

Anna GOLIJANEK-JĘDRZEJCZYK, Ariel DZWONKOWSKIPOLITECHNIKA GDAŃSKA, WYDZIAŁ ELEKTROTECHNIKI I AUTOMATYKI, KATEDRA METROLOGII I SYSTEMÓW INFORMACYJNYCH,
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk**Profesor Stanisław Trzetrzeviński – polski prekursor niepewności pomiaru****Dr inż. Anna GOLIJANEK-JĘDRZEJCZYK**

Adiunkt w Katedrze Metrologii i Systemów Informatycznych Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Zainteresowania badawcze: pomiary impedancji pętli, systemy pomiarowo-kontrolne, projektowanie użytecznych interfejsów oraz szacowanie niepewności pomiarowych.



e-mail: a.golijanek@ely.pg.gda.pl

Dr inż. Ariel DZWONKOWSKI

Adiunkt w Katedrze Metrologii i Systemów Informatycznych Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej. Zainteresowania badawcze: systemy pomiarowe, diagnostyka łożysk silników indukcyjnych, projektowanie użytecznych interfejsów oraz szacowanie niepewności pomiarowych.



e-mail: a.dzwonkowski@ely.pg.gda.pl

Streszczenie

Artykuł ma na celu przybliżenie sylwetki Profesora Stanisława Trzetrzevińskiego, jako pierwszego kierownika Katedry Miernictwa Elektrycznego na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej, odpowiedzialnego za organizację Katedry po wojnie, dydaktyka, ale przede wszystkim wybitnego metrologa. Profesora Stanisława Trzetrzevińskiego można nazwać polskim prekursorem teorii niepewności pomiaru, co potwierdza wygłoszony w 1952 roku referat pt. „Dokładność pomiarów elektrycznych”, w którym przedstawił on nowe podejście do wyznaczania uchybów i przedstawiania wyniku pomiaru. Metodologia ta wzbudziła zainteresowanie metrologów i matematyków, jednakowoż oficjalnie nie została oficjalnie przyjęta. Dopiero w roku 1995 podobny do przedstawionego przez Profesora sposobu szacowania niepewności pomiarowej zaprezentowano w publikacji "Guide to Expression of Uncertainty in Measurement", wydanej pod patronatem międzynarodowych organizacji ISO/IEC/OIML/BIPM. W niniejszym artykule przedstawione są podobieństwa treści obu tych dokumentów, potwierdzające, że Profesor dr inż. Stanisław Trzetrzeviński nowym podejściem wyprzedził o prawie pół wieku współczesne metody szacowania niepewności pomiarów.

Słowa kluczowe: niepewność pomiaru, metrologia, prof. Trzetrzeviński.

Professor Stanisław Trzetrzeviński – a Polish precursor of the measurement uncertainty**Abstract**

The paper aims to present the figure of Professor Stanisław Trzetrzeviński as the first head of the Department of Electrical Measurements at the Faculty of Electrical Engineering of the Technical University of Gdansk. He was a teacher but above all an outstanding metrologist responsible for the organization of the Department after the war. Professor Stanisław Trzetrzeviński can be called a precursor of the measurement uncertainty theory, which confirmed his paper demonstrated in 1952 and entitled "The accuracy of electrical measurements," in which a new approach to the determination and presentation of measurement results was described. This methodology gained interest among metrologists and mathematicians. Nevertheless, it was not officially accepted. It was not until 1995 that the measurement uncertainty estimation was presented in the paper "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", published under the auspices of international organizations ISO / IEC / OIML / BIPM. The following study will illustrate content similarity in both of these documents, proving that by his new approach to determination and description of the measurement results was ahead of his time with regard to contemporary measurement uncertainty estimation methods of almost a half-century.

Keywords: measurement uncertainty, metrology, prof. Trzetrzeviński.

1. Życiorys

Profesor Stanisław Trzetrzeviński był pierwszym powojennym kierownikiem Katedry Miernictwa Elektrycznego na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej (rys. 1) [1, 2].



Rys. 1. Prof. Stanisław Trzetrzeviński [3]

Fig. 1. Prof. Stanisław Trzetrzeviński [3]

Stanisław Trzetrzeviński urodził się 6 lipca 1901 w Kijowie. Maturę rosyjską otrzymał w roku 1919, natomiast maturę polską – uprawniającą do studiów - w roku 1920.

