

Streszczenia referatów pracowników GUM na IX Sympozjum *Niepewność Pomiarów* 15 – 19 luty 2010 r.

Obliczanie niepewności pomiaru zgodne z procedurą dokumentu JCGM 101:2008

Dokument JCGM 101:2008 pt. *Evaluation of measurement data – Supplement 1 to the Guide to the expression of uncertainty in measurement – Propagation of distributions using a Monte Carlo method* wyznacza nowy standard w dziedzinie obliczania niepewności pomiaru. Promuje metodę propagacji rozkładów realizowaną przy zastosowaniu symulacji Monte Carlo. Przedstawia praktyczny algorytm postępowania przy obliczaniu niepewności, przeznaczony do wykonywania metodą numeryczną. Algorytm pozwala na wiarygodne jej wyznaczanie z dopuszczalną liczbą dwóch cyfr znaczących, zgodnie z przyjętą definicją przedziału rozszerzenia w oparciu o zasadę propagacji rozkładów. Nie wymaga przy tym stosowania specjalnego oprogramowania do realizacji obliczeń metodą Monte Carlo. Można go stosować przy wykorzystaniu powszechnie dostępnego narzędzia obliczeniowego jakim jest arkusz kalkulacyjny, dostępny dla każdego użytkownika komputera osobistego. Umożliwia to skuteczną walidację obliczeń niepewności pomiaru realizowaną klasyczną metodą z wykorzystaniem prawa propagacji niepewności, dając poczucie pewności laboratorium pomiarowemu, że obliczenia te zostały wykonane poprawie i zgodnie z międzynarodowymi zaleceniami.

Referat przedstawia metodykę obliczania niepewności pomiaru przy budżetowaniu wielkości mierzonej. Omawia sposób generowania rozkładów prawdopodobieństwa w arkuszu kalkulacyjnym wykorzystywanych do opisu wielkości wejściowych, takich jak rozkład Studenta, normalny, trójkątny czy prostokątny. Rozkłady te standardowo używane są przy opracowaniu wyniku pomiaru związanego z wzorcowaniem przyrządów pomiarowych.

Paweł Fotowicz

Zastosowanie analitycznej metody obliczania przedziału rozszerzenia do oceny niepewności pomiaru małych średnic laserowym przyrządem skanującym

Referat przedstawia analityczną metodę obliczania niepewności pomiaru i jej aplikację przy opracowaniu wyników pomiaru małych średnic zewnętrznych laserowym przyrządem skanującym. Metoda umożliwia wyznaczanie niepewności zgodnie z przyjętą nową definicją przedziału rozszerzenia dla wielkości mierzonej, rozumianą w sensie probabilistycznym, nie odwołując się przy tym do skomplikowanych technik numerycznych wymagających specjalistycznego oprogramowania. Przedstawiono ocenę dokładności metody i porównano ją z techniką obliczeniową zalecaną przez dokumenty normatywne. Metoda jest o rząd wielkości dokładniejsza od dotychczas stosowanej techniki obliczeniowej, zapewnia-

