

Marian KAMPIK, Michał GRZENIK, Krzysztof MUSIOŁ
POLITECHNIKA ŚLĄSKA, INSTYTUT METROLOGII ELEKTRONIKI I AUTOMATYKI
ul. Akademicka 10, 44-100 Gliwice

Wzorce napięcia przemiennego o liczalnej różnicy transferowej w paśmie częstotliwości 10 kHz - 1 MHz

Dr hab. inż. Marian KAMPIK

Profesor nadzwyczajny w Instytucie Metrologii Elektroniki i Automatyki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej, Autor lub współautor ponad 100 publikacji naukowo-technicznych, w tym trzech monografii. Jego zainteresowania naukowe obejmują dokładne pomiary wielkości elektrycznych, sensorykę oraz zagadnienia związane z cyfrową syntezą sygnałów pomiarowych.



e-mail: marian.kampik@polsl.pl

Dr inż. Krzysztof MUSIOŁ

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Studia na kierunku Elektrotechnika, specjalność Automatyka i Metrologia Elektrotechniczna ukończył w roku 2002. W roku 2007 na Politechnice Śląskiej w Gliwicach uzyskał tytuł doktora nauk technicznych z dyscypliny elektrotechnika i został zatrudniony na stanowisku adiunkta w ww. Instytucie. Zainteresowania naukowe dotyczą precyzyjnych układów do pomiarów składowych impedancji.



e-mail: krzysztof.musiol@polsl.pl

Mgr inż. Michał Grzenik

Ukończył studia na Wydziale Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej w 2010 roku. W tym samym roku rozpoczął studia doktoranckie w Instytucie Metrologii Elektroniki i Automatyki. Jego zainteresowania naukowe obejmują dokładne pomiary wielkości elektrycznych oraz źródła błędów występujące w termicznych przetwornikach wartości skutecznej.



e-mail: michal.grzenik@polsl.pl

Keywords: AC voltage standard, AC-DC transfer, thermal voltage converters.

1. Wstęp

Wzrastające wymagania odnośnie dokładności pomiarów napięcia przemiennego oraz niedostępność krajowego wzorca pierwotnego napięcia przemiennego o liczalnej różnicy transferowej w paśmie 10 kHz – 1 MHz sprawiają, iż celowe jest opracowanie takiego wzorca.

W zakresie częstotliwości od 10 kHz do 1 MHz najdokładniejszą metodą odtwarzania wzorcowej wartości skutecznej napięcia przemiennego jest transfer AC-DC, wykorzystujący termiczne przetworniki wartości skutecznej (TPWS).

W niniejszej pracy przedstawione są właściwości metrologiczne trzech pierwotnych wzorców napięcia przemiennego o nominalnych napięciach wejściowych równych $U_N = 1,5 \text{ V}$; 3 V oraz 6 V . Napięcia wejściowe poszczególnych wzorców zostały tak dobrane, aby za pomocą tych trzech wzorców możliwe było odtworzenie wzorcowej wartości skutecznej napięcia przemiennego w zakresie napięcia od około 0,7 do 6 V oraz aby umożliwić komparację wzorca o $U_N = 1,5 \text{ V}$ ze wzorcem o $U_N = 3 \text{ V}$ oraz wzorca o $U_N = 3 \text{ V}$ ze wzorcem o $U_N = 6 \text{ V}$.

Streszczenie

W artykule zaprezentowano konstrukcję oraz podstawowe parametry metrologiczne trzech wzorców napięcia przemiennego o liczalnej różnicy transferowej w paśmie częstotliwości 10 kHz - 1 MHz. Artykuł zawiera między innymi obliczone w oparciu o model matematyczny wartości różnic transferowych wzorców oraz niepewności ich wyznaczenia. Ponadto w pracy opisano schemat komparacji wzorców oraz teoretyczne wyniki tej komparacji.

Słowa kluczowe: wzorce napięcia przemiennego, transfer AC-DC, termiczne przetworniki wartości skutecznej.

