaniem się na źródło cytatu.

Przedrukowywanie materiałów lub ich fragmentów wymaga pisemnej zgody redakcji. Redakcja ma prawo do korzystania z utworu, rozporządzania nim i udostępniania dowolną techniką, w tym też elektroniczną oraz ma prawo do rozpowszechniania go dowolnymi kanałami dystrybucyjnymi.