jąc wiarygodność wyrażania niepewności z zalecaną liczbą cyfr znaczących. Zastosowano ją do analizy wyniku pomiaru uzyskanego przy użyciu laserowego przyrządu skanującego. Przyrządy te należą do kategorii bezstykowych urządzeń pomiarowych wykorzystujących zogniskowaną wiązkę laserową. Na ogół stosuje się je do pomiaru elementów maszynowych, takich jak wałki, druty, włókna czy taśmy. Zasada działania przyrządów polega na pomiarze czasu przesłonięcia wiązki laserowej przemiatanej wzdłuż mierzonego wymiaru. Mierzony obiekt nie ma ustalonej pozycji i może przemieszczać się w trakcie pomiaru w określonym obszarze pomiarowym. Powoduje to powstawanie błędu systematycznego pomiaru. W pracy błąd ten traktowany jest probabilistycznie jako część przedziału rozszerzenia. Jego wartość graniczna została wyznaczona na podstawie analizy matematycznej przeprowadzonej w oparciu o poznane zjawiska związane z pomiarem, wykorzystując rozwiązania stosowane w dziedzinie optyki laserów. Porównano obliczone wartości graniczne z wartościami błędu systematycznego, otrzymanymi na podstawie danych eksperymentalnych. Odpowiednie wartości doświadczalne mieszczą się w wyznaczonych przedziałach ufności, co świadczy o poprawnym modelowaniu tego błędu. Przy obliczeniach zastosowano procedurę dotychczas wykorzystywaną jedynie dla opracowania wyników pomiaru przy wzorcowaniu. Procedura ta została adoptowana do potrzeb dowolnego pomiaru bezpośredniego. Jest czytelnym sposobem opracowania wyniku pomiaru, a przedstawiona w pracy probabilistyczna metodyka postępowania jest obecnie podstawą oceny niedokładności pomiaru, stosowaną coraz powszechniej we współczesnej metrologii.

Paweł Fotowicz

Wzorcowanie komparatora częstotliwości wzorcowych – procedura i szacowanie niepewności pomiaru

Przedmiotem niniejszego referatu jest przedstawienie propozycji procedury wzorcowania komparatora częstotliwości wzorcowych A7-MX, obejmującej również szacowanie niepewności wyniku pomiaru. Ogólnodostępna dokumentacja techniczna tego urządzenia nie dostarcza wystarczających informacji pozwalających na optymalne precyzyjne oszacowanie niepewności realizowanego za jego pomocą wyniku pomiaru. Stąd potrzeba przeprowadzenia dodatkowych badań w celu ustalenia dokładnych charakterystyk i możliwości przyrządu niezbędnych przy tworzeniu skutecznej i dokładnej procedury wzorcowania.

W pierwszej kolejności omawiany jest sam przyrząd. Przedstawiona jest specyfikacja pomiarowa producenta, w szczególności rozdzielczość i stabilność krótkoterminowa dla różnych czasów uśredniania pomiarów oraz metoda zwielokrotniania względnej różnicy częstotliwości wykorzystana w komparatorze. Metoda ta polega na zwiększaniu względnej różnicy między badanym sygnałem a sygnałem odniesienia poprzez kilkukrotne odpowiednie mieszanie i mnożenie częstotliwości.

Omówione są i porównane wyniki przykładowych pomiarów wykonanych dla różnych układów pomiarowych. Wyniki pomiaru zerowej różnicy częstotliwości wykonane za pomocą mostka lub trójkąta z jednego źródła sygnału oraz pomiary z wykorzystaniem wzorcowych źródeł sygnału odstrojonego – generatora z syntezą cyfrową częstotliwości i precyzyjnego przesuwnika fazy sygnału sinusoidalnego.

W dalszej części rozważone jest wykorzystanie, jako metody kontrolnej dla pomiarów wykonywanych za pomocą A7-MX, metody pomiaru czasu fazowego z wykorzystaniem precyzyjnego częstotściomierza-czasomierza cyfrowego. W metodzie tej mierzone są różnice czasów między sygnałami sekundowymi podawanymi na wejścia przyrządu. Przedstawione zostaną wyniki pomiarów wykonanych współbieżnie za pomocą komparatora i metodą pomiaru czasu fazowego dla wspomnianych wyżej źródeł sygnału odstrojonego oraz dla kilku par zegarów atomowych. Rozważona zostanie celowość i forma stosowania metody kontrolnej w procedurze wzorcowania komparatora.

Na podstawie omówionych przykładów przedstawiona jest koncepcja procedury wzorcowania i szacowania niepewności dla omawianego przyrządu.