W latach 1921-1928 studiował na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Będąc jeszcze studentem, od roku 1925, został zatrudniony na stanowisku asystenta w Zakładzie Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć na Politechnice Warszawskiej, gdzie pracował do roku 1934. W tym czasie mgr inż. Stanisław Trzetrzeviński znacznie poszerzył swój dorobek naukowy opracowując szereg materiałów: do publikacji Zakładu, jak również opracowuje metody pomiarowe i stanowiska laboratoryjne do badań naukowych.

W latach 1929 - 1930 Stanisław Trzetrzeviński pełnił też funkcję radcy technicznego w Urzędzie Patentowym w Warszawie, głównie w zakresie wynalazków z następujących dziedzin: miernictwa elektrycznego, wysokich napięć oraz materiałów magnetycznych i lamp.

W 1930 r. jego praca dyplomowa, dotycząca tematyki metod kompensacyjnych pomiaru przekładni i uchybu transformatorów zostaje opublikowana w Przeglądzie Elektrotechnicznym w obszernym artykule pt. "Metody kompensacyjne badania transformatorów mierniczych" [1].

W 1934 roku inż. S. Trzetrzeviński porzuca pracę naukową i rozpoczyna pracę w przemyśle, a dokładniej w Państwowych Zakładach Tele- i Radiotechnicznych w Warszawie, gdzie pracuje do wybuchu II Wojny Światowej. W tym czasie opracowuje metody badania materiałów magnetycznych przy częstotliwościach

akustycznych, sposoby badania głośników oraz metody badań masowej produkcji sprzętu elektroakustycznego.

Stanisław Trzetrzewiński jest też konstruktorem polskiego typu przenośników teletechnicznych, które były produkowane seryjnie oraz autorem kilku opatentowanych wynalazków.

W czasie wojny Stanisław Trzetrzewiński, zmobilizowany jako szeregowiec pospolitego ruszenia, trafia do niewoli, gdzie choruje i z której w czerwcu 1940 r. zostaje zwolniony. Powraca do Warszawy, gdzie prowadzi przedsiębiorstwo elektroinstalacyjne i pełni funkcję rzeczownika patentowego.

W lutym 1945 r. Stanisław Trzetrzewiński dostaje skierowanie zorganizowania Wojewódzkiego Urzędu Samochodowego w Bydgoszczy. Jednak po 7 miesiącach składa podanie o zwolnienie z Urzędu, ponieważ myśli o powrocie do pracy naukowej i dlatego też stara się o zatrudnienie na Politechnice Gdańskiej.

Od 1 listopada 1945 mgr inż. S. Trzetrzewiński pełni "obowiązki profesora nadzwyczajnego w Katedrze Miernictwa Elektrycznego i Wysokich Napięć na Wydziale Elektrotechnicznym [1, 2]" Politechniki Gdańskiej.

Profesor Stanisław Trzetrzewiński jest odpowiedzialny za organizację prac katedry, budowę zespołu naukowo-dydaktycznego oraz modernizację i uruchomienie laboratoriów po wojnie. Mimo składanych zapewnień podczas zatrudniania na Politechnice Gdańskiej, że rozprawę doktorską złoży jak najszybciej, ze względu na liczne prace organizacyjne prowadzone w katedrze, jak również obciążenie dydaktyczne, dopiero w maju 1951 roku prof. Trzetrzewiński składa rozprawę doktorską pt.: "Uchyb przypadkowy w pomiarach elektrycznych". W rozprawie tej przedstawił nowy, innowacyjny jak na ówczesne czasy, sposób definiowania i szacowania dokładności pomiarów, który stał się bardzo popularny w gronie metrologów.

Prof. Trzetrzewiński pełnił także funkcję prodziekana Wydziału (w latach 1956-1959) (rys. 2) oraz funkcję Dziekana Wydziału Elektrycznego od roku 1959 aż do swego zgonu, czyli do 02.08.1964 r.



Rys. 2. Prof. Stanisław Trzetrzewiński [4]
Fig. 2. Prof. Stanisław Trzetrzewiński [4]

Profesor był też kuratorem Koła Elektryków Studentów Politechniki Gdańskiej, jak również przewodniczącym komisji doboru kandydatów na pierwszy rok studiów (1945-1948).

S. Trzetrzewiński już od 1929 r. był aktywny w pracach społecznych Stowarzyszenia Elektryków Polskich, pełnił funkcje sekretarza oraz prezesa (w latach 1947-1948) w Oddziale Wybrzeża Morskiego SEP Gdańsku. Po wojnie był członkiem Centralnej Komisji Normalizacji Elektrotechnicznej SEP [1].