AC voltage standards with calculable AC-DC transfer difference in frequency range from 10 kHz to 1 MHz

Abstract

The paper presents construction and basic metrological parameters of AC voltage standards with calculable AC-DC transfer difference in the frequency range from 10 kHz to 1 MHz. Three standards cover the AC voltage range from approximately 0.7 to 6 V. Each standard is composed of a series range resistor and a single junction thermal converter (SJTC). The range resistor is made from thin resistive wire and mounted, together with the SJTC, in a coaxial copper-brass enclosure shown in Fig.1. The construction of each standard is similar to those presented in [1]. The nominal values of construction and material parameters, common for all the three standards, are listed in Table 2. The AC-DC transfer difference, given by Eq.3, was calculated using the theoretical model presented in [2], however in the calculations presented in this paper the influence of the Tee-connector was included. In Section 4 the standard uncertainty of the calculated AC-DC differences is estimated according to [3]. The relation between the calculated AC-DC differences and the frequencies of all the three standards, together with the estimated uncertainties are given in Tables 3 - 5. In Section 5 a method for verification of the calculated AC-DC transfer differences is described: the 1.5 V standard will be directly compared with the 3 V standard, and the 3 V standard will be compared with the 6 V standard. The result of such comparisons - the differences of the AC-DC transfer differences of the compared standards were theoretically calculated. They are listed in Table 6.

2. Konstrukcja wzorców

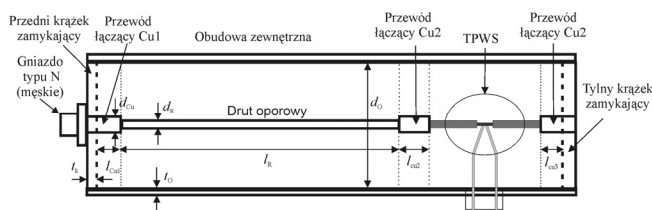
We wzorcach zastosowano jednozłączowe TPWS wyselekcjonowane pod względem minimalnego błędu rewersji. Zaletą tych przetworników jest ich relatywnie nieskomplikowana geometria, ułatwiająca opracowanie modelu matematycznego. Najlepsze parametry metrologiczne posiadają jednozłączowe TPWS o rezystancji grzejnika $R_H = 90 \ \Omega$ i nominalnym prądzie wejściowym $I_N = 5 \text{ mA}$ (w przetwornikach tych wpływ odwracalnych zjawisk termoelektrycznych jest najmniejszy). Nominalne napięcie wejściowe takich przetworników jest równe $U_N = 0,5 \text{ V}$. W celu zwiększenia napięcia wejściowego TPWS zastosowano rezystor, połączony szeregowo z grzejnikiem, nazywany rezystorem szeregowym lub zakresowym. Rezystory zakresowe każdego ze wzorców wykonano z cienkich drutów oporowych o różnych średnicach. Parametry zastosowanych w wzorcach rezystorów szeregowych zestawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Parametry rezystorów zakresowych wykorzystanych w wzorcach
Tab. 1. Parameters of range resistors used in the AC voltage standards

U_N	Rezystancja rezystora szeregowego	Długość drutu oporowego l_R	Średnica drutu oporowego d_R
1,5V	210 Ω	78 mm	25 μm
3V	510 Ω	190 mm	25 μm
6V	1110 Ω	130 mm	14 μm

Rezystory zakresowe zostały umieszczone wraz z TPWS we wspólnej współosiowej obudowie. Takie rozwiązanie zmniejsza gabaryty wzorca i minimalizuje bezwzględną wartość jego różnicy transferowej oraz niepewność jej wyznaczenia (m.in. ze względu na wyeliminowanie złącza, łączącego rezystor zakresowy z TPWS). Obudowa została wykonana z miedzianej rury zakończonej z dwóch stron miedzianymi krążkami. W jednym z krążków umieszczone jest gniazdo typu N, do którego doprowadzone jest napięcie wejściowe. Przetwornik z rezystorem szeregowym jest umieszczony w podłużnej osi symetrii obudowy, co bardzo ułatwia opracowanie modelu matematycznego wzorca. Przekrój poprzeczny wzorca przedstawiono na rysunku 1. Jego konstrukcja jest zbliżona do konstrukcji wzorca opisanej w [1], jednak model matematyczny i fizyczny przedstawiony w niniejszej pracy został rozbudowany między innymi o następujące elementy:

- 1) na podstawie przeprowadzonej analizy teoretycznej podjęto decyzję o zastosowaniu pokrycia galwanicznego obudowy wzorca, charakteryzującego się dużą przewodnością elektryczną i dużą stabilnością parametrów fizykochemicznych,
- 2) udoskonalono model matematyczny wzorca, wykorzystując w nim funkcje Bessela i ich przybliżenia w miejsce nieciągłych funkcji elementarnych,
- 3) połączenia lutowane o impedancji zależnej od częstotliwości, zastosowane we wzorcu opisanym w [1] zostały zastąpione połączeniami zgrzewanymi.



Rys. 1. Przekrój poprzeczny wzorca napięcia przemiennego
Fig. 1. Cross-sectional view of the AC voltage standard

Nominalne wartości parametrów konstrukcyjno-materiałowych, wspólnych dla wszystkich trzech wzorców, zestawiono w tab. 2.

Tab. 2. Nominalne wartości parametrów konstrukcyjno-materiałowych wzorca.
Tab. 2. The nominal values of construction and material parameters

Parametr	Oznaczenie	Wartość	Przyjęty błąd graniczny
Długość przewodu Cu ₁	l_{Cu1}	8 mm	± 1 mm
Długość przewodu Cu ₂	l_{Cu2}	8 mm	± 1 mm
Długość przewodu Cu ₃	l_{Cu3}	5 mm	± 1 mm
Średnica przewodów Cu _x	d_{Cu}	2,0 mm	$\pm 0,1$ mm
Wewnętrzna średnica obudowy	d_0	60,0 mm	$\pm 0,2$ mm
Grubość ścianek obudowy	t_0	2,0 mm	$\pm 0,3$ mm
Przewodność obudowy	σ_0	$4,9 \cdot 10^7$ S/m	$\pm 0,4 \cdot 10^7$ S/m
Rezystywność drutu oporowego	ρ_R	$1,32 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot m$	zależy od średnicy drutu

3. Różnica transferowa wzorca

Podstawowym parametrem metrologicznym charakteryzującym termiczny wzorec napięcia przemiennego jest różnica transferowa:

$$\delta_u = \frac{U_{AC} - U_{DC}}{U_{DC}} \Big|_{P_{AC} = P_{DC}}, \quad (1)$$

gdzie: U_{AC} – wartość skuteczna napięcia przemiennego, U_{DC} – wartość wzorcowego napięcia stałego, P_{AC} oraz

P_{DC} – wartości mocy Joule'a, wydzielanych na grzejniku przetwornika po podaniu na jego zaciski napięcia odpowiednio: U_{AC} oraz U_{DC} .

Na różnicę transferową każdego ze wzorców wpływają parametry resztkowe jego wszystkich elementów składowych (m.in. złącza, obudowy, rezystora zakresowego, TPWS). W [2] przedstawiono model matematyczny, umożliwiający wyznaczenie różnicy transferowej wzorca w zależności od jego wymiarów geometrycznych oraz stałych materiałowych. W modelu tym dokonano podziału wzorca na jedenaście obszarów. Każdy z tych obszarów został zamodelowany niezależnie od pozostałych przy pomocy czwórników opisanych macierzami łańcuchowymi. Sposób w jaki opracowano model pozwala na łatwe rozszerzenie modelu o dodatkowe elementy (obszary). Macierz łańcuchowa opisująca cały wzorec ma postać:

$$\mathbf{A}_t = \begin{bmatrix} A_t & B_t \\ C_t & D_t \end{bmatrix} = \prod_1^{11} \mathbf{A}_i, \quad (2)$$

gdzie \mathbf{A}_i jest macierzą łańcuchową opisującą pojedynczy obszar modelu.