Albin Czubla, Łukasz Czerski

Problem interpretacji udziału rozdzielczości w niepewności wyniku pomiaru

W referacie przedstawiona została próba ponownego spojrzenia na problematykę udziału rozdzielczości przyrządu pomiarowego w niepewności wyniku pomiaru, zwłaszcza w kontekście interpretacji pojęcia błędu wskazania oraz powiązania z procesem wzorcowania, bądź procesem pomiaru uwzględniającym wyniki wykonanego uprzednio wzorcowania tego przyrządu.

Pierwszy rozważany problem stanowi, przy poprawnym intuicyjnie rozumieniu pojęcia błąd wskazania i jak najbardziej właściwym uwzględnianiu udziału rozdzielczości w niepewności wyniku pomiaru, kwestia lokalnej stałości wartości błędu wskazania, a w konsekwencji odpowiedź na pytanie, co właściwie kryje się pod pojęciem wskazania przyrządu czy można je jednoznacznie zdefiniować.

Kolejnym rozważanym problemem jest zasadność i konsekwencje wielokrotnego uwzględniania rozdzielczości w niepewności wyniku pomiaru ze względu na wykorzystywanie przy wyliczaniu wartości i niepewności bieżącego wyniku pomiaru wyników wcześniejszego wzorcowania.

Następnym podejmowanym problemem jest kwestia tak skonstruowanego procesu wyznaczania błędu wskazania podczas wzorcowania, że właściwie można pominąć w niepewności wyniku pomiaru udział rozdzielczości przyrządu pomiarowego, ale jak też uniknąć nieporozumienia i ryzyka wprowadzenia użytkownika w błąd.

Na koniec przedstawione zostały powtórnie niektóre aspekty związane z arbitralnością przyjmowania wartości rozdzielczości przy szacowaniu niepewności wyniku pomiaru w sytuacjach, gdzie wynik pomiaru nie zmienia się wcale w szerokim zakresie wartości wielkości mierzonej, bądź nieregularnie zmienia się w obrębie dwu sąsiadujących wartości albo zmienia się stosunkowo szybko w obrębie kilku sąsiadujących wartości, oraz zaproponowano rozwiązania.

Albin Czubla, Jan Stępniewski

Szacowanie niepewności pomiaru podczas wzorcowania mierników pola magnetycznego

Wartość liczbowa uzyskana w rezultacie wykonanego pomiaru nie jest wyznaczana dokładnie. Z pomiarem związana jest jego niepewność. Określenie niepewności pomiaru odgrywa istotną rolę przy efektywnym wykorzystaniu uzyskanego wyniku pomiaru.

W referacie omówiono stanowisko do wzorcowania mierników pola magnetycznego. Przedstawiono znajdujące się w GUM wzorce jednostki indukcji pola magnetycznego (cewki Helmholtza). Zaprezentowano budżet niepewności i omówiono poszczególne jego składowe. Przedstawiono również wpływ zewnętrznych pól magnetycznych na wyniki pomiarów.

Katarzyna Falińska

Wpływ niepewności współczynnika liniowości zakresu dawkomierza na niepewność wyznaczenia jednostki kermy i mocy kermy w powietrzu

W pracy przedstawiono wpływ niepewności współczynnika liniowości dawkomierza k_z na niepewność pomiaru dla wybranych dawkomierzy, bazując na wynikach uzyskanych w czasie ich wzorcowania w Laboratorium Promieniowania Jonizującego i Wzorców Barwy Głównego Urzędu Miar. Zbadano możliwość pominięcia współczynnika k_z oraz wpływ niepewności jego wyznaczenia na budżet niepewności pomiaru.

W świetle uzyskanych wyników, można sformułować tezę, że w przypadku badanych dawkomierzy, niemożliwe jest pominięcie współczynnika poprawkowego liniowości w równaniu pomiaru (przyjęcie $k_z = 1$) i konieczne jest uwzględnienie niepewności wyznaczenia tego współczynnika w budżecie niepewności.

Andrzej Kaźmierczak, Adrian B. Knyziak