

Sprawozdanie z X Sympozjum *Niepewność Pomiaru* 14 – 18 luty 2011 r., Świnoujście

Stefan Kubisa, Stanisław Moskowicz

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Jubileuszowe X Sympozjum *Niepewność Pomiaru* pod patronatem Pani Prezes Głównego Urzędu Miar (GUM) Janiny Marii Popowskiej zorganizował Zakład Metrologii (ZM) Katedry Sterowania i Pomiarów (KSiP) Wydziału Elektrycznego (WE) Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego (ZUT) w Szczecinie. Sympozjum zgromadziło ponad 40. uczestników reprezentujących GUM, wyższe uczelnie techniczne, Wojskowe Centrum Metrologii MON i okręgowe urzędy miar, a także inne instytucje państwowe i prywatne zajmujące się szeroko rozumianą niepewnością pomiarów. Uczestnicy podczas 7. sesji naukowych zaprezentowali 21 referatów wg zamieszczonego niżej wykazu. Zgodnie z utrwaloną już formułą Sympozjum, na referat wraz z dyskusją przeznaczono czas sięgający 60 min, co umożliwiło szeroką wymianę doświadczeń i poglądów pomiędzy doświadczonymi metrologami-praktykami, przede wszystkim z GUM, a metrologami z uczelni wyższych.



Otwarcia jubileuszowego Sympozjum, w poniedziałek 14. lutego, dokonali: dziekan WE ZUT, prof. Stefan Domek oraz Wiceprezes GUM, mgr Włodzimierz Popiołek.

W środę, 16. lutego wieczorem, pod przewodnictwem prof. Mariana Miłka z Uniwersytetu Zielonogórskiego odbyła się specjalna sesja poświęcona jubileuszowi, na którą przybyli: prof. Ryszard Kaleńczuk, prorektor ZUT, prof. Stefan Domek, dziekan WE, prof. Ryszard Pałka, prodziekan WE, prof. Zbigniew Emirsajłow, kierownik KSiP, prof. Stefan Weyna z Wydziału Techniki Morskiej ZUT oraz wszyscy





pracownicy ZM. Profesorowie: R. Kaleńczuk i S. Domek wręczyli przewodniczącemu Sympozjum, prof. S. Kubisie listy gratulacyjne od kierownictwa ZUT. Listy gratulacyjne wręczyli też: Wiceprezes GUM, Pan W. Popiołek – od Pani Prezes GUM, Janiny Marii Popowskiej oraz uczestnik Sympozjum, mjr Grzegorz Zamiela – od dyrektora Wojskowego Centrum Metrologii, Naczelnego Metrologa Wojska Polskiego, płk Stanisława Dąbrowskiego.

Referaty części merytorycznej Sympozjum można podzielić na dwie grupy: 10 referatów o charakterze ogólnym [4 – 7, 11, 13, 16 – 18, 20] i 10 referatów o charakterze bardziej szczegółowym [1 – 3, 8 – 10, 12, 15, 19, 21].

W grupie pierwszej znalazły się referaty o pomiarach pośrednich [4, 11, 18], o propozycji uściśleń w Przewodniku [5], o skutecznej, przybliżonej metodzie obliczania niepewności pomiaru [6], o problematyce definiowania błędów – w szczególności błędu od kwantowania [7, 11], o potrzebie wnikliwej analizy przyczyn niepewności pomiaru i zestawiania kompletnego budżetu niepewności [13], o alternatywnych sposobach wyrażania miary niedokładności pomiaru [16, 17] oraz o zastosowaniu statystyki odpornościowej w rachunku niepewności pomiaru [20].

Druga grupa to referaty dotyczące pomiarów wykorzystujących fale elektromagnetyczne [1, 2], pomiarów czasu i częstotliwości [3], dynamicznych pomiarów temperatury [8] oraz odtwarzania jednostek miary i komparacji wzorców [9, 10, 12, 15, 19, 21].

Poza tymi głównymi nurtami tematycznymi znalazło się wystąpienie [14] prof. T. Skubisa, dyrektora Wydawnictwa PAK, który przedstawił aktualne i planowane działania Wydawnictwa, przede wszystkim te, które zmierzają do dalszego podnoszenia poziomu i rangi miesięcznika naukowo-technicznego *Pomiary, Automatyka, Kontrola (PAK)* zwłaszcza w dziedzinie pomiarów.