Różnica transferowa wzorca, wyznaczona na podstawie jego modelu matematycznego jest dana wzorem:

$$\delta_u = \left| \frac{A_{bf} D_{bf} - B_{bf} C_{bf}}{\frac{D_t}{B_t} A_{bf} - C_{bf}} \right| \sqrt{\frac{2R_H}{k_1 R_{HAC}} \frac{1}{R_{DC}} - 1}, \quad (3)$$

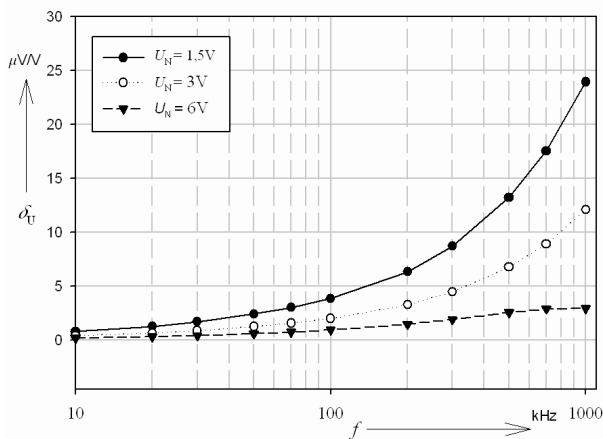
gdzie: B_t , D_t są elementami macierzy łańcuchowej (2) opisującej cały układ, A_{bf} , ..., D_{bf} są elementami macierzy łańcuchowej opisującej obszary od złącza N do grzejnika TPWS; parametr k_1 określa jaką część prądu wpływającego do przetwornika, przepływa przez jego grzejnik i powoduje wydzielanie w nim mocy Joule'a; parametr R_{DC} jest rezystancją wzorca przy prądzie stałym.

Z uwagi na występowanie zjawiska nasłorkowości całkowita rezystancja grzejnika TPWS jest we wzorze (3) reprezentowana przez dwie rezystancje: R_H (modelującą rezystancję grzejnika przetwornika przy prądzie stałym) oraz R_{HAC} (modelującą rezystancję grzejnika przetwornika przy prądzie przemiennym).

W niniejszej pracy model wzorca opisany w [2] został rozszerzony o model trójkąta łączącego ze sobą komparowane wzorce oraz źródło napięcie. Punkt odniesienia względem którego porównywane są wzorce znajduje się w środku trójkąta. Impedancję falową trójkąta (zaprojektowanego i wykonanego we własnym zakresie) dopasowano do impedancji falowej zastosowanych kabli i źródła napięcia przemiennego, która wynosi 50Ω . Trójkąt został zamodelowany podobnie jak model całego wzorca w [2], jako szeregowo połączenie kolejnych obszarów różniących się wymiarami geometrycznymi oraz izolatorem występującym pomiędzy przewodem środkowym a obudową trójkąta.

Uzupełnienie modelu o trójkąt powoduje niewielkie zwiększenie bezwzględnej wartości różnicy transferowej komparowanych ze sobą wzorców oraz niepewności jej wyznaczenia. Wzrost ten jest największy dla wzorca o napięciu wejściowym $U_N = 1,5$ V i jest mniejszy od $2 \mu V/V$ przy częstotliwości 1 MHz.

Ze względu na niewielki wpływ średnicy obudowy wzorca na jego różnicę transferową zdecydowano się na zastosowanie obudowy o identycznej średnicy dla wszystkich wzorców. Uprościło to konstrukcję wzorców oraz zmniejszy ich koszt. Jednak z uwagi na różne napięcie wejściowe i średnicę drutu oporowego każdego wzorca ich obudowy charakteryzują się zróżnicowanymi długościami. Pozostałe parametry są identyczne dla wszystkich wzorców. Obliczone przy pomocy opracowanego modelu różnice transferowe wzorców zostały przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Obliczone różnice transferowe opracowanych wzorców
Fig. 2. The calculated AC-DC transfer differences of the standards