2. Dokładność pomiarowa według S. Trzetrzewińskiego

Praca naukowa prof. S. Trzetrzewińskiego dotyczyła głównie zagadnień z miernictwa elektrycznego i wiele artykułów z tej tematyki zostało opublikowanych między innymi w Przeglądzie Elektrotechnicznym, Zeszytach Naukowych Politechniki Gdańskiej oraz materiałach konferencyjnych.

Stanisław Trzetrzewiński był redaktorem skryptu "Laboratorium miernictwa elektrycznego" (1958) – wykorzystywanego do nauczania metrologii na Politechnice Gdańskiej.

Prof. Trzetrzewiński przetłumaczył także książkę W.N. Milsztejna pt. "Zależności energetyczne w miernikach elektrycznych" (1963).

Jedną z najważniejszych publikacji prof. Trzetrzewińskiego, związanych z dokładnością pomiarową był artykuł: „Dokładność pomiarów elektrycznych” opublikowany w Zeszytach Politechniki Wrocławskiej [5] 1952 r.

Nowe podejście do teorii dokładności pomiarowej wzbudziło tak duże zainteresowanie w kręgach naukowców, i co interesujące – matematyków, iż prof. Trzetrzewiński został poproszony o ponowne wystąpienie z tej tematyki we Wrocławiu w 1953r.

W publikacji [6] Profesor zdefiniował dokładność każdego pomiaru – w tym elektrycznego – definiując całkowity uchyb względny, na który składają się trzy rodzaje uchybów:

- uchyb przypadkowy (w pomiarach bezpośrednich i pośrednich),
- uchyb systematyczny,
- uchyb czułości.

Profesor Trzetrzewiński w niniejszym opracowaniu szczegółowo analizuje składowe uchyby całkowitego oraz przedstawia metodologię ich wyznaczania, podkreślając jednocześnie, że jego zdaniem jest to „poprawniejszy sposób obliczania całkowitego uchybu pomiaru [5]”, niż ówczesnie stosowane.

W niniejszej publikacji przedstawione zostaną jedynie najistotniejsze analogie pomiędzy podejściem Profesora S. Trzetrzewińskiego a zaleceniami szacowania niepewności zawartymi w przewodniku [6].

Uchyb przypadkowy w pomiarach bezpośrednich

Profesor Stanisław Trzetrzewiński przyjął, że estymata wartości mierzonej w pomiarach bezpośrednich jest średnią arytmetyczną M z n X_k wartości spostrzeżeń i że można przyjąć, iż zbliża się ona jednostajnie do nieznannej wartości a , czyli wartości spodziewanej wielkości mierzonej, zgodnie z poniższą zależnością [5]:

$$a \approx \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (X_k) = M. \quad (1)$$

Zdaniem prof. Trzetrzewińskiego wynik pomiaru M pozwala określić granice, w których z określonym prawdopodobieństwem a zawarta jest wartość spodziewana wielkości mierzonej, przy znajomości wartości odchylenia średniego σ_m , określonego w [5] jako:

$$\sigma_m \approx U = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (X_k - M)^2}{n(n-1)}}. \quad (2)$$

W publikacji [5] zdefiniowano przedział wiarygodności wyniku pomiaru, czyli przedział, w którym, z prawdopodobieństwem bliskim α , znajduje się wartość spodziewana a wielkości mierzonej jako:

$$P\{M - K_\alpha U \leq a \leq M + K_\alpha U\} = \alpha. \quad (3)$$

W Polsce w ówczesnych czasach wartość współczynnika K_α najczęściej była określana jako:

$$K_\alpha = 1. \quad (4)$$

Jednakże Profesor Trzetrzewiński sugerował, że „dla większości pomiarów można przyjąć za dostateczną wartość prawdopodobieństwa $\alpha = 0,99$. Współczynnik K_α dla tej wartości prawdopodobieństwa wynosi $K_{0,99} = 2,576$ [5]”. Wówczas wynik pomiaru można przedstawić w następującej postaci [5]:

$$a = M \pm 3U. \quad (5)$$

Porównując podejście prof. S. Trzetrzewińskiego w szacowaniu uchybów przypadkowych w pomiarach bezpośrednich z Guidem [6], widać dużą zbieżność z metodologią szacowania niepewności typu A oraz przedstawiania wyniku pomiaru jako estymaty wielkości pomierzonej i jej niepewności pomiarowej.