Wystąpienie to sprowokowało z kolei doc. Z. L. Warszę do naświetlenia roli kwartalnika technicznego *Pomiary, Automatyka, Komputery*. Jest on adresowany do nieco innego kręgu odbiorców niż miesięcznik PAK – odbiorców w mniejszym stopniu zainteresowanych teorią.

Pod koniec obrad X Sympozjum odbyło się posiedzenie Komitetu Naukowego. Członkowie Komitetu wysoko ocenili poziom naukowy i organizację Sympozjum, wyrazili zainteresowanie organizacją następnego takiego spotkania w 2012 roku i opowiedzieli się za utrzymaniem dotychczasowej formuły Sympozjum. Przedstawiciele GUM: p. Dobrosława Sochocka i p. Paweł Fotowicz poinformowali, że w tym roku ukaże się monografia *Niepewność pomiaru w teorii i praktyce*, wydana przez GUM, a przygotowana do druku wspólnie z organizatorami Sympozjum w oparciu o dorobek Sympozjów w latach 2002 – 2010.

- | | | |
|------|---|---|
| [1] | Elżbieta Banaczyk | <i>Wybrane aspekty fizyczne wpływające na dokładność pomiarów poziomu metodą radarową</i> |
| [2] | Paweł Bieńkowski
Bartłomiej Zubrzak | <i>Zastosowanie miar logarytmicznych przy wyznaczaniu niepewności przy pomiarach pola elektromagnetycznego</i> |
| [3] | Albin Czubla | <i>Próba oszacowania wpływu temperatury na odchylenie Allana</i> |
| [4] | Anna Domańska | <i>Własności estymatorów prawdziwej wartości wielkości mierzonej w pomiarach pośrednich o nieliniowym modelu</i> |
| [5] | Vladimir Ezhela
Zygmunt Warsza | <i>Sugestie kilku uściśleń w Przewodniku GUM – 2008 i zaokrąglenie wyników pomiarów wieloparametrowych</i> |
| [6] | Paweł Fotowicz | <i>Zastosowanie rozkładu płasko-normalnego przy opracowaniu wyniku pomiaru</i> |
| [7] | Jerzy Jakubiec | <i>O potrzebie definiowania błędu a priori i a posteriori</i> |
| [8] | Ryszard Janas | <i>Niepewność pomiaru temperatury środowiska dynamicznego czujnikiem o określonej stałej czasowej</i> |
| [9] | Andrzej Kaźmierczak
Andrzej Kruszyński
Paweł Zawadzki | <i>Komparacja przetworników termicznych AC/DC – szacowanie niepewności przy przeniesieniu jednostki napięcia przemiennego</i> |
| [10] | Bożydar Knyziak | <i>Niepewność pomiaru w procesie odtwarzania jednostki kermy w polu promieniowania rentgenowskiego</i> |
| [11] | Stefan Kubisa | <i>Komunikaty: 1. Obliczenia w pomiarach pośrednich
2. Kwantowanie a niepewność pomiaru</i> |
| [12] | Michał Lisowski | <i>Niepewność stosunku rezystancji wysokoomowych transferów Hamona</i> |
| [13] | Tadeusz Skubis | <i>Budżet niepewności wyniku pomiaru</i> |
| [14] | Tadeusz Skubis | <i>Wydawnictwo PAK dla metrologów</i> |
| [15] | Piotr Sosinowski | <i>Źródła niepewności przy wzorcowaniu wzorców kreskowych na komparatorze interferencyjnym</i> |
| [16] | Michał Urbański | <i>Algebra modelu probabilistycznego, komparacja i dodawanie stochastyczne</i> |
| [17] | Michał Urbański | <i>Próg i niepewność, czyli czym jest niepewność w reprezentacjonistycznej teorii pomiarów</i> |
| [18] | Zygmunt Warsza
Vladimir Ezhela | <i>Zarys podstaw teoretycznych wyznaczania i numerycznej prezentacji wyników pomiarów pośrednich wieloparametrowych</i> |
| [19] | Paweł Zawadzki | <i>Komparacja przetworników termicznych AC/DC – szacowanie niepewności</i> |
| [20] | Andrzej Zięba | <i>Zastosowanie statystyki odpornościowej w rachunku niepewności pomiaru</i> |
| [21] | Adam Ziółek
Maciej Koszarny | <i>Niepewność przekazywania jednostki z pojemności elektrycznej na indukcyjność</i> |