4. Niepewność wyznaczenia różnic transferowych wzorców

Wstępna analiza wpływu poszczególnych parametrów konstrukcyjnych wzorców na ich różnicę transferową została przeprowadzona w [3]. Standardowa niepewność różnicy transferowej wzorca została wyznaczona zgodnie z [4]:

$$u_c(\delta_U) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial \delta_U}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}. \quad (4)$$

Przyjęto iż błędy poszczególnych parametrów konstrukcyjno-materiałowych charakteryzują się rozkładem prostokątnym. Wówczas niepewności standardowe $u(x_i)$ wyznaczenia nominalnych wartości poszczególnych parametrów x_i są równe:

$$u(x_i) = \Delta x_i / \sqrt{3}, \quad (5)$$

gdzie Δx_i jest błędem granicznym parametru x_i .

Ponieważ równanie wiążące różnicę transferową z wartościami nominalnymi parametrów konstrukcyjnych x_i ma bardzo złożoną postać zdecydowano się obliczyć pochodną różnicy transferowej w sposób numeryczny:

$$\frac{\partial \delta_U}{\partial x_i} = \frac{\delta_U[x_1, \dots, x_i + u(x_i), \dots, x_N] - \delta_U[x_1, \dots, x_i - u(x_i), \dots, x_N]}{2u(x_i)}. \quad (6)$$

Po podstawieniu do (6) nominalnych wartości parametrów konstrukcyjnych x_i otrzymuje się wzór na złożoną niepewność standardową zdeterminowaną niepewnością wyznaczenia wartości parametrów konstrukcyjno-materiałowych wzorca:

$$u_c(\delta_U) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{2} \left\{ \frac{\delta_U[x_1, \dots, x_i + u(x_i), \dots, x_N] - \delta_U[x_1, \dots, x_i - u(x_i), \dots, x_N]}{u(x_i)} \right\} \right)^2}. \quad (7)$$

Przyjęte wartości błędów granicznych wartości nominalnych poszczególnych parametrów konstrukcyjno-materiałowych wzorców zestawiono w tabeli 2. Tolerancja rezystywności drutu oporowego zależy od jego średnicy. W przypadku drutu o średnicy 14 μm wynosi ona $\pm 10\%$. Drut o średnicy 25 μm wykorzystany w wzorcach o wyższym napięciu wejściowym ma mniejszą tolerancję rezystywności równą $\pm 8\%$.

W bilansie niepewności uwzględniono również możliwość zmiany długości drutu oporowego pod wpływem jego statycznego naprężenia lub podczas transportu wzorca. Wg danych producenta

wydłużenie drutu oporowego może spowodować zmniejszenie rezystywności drutu o maksymalnie 10% względem wartości nominalnej. Wpływ tego zjawiska uwzględniono przez zwiększenie o 10% wartości błędu granicznego rezystywności podanego przez producenta. Obliczone wartości niepewności dla wszystkich trzech wzorców zostały umieszczone w tablicach 3... 5 dla wybranych częstotliwości.

Tab. 3. Różnica transferowa wzorca wraz z niepewnością dla $U_N = 1,5\text{V}$
Tab. 3. The AC-DC transfer difference of the 1,5 V standard

f (kHz)	Obliczona różnica transferowa δ_U ($\mu\text{V/V}$)	Niepewność standardowa obliczonej różnicy transferowej $u(\delta_U)$ ($\mu\text{V/V}$)
10	0,45	0,04
20	0,90	0,07
50	1,90	0,15
70	2,43	0,20
100	3,15	0,25
200	5,37	0,44
500	11,8	1,1
700	15,8	1,5
1000	22,0	2,3

Tab. 4. Różnica transferowa wzorca wraz z niepewnością dla $U_N = 3\text{V}$
Tab. 4. The AC-DC transfer difference of the 3 V standard

f (kHz)	Obliczona różnica transferowa δ_U ($\mu\text{V/V}$)	Niepewność standardowa obliczonej różnicy transferowej $u(\delta_U)$ ($\mu\text{V/V}$)
10	0,24	0,03
20	0,48	0,05
50	1,00	0,10
70	1,28	0,13
100	1,65	0,17
200	2,80	0,31
500	6,09	0,82
700	8,2	1,3
1000	11,3	2,1