Uchyb przypadkowy w pomiarach pośrednich

W przypadku wyznaczenia uchybu przypadkowego w pomiarach pośrednich prof. S. Trzetrzewiński w [5] proponuje, aby skorzystać z funkcji pomiaru i na podstawie rozwinięcia jej w szereg Taylora (ograniczając się jedynie do pierwszych pochodnych) wyznaczyć wartość spodziewaną b wielkości mierzonej:

$$b = f(a_1, a_2, \dots, a_i \dots a_p). \quad (6)$$

W tym przypadku proponuje wyznaczyć b z zależności (z prawdopodobieństwem $\alpha \approx 0,99$):

$$b = Y \pm 3\sigma_y, \quad (7)$$

gdzie: Y – jest funkcją pomiaru opisaną następującym wzorem:

$$Y = f(M_1, M_2, \dots, M_i \dots M_p) \quad (8)$$

M_i - wyniki pomiaru dla $i=1, 2 \dots p$.

Natomiast odchylenie σ_y należy wyznaczyć z następującej zależności:

$$\sigma_y^2 = E(y-b)^2 = E\left\{\sum_i (m_i - a_i) \cdot f'_i(M_1 \dots M_p)\right\}^2 \quad (9)$$

Zmienna przypadkowa y (przy założeniu, że uchyby średnie pomiaru U_i są małe w porównaniu do wartości spodziewanych a_i) jest postaci:

$$y = f(m_1, m_2, \dots, m_i \dots m_p) \quad (10)$$

gdzie:

$$m_i = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} (X_{ik}), \quad (11)$$

przy czym X_i są to wielkości zmierzone bezpośrednio i niezależnie, na podstawie których wyznaczona zostaje wartość zmierzona; dla $i=1, 2 \dots p$.

Sposób wyznaczania uchybu przypadkowego dla pomiarów pośrednich jest bardzo podobny do sposobu szacowania niepewności dla pomiarów pośrednich podanego w [5].

Uchyb systematyczny

Profesor Trzetrzewiński wyróżnił cztery rodzaje uchybów systematycznych [3]:

1. uchyby nie podlegające prawom zjawisk masowych,
2. uchyby zmienne, które w warunkach ustalonych pomiaru stanowią znaną funkcję wielkości cechowanych układu,
3. uchyby zmienne, które stanowią znaną funkcję określonej przyczyny zewnętrznej, ulegającej zmianie w czasie pomiaru,
4. uchyby stałe wielkości cechowanych układu, określane prawami zjawisk masowych.

Pierwszy rodzaj uchybów systematycznych dotyczy uchybów, które posiadają niezmienną w czasie wykonywania pomiarów wartość.

Drugi rodzaj uchybów systematycznych to uchyby zmienne, które w warunkach ustalonych pomiaru stanowią znaną funkcję wielkości cechowanych układu. Przykładem mogą tu być uchyby mierników.

Zarówno pierwszy jak i drugi rodzaj uchybów systematycznych, zdaniem Profesora Trzetrzewińskiego, powinien być wyeliminowany poprzez wprowadzenie właściwych poprawek bądź zastosowanie odpowiednich urządzeń eliminujących te uchyby.

Trzeci rodzaj – to uchyby zmienne, które posiadają znaną funkcję i ulegają zmianie w czasie pomiaru. Dlatego powinny być one wyznaczone jednocześnie podczas przeprowadzania pomiaru. Przykładem może być pomiar temperatury, której wartość jest określana na bieżąco podczas każdego pomiaru.

Ostatnim, czwartym rodzajem są uchyby stałe określane prawami zjawisk masowych, które występują podczas cechowania wielkości.

Ze względu na fakt, iż pierwsze trzy rodzaje uchybów można wyeliminować, znacznie ograniczyć bądź uwzględnić, Profesor Trzetrzewiński w swoich rozważaniach najwięcej uwagi poświęca uchybom czwartego rodzaju i to dla tego rodzaju uchybów definiuje odchylenie średnie η_j wchodzące w skład całkowitego uchybu pomiaru.

W ówczesnych czasach najczęściej spotkanymi przyrządami pomiarowymi były przyrządy analogowe, w których uchyb systematyczny był określony klasą przyrządu. Profesor Trzetrzewiński uznał, iż „można ostrożnie przyjąć, że każda wartość uchybu η_j odpowiedniej wielkości cechowanej, jest w przedziale $\pm\gamma$ i jest jednakowo prawdopodobna [5]”. Wówczas odchylenie średnie uchybu η_j opisuje następujący wzór [5]:

$$\sigma_m = \frac{\gamma}{\sqrt{3}}. \quad (12)$$

Uchyb systematyczny czwartego rodzaju, został zdefiniowany przez Prof. S. Trzetrzewińskiego w taki sam sposób, w jaki dokonuje się oszacowania niepewności typu B w Guidzie [6], przy założeniu, że rozkład błędu granicznego przyrządu jest rozkładem równomiernym.