Streszczenia referatów pracowników GUM na X Sympozjum *Niepewność Pomiaru*

Zastosowanie rozkładu płasko-normalnego przy opracowaniu wyniku pomiaru

Paweł Fotowicz



Rozkład płasko-normalny, będący splotem pojedynczego rozkładu prostokątnego z normalnym, może być wykorzystany do różnych celów związanych z opracowaniem wyniku pomiaru. Na jego bazie powstały dwie metody obliczania niepewności pomiaru. Metody antycypują rozkład dla wielkości wejściowej na podstawie udziałów wielkości wejściowych dla liniowego lub linearyzowanego równania pomiaru, gdy wielkościom tym przypisujemy podstawowe rozkłady prawdopodobieństwa, jak rozkład Studenta, normalny, prostokątny czy trójkątny. Ze względu na sposób postępowania jedna z nich jest metodą analityczną, a druga numeryczną. Metoda analityczna wymaga znajomości wartości kwantyla rozkładu płasko-normalnego. Aby ułatwić jego wyznaczenie opracowano specjalną tabelę ich wartości w funkcji ilorazu udziału. Gdy rozkład ten generowany jest numerycznie, potrzebny jest tylko generator rozkładu równomiernego, dostępny w każdym środowisku programowym. Metody można łatwo implementować do arkusza kalkulacyjnego, bez konieczności stosowania specjalistycznych środowisk obliczeniowych.

Rozkład płasko-normalny może być również wykorzystany do randomizacji oddziaływania systematycznego. Oddziaływanie systematyczne zawiera dwie składowe: systematyczną i przypadkową. Część systematyczna oddziaływania przybliżana jest odchyleniem pomiarowym, a część przypadkowa estymowana jest niepewnością związaną z wyznaczeniem tego odchylenia. Powstająca w ten sposób nowa zmienna losowa charakteryzuje się zerową wartością oczekiwaną i odchyleniem standardowym obliczanym na podstawie informacji o wartości odchylenia pomiarowego i związanej z nim niepewności pomiarowej. Obliczenia niepewności standardowej i współczynnika rozszerzenia takiej wielkości nie są skomplikowane i mogą być łatwo stosowane przy opracowaniu wyniku pomiaru bezpośredniego.

Próba oszacowania wpływu temperatury na odchylenie Allana

Albin Czubla

Precyzyjne pomiary czasu i częstotliwości odbywają się zwykle w klimatyzowanych pomieszczeniach ze stabilizowaną temperaturą i wilgotnością. Ze względu na charakter (głównie cykliczność) pracy klimatyzacji oraz konieczność czasowych obecności użytkowników czy osób z obsługi, warunki środowiskowe w tych pomieszczeniach podlegają niewielkim wahaniom. Przy wyznaczaniu odchylenia Allana można zauważyć pewne korelacje pomiędzy wahaniami temperatury otoczenia a wahaniami fazy mierzonego sygnału, przy czym obser-

wuje się dodatkowo, zróżnicowany czasowo, uśredniony efekt bezwładności zmian temperatury układu pomiarowego.

Niniejszy referat jest próbą przedstawienia mechanizmu obserwowanych zależności i oszacowania wpływu temperatury na wyznaczone odchylenie Allana. Rozważania teoretyczne opierają się na przyjęciu wielu założeń modelowych i uzupełnione są wynikami symulacji metodą Monte Carlo dla potwierdzenia poprawności niektórych założeń. Problematyczny pozostaje sposób szacowania niepewności efektywnego wpływu temperatury otoczenia na wynik pomiaru odchylenia Allana oraz uwzględnienia w modelu niepewności i charakteru pomiaru temperatury otoczenia.