Tab. 5. Różnica transferowa wzorca wraz z niepewnością dla $U_N = 6\text{V}$
Tab. 5. The AC-DC transfer difference of the 6 V standard

f (kHz)	Obliczona różnica transferowa δ_U ($\mu\text{V/V}$)	Niepewność standardowa obliczonej różnicy transferowej $u(\delta_U)$ ($\mu\text{V/V}$)
10	0,11	0,02
20	0,23	0,03
50	0,48	0,05
70	0,61	0,07
100	0,78	0,09
200	1,26	0,15
500	2,30	0,31
700	2,68	0,43
1000	2,85	0,60

5. Komparacja wzorców

W celu zweryfikowania poprawności obliczeń różnic transferowych planowane jest dokonanie bezpośredniej komparacji wzorca 1,5 V ze wzorcem 3 V (przy napięciu 1,5 V) oraz wzorca 3 V ze wzorcem 6 V (przy napięciu 3 V). Wynikiem obu komparacji będą różnice różnic transferowych $\Delta \delta_U$:

$$\Delta \delta_U(1,5\text{V}-3\text{V}) = \delta_U(1,5\text{V}) - \delta_U(3\text{V}), \quad (8)$$

będąca wynikiem komparacji wzorca 1,5 V ze wzorcem 3 V przy napięciu 1,5 V oraz

$$\Delta \delta_U(3\text{V}-6\text{V}) = \delta_U(3\text{V}) - \delta_U(6\text{V}), \quad (9)$$

będąca wynikiem komparacji wzorca 3 V ze wzorcem 6 V przy napięciu 3 V. W tablicy 6 zestawiono zależność obliczonych wartości obu różnic $\Delta\delta_n$ od częstotliwości.

Tab. 6. Różnice różnic transferowych komparowanych wzorców
Tab. 6. The differences of AC-DC transfer differences of the compared standards

f	$\Delta\delta_n(1,5V - 3V)$	$\Delta\delta_n(3V - 6V)$
kHz	$\mu V/V$	$\mu V/V$
10	0,39	0,22
20	0,62	0,35
50	1,2	0,66
70	1,5	0,83
100	1,9	1,1
200	3,1	1,8
500	6,5	4,2
700	8,6	6,0
1000	11,8	9,2

6. Podsumowanie i kierunki dalszych prac

W pracy przedstawiono obliczone wartości różnic transferowych trzech wzorców tworzących pierwotny wzorzec napięcia przemiennego w paśmie 10 kHz - 1 MHz oraz standardowe nie-

pełności ich wyznaczenia. Obecnie trwają intensywne prace nad sfinalizowaniem prototypów wzorców i eksperymentalną weryfikacją obliczonych różnic transferowych.

Praca sfinansowana ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (Projekt Rozwojowy nr NR01-0030-10)

7. Literatura

- [1] Nomair M., Harmans K.J.P.M: High accuracy calculable AC-DC transfer standards for the LF-30 MHz frequency range, *Instrumentation and Measurement*, IEEE Trans. on, 38 (1989), no. 2, p.342-345.
- [2] Grzenik M., Kampik M.: Matematyczny model wzorca napięcia przemiennego, *Przegląd Elektrotechniczny*, w druku.
- [3] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, JCGM 100:2008.
- [4] Grzenik M., Kampik M.: Wpływ parametrów konstrukcyjnych termicznego wzorca napięcia przemiennego na jego różnicę transferową w zakresie częstotliwości 10 kHz–1 MHz, *Mat. XLIV Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów, Ustroń-Jaszowiec 2012 (CD-ROM)*.

otrzymano / received: 08.02.2013

przyjęto do druku / accepted: 01.04.2013

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. 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 przesyłać w formie plików oraz dodatkowo jako wydruki na białym papierze (lub w formacie PDF) na adres e-mail: wydawnictwo@pak.info.pl lub pocztą zwykłą, na adres: Redakcja Czasopisma Pomiar 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.