Uchyb czułości

Składowym uchybem uchybu całkowitego jest też uchyb czułości. Uchyby czułości, zgodnie z [5]: „powstają wskutek swoistych właściwości, zarówno przyrządów wariacyjnych układu pomiarowego (tarcia), jak i zmysłów eksperymentatora”.

Zarówno uchyby wynikające z zasady działania układu pomiarowego jak i uchyby wynikające z ograniczonej czułości eksperymentatora prof. Trzetrzewiński wyznacza zgodnie z następującym wzorem [5]:

$$\sigma_\beta = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}, \quad (13)$$

gdzie Δ - uchyb graniczny wielkości mierzonej; przyjmując że wartość uchybu granicznego w badanych granicach ma jednakowe prawdopodobieństwo.

Całkowity uchyb pomiaru

Całkowity uchyb pomiaru, zdaniem Profesora S. Trzetrzewińskiego, „jest różnicą pomiędzy wartością M wyniku pomiaru a wartością prawdziwą a_o wielkości mierzonej w warunkach ustalonych, zachowywanych w czasie pomiaru [5]”, czyli:

$$\omega_m = M - a_o. \quad (14)$$

Prof. S. Trzetrzewiński przyjął, że estymatą wyniku pomiaru jest średnia arytmetyczna z wartości X_k spostrzeżeń, „poprawionych przez wyeliminowanie uchybów, których wartości są znane dla każdego spostrzeżenia tj. uchybów systematycznych pierwszego, drugiego i trzeciego rodzaju”, czyli [5]:

$$\omega_m = M - a_o = v_m + \mathfrak{I}_a + \beta_\alpha, \quad (15)$$

gdzie:

v_m – uchyb przypadkowy wyniku pomiaru,
 \mathfrak{I}_a – uchyb systematyczny czwartego rodzaju,
 β_α – uchyb czułości układu.

Ze względu na fakt, iż w czasie przeprowadzania pomiaru nie są znane wartości wyżej wymienionych uchybów, prof. S. Trzetrzewiński wprowadza poniższą definicję odchylenia średniego uchybu całkowitego σ_ω^2 jako [5]:

$$\sigma_\omega^2 = \sigma_v^2 + \sigma_{\mathfrak{I}_a}^2 + \sigma_{\beta_\alpha}^2, \quad (16)$$

gdzie odchylenia średnie dotyczą odpowiednio uchybów:

$$\begin{aligned} \sigma_v^2 &\rightarrow v_m \\ \sigma_{\mathfrak{I}_a}^2 &\rightarrow \mathfrak{I}_a \\ \sigma_{\beta_\alpha}^2 &\rightarrow \beta_\alpha, \end{aligned} \quad (17)$$

które wyznaczone są zgodnie z wyżej przedstawioną metodologią.

Dokładność pomiaru v , zdaniem Prof. S. Trzetrzewińskiego, należy definiować jako stosunek uchybu wiarygodnego równego $3\sigma_\omega$ do wyniku pomiaru, czyli:

$$v = \frac{3\sigma_\omega}{M}, \quad (18)$$

„ze współczynnikiem 3, nie stosowanym dotychczas [5]”.

Profesor Trzetrzewiński zwraca także uwagę, że „nie ma celu określanie uchybu wiarygodnego więcej niż dwiema cyframi znaczącymi. Można więc ograniczyć do dwóch cyfr znaczących i określanie wartości odchylenia średniego σ_ω . Pozwala to często uprościć znacznie obliczanie odchylenia średniego”.

Przekształcając zależność (16) można wyznaczyć wartość odchylenia średniego σ_ω jako:

$$\sigma_\omega = \sqrt{\sigma_v^2 + \sigma_{\mathfrak{I}_a}^2 + \sigma_{\beta_\alpha}^2}. \quad (19)$$

Zdaniem Profesora Trzetrzewińskiego [6], jeżeliby znacznie zwiększyć liczbę spostrzeżeń i zmniejszyć średni przypadkowy uchybu pomiaru to wówczas prawdziwa jest zależność:

$$\sigma_{oo} = \sqrt{\sigma_{\mathfrak{I}_a}^2 + \sigma_{\beta_\alpha}^2}. \quad (20)$$

Co więcej zdaniem prof. S. Trzetrzewińskiego zależność (16), pokazuje, że arytmetyczne dodanie uchybów średnich cząstkowych jest bezpodstawne.