Niepewność przekazywania jednostki z pojemności elektrycznej na indukcyjność

Adam Ziółek, Maciej Koszarny

Referat dotyczy pomiarów wykonywanych na komparatorze RLC 2100. Komparator ten pozwala na przeniesienie jednostek wielkości elektrycznych, czyli transfer z jednostki indukcyjności na indukcyjność, rezystancji na pojemność, pojemności na pojemność i pojemności na indukcyjność przy częstotliwościach 1 kHz i 1,59 kHz. Dotychczas wartości elementów państwowego wzorca indukcyjności i wzorców odniesienia były ustalane z metody grupowej, co było obarczone wysoką niepewnością. Natomiast dzięki komparatorowi RLC 2100 istnieje możliwość przenoszenia jednostki indukcyjności w stosunku 1:1 i 1:10 z bardzo wysoką dokładnością, co pozwala zmniejszyć dotychczasowe niepewności wyznaczania wartości tych wzorców. Można także odtwarzać jednostkę indukcyjności z jednostki pojemności, dzięki czemu można zmniejszyć niepewność odtwarzania wzorców indukcyjności. Można odtwarzać jednostkę indukcyjności bezpośrednio z wzorca państwowego pojemności elektrycznej (charakteryzującego się bardzo małą niepewnością) poprzez tzw. transfery łańcuchowe dochodząc do wartości indukcyjności 10 mH, 100 mH i 1 H. Transfery te można wykonywać w stosunkach 1:10 i 1:4. Porównywane są wartości impedancji Z jakie odpowiadają poszczególnym porównywanym wartościom wzorców pojemności i indukcyjności. W ostatnim czasie laboratorium zostało wyposażone w 3 indywidualne termostaty dla wzorców indukcyjności, dzięki czemu możliwe jest kolejne zmniejszenie niepewności odtwarzania jednostki indukcyjności poprzez wyeliminowanie wpływu zmian temperatury na wartość wzorca.



Omówiono odtwarzanie wartości wzorca 100 mH umieszczonego w termostacie indywidualnym z wartości pojemności 25,333 nF, której wartość została uzyskana poprzez transfer łańcuchowy od wzorca państwowego pojemności elektrycznej. Pokazane będzie, że dwa główne składniki wpływające na niepewność wyznaczenia wartości 100 mH, czyli wpływ temperatury (na cewkę) i niepewności mostka (wyznaczenia wartości kondensatora), zostały w znaczny sposób wyeliminowane, dzięki czemu niepewność wyznaczenia tej wartości jest mniejsza.

Komparacja przetworników termicznych AC/DC – szacowanie niepewności przy przenoszeniu jednostki napięcia przemiennego

Andrzej Kaźmierczak, Andrzej Kruszyński, Paweł Zawadzki



W referacie przedstawiono problematykę przeniesienia jednostki napięcia przemiennego. Prace te realizowane są w Laboratorium Wielkości Elektrycznych Małej Częstotliwości w Głównym Urzędzie Miar. W pracy przedstawiono przetworniki termiczne (TVC) wartości skutecznej (RMS) napięcia. Urządzenia te stosowane są jako wzorce odniesienia pozwalające odnieść wartość skuteczną napięcia przemiennego do wartości napięcia stałego. Pozwala to na powiązanie z kwantowym wzorcem napięcia, który jest utrzymywany w GUM.

W referacie przedstawiono posiadane przez Laboratorium jednozłączowe przetworniki termoelektryczne typu Holt Model 11, stanowiące podstawowy wzorec odniesienia, oraz wielozakresowy przetwornik półprzewodnikowy typu Fluke 792A. Pokazano także schemat spójności pomiarowej Laboratorium, obejmujący zarówno ww. wzorce odniesienia, jak i wzorce stosowane do wzorcowania przyrządów klientów. Przedstawiono także metody pomiarowe stosowane przy przenoszeniu jednostki napięcia AC i wynikające z ich zastosowania budżety niepewności pomiaru. Przeanalizowano przykładowe wyniki pomiarów przyrządów zgłaszanych do wzorcowania przez klientów i na bazie uzyskanych wyników przedyskutowano uzyskaną niepewność pomiaru jako funkcję praco- i czasochłonności zastosowanej metody pomiarowej.

Źródła niepewności przy wzorcowaniu wzorców kreskowych na komparatorze interferencyjnym

Piotr Sosinowski



W referacie przedstawiono budowę posiadanego przez Laboratorium Długości w Zakładzie Długości i Kąta GUM, stanowiska umożliwiającego wzorcowanie wzorców kreskowych o długościach nominalnych od 1 mm do 500 mm, omówiono zasadę pomiaru oraz wskazano istotne źródła niepewności występujące podczas wzorcowania. W pracy skupiono się na trzech głównych składowych wpływających na niepewność pomiaru: powtarzalności wskazań, błędzie cosinusowym i sposobie pozycjonowania kreski, przedstawiono możliwości ich zmniejszenia oraz działania podjęte w celu modernizacji jedynego w kraju stanowiska pomiarowego do wzorcowania wzorców kreskowych. Na koniec przedstawiony został udział Laboratorium Długości w porównaniach międzynarodowych EUROMET.L-K7 w zakresie wzorcowania wzorców kreskowych, których wstępne wyniki potwierdzają jego zdolności pomiarowe.