Podejście takie jest zbieżne ze sposobem określania niepewności pomiaru, zamieszczonym w przewodniku [6].

Reasumując sposób postępowania dotyczący wyznaczania uchybów przedstawiony przez Profesora jest zgodny z wytycznymi „Przewodnika” [6]. Zbieżności te są szczególnie dobrze widoczne w sposobie szacowania odchylenia uchybów wielkości cechowanych oraz uchybów czułości - zgodnie z wytycznymi, zawartymi w publikacji [6], w taki sam sposób szacowana jest

niepewność pomiaru typu B, przy założonym prostokątnym rozkładzie prawdopodobieństwa.

Podobnie, w obu tych dokumentach, szacowany jest uchyb przypadkowy w pomiarach bezpośrednich – widać zbieżność z metodologią przedstawioną w „Przewodniku” [6] dotyczącą wyznaczenia niepewności metodą typu A.

Profesor S. Trzetrzewiński analogicznie do „Przewodnika” [6], w przypadku uchybów przypadkowych w pomiarach pośrednich, zaleca skorzystanie z funkcji pomiaru oraz rozwinięcie jej w szereg Taylora.

Prof. S. Trzetrzewiński bardzo podobnie do „Przewodnika” [6] przedstawia zapis wartości spodziewanej jako sumy estymaty wyniku pomiaru oraz niepewności pomiarowej, przyjmując określony poziom ufności („prawdopodobieństwa α ” [5]).

3. Podsumowanie

Autorzy w artykule przedstawili sylwetkę Profesora Stanisława Trzetrzewińskiego, jako dydaktyka, pierwszego kierownika Katedry Miernictwa Elektrycznego na Wydziale Elektrycznym Politechniki Gdańskiej, ale przede wszystkim jako wybitego metrologa – zarówno teoretyka jak i praktyka.

Przedstawione w niniejszym referacie fragmenty publikacji [5] Profesora S. Trzetrzewińskiego pozwalają twierdzić, iż był on polskim prekursorem teorii niepewności pomiaru.

Przedstawiony przez Profesora sposób szacowania niepewności pomiarowej uznano dopiero w roku 1995 w wydanej publikacji "Guide to Expression of Uncertainty in Measurement". Zatem można stwierdzić, iż nowym podejściem wyznaczania i opisu wyniku pomiaru Prof. S. Trzetrzewiński wyprzedził o prawie pół wieku współczesne metody szacowania niepewności pomiarów.

Autorzy artykułu składają serdeczne podziękowania Panu prof. dr hab. inż. Jerzemu Sawickiemu za pomoc i udostępnienie materiałów dotyczących życia i pracy prof. S. Trzetrzewińskiego.

4. Literatura

- [1] Sawicki J.: Profesor Trzetrzewiński. Opracowanie własne. Gdańsk, 2002.
- [2] Sawicki J.: Katedra Miernictwa Elektrycznego Politechniki Gdańskiej w pierwszych latach powojennych. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej nr 14, Gdańsk 2000.
- [3] <http://www.ely.pg.gda.pl/files/historia/Stanislaw%20Trzetrzewinski.pdf>; stan na dzień 03.04.2013.
- [4] Sawicki J.; Roskosz R.: Wspomnienie o Profesorze Stanisławie Trzetrzewińskim (1901 - 1964). Jubileusz 100-lecia Wydziału Elektrotechniki i Automatyki: http://www.ely.pg.gda.pl/jubileus/index.php?menu=06&SID=&article=/content/06_witryna_wspomnien/articles/prof_Trzetrzewinski_Sawicki_Roskosz.html&SID; stan na dzień 03.04.2013.
- [5] Trzetrzewiński S.: „Dokładność pomiarów elektrycznych”. Zeszyty Politechniki Wrocławskiej pt. „Elektryczne metody pomiarowe w produkcji, laboratorium i dydaktyce”. Materiały na sesję naukową organizowaną przez Politechnikę Wrocławską 12-14.12.1952. Tom II. str. 15-38.
- [6] Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, ISO 1995. Tłumaczenie polskie, Międzynarodowy słownik podstawowych i ogólnych terminów metrologii, GUM 1996.

otrzymano / received: 15.02.2014

przyjęto do druku / accepted: 01.04.2014

artykuł recenzowany / revised paper

