

Przemysław OTOMAŃSKI, Zbigniew KRAWIECKIPOLITECHNIKA POZNAŃSKA, INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ,
ul. Piotrowo 3a, 60-965 Poznań**Wykorzystanie środowiska LabVIEW do oceny niepewności rozszerzonej wyniku pomiaru rezystancji****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 ponad 100 publikacji.



e-mail: otoman@et.put.poznan.pl

Dr inż. Zbigniew KRAWIECKI

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej. Studia na kierunku Elektrotechnika, specjalność Elektroniczna Aparatura i Systemy Pomiarowe ukończył w 1996 roku. W 2005 roku uzyskał tytuł doktora. Obecnie jest zatrudniony na stanowisku adiunkta w Zakładzie Metrologii i Optoelektroniki Instytutu Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej. Zainteresowania naukowe dotyczą modelowania, symulacji, programowania, przetwarzania sygnałów pomiarowych (w szczególności biooptycznych).



e-mail: Zbigniew.Krawiecki@put.poznan.pl

Streszczenie

W pracy zaprezentowano możliwości zastosowania zintegrowanego środowiska programowania LabVIEW do końcowej oceny niedokładności wyniku pomiaru rezystancji. Przedstawiono przykładowe wyniki badań z wykorzystaniem wybranego multimetru przeprowadzone na zaprojektowanym i wykonanym stanowisku pomiarowym. Omówiono możliwości prezentacji i wizualizacji wyników pomiarów w postaci wygodnej i przyjaznej dla użytkownika. Tematykę prezentowaną w referacie przedstawiono z wykorzystaniem wybranych aplikacji.

Słowa kluczowe: niepewność rozszerzona, współczynnik rozszerzenia, przyrząd wirtualny.

Application of LabVIEW environment to evaluation of expanded uncertainty of resistance measurement result**Abstract**

Possible application of the integrated LabVIEW environment to final evaluation of the resistance measurement accuracy is presented in the paper. The paper shows the measurement results obtained on a designed measuring position (Fig. 1) consisting of a multimeter indicating the conventional true value, examined resistors and a computer with control software. The multimeter used in the system is equipped with a communication interface IEEE-488.2, which makes it possible to control it remotely from the level of computer and developed application, written in the LabVIEW environment, based on the commands of SCPI standard. The designed measuring position has both research and teaching qualities and advantages. By using the LabVIEW environment – as it is illustrated with an example of the developed application – we can support or vary the teaching process of students in the field of metrology and measurement theory. The authors' present experience demonstrates that the developed software is a very useful instrument assisting the teaching process. The application of computer simulation to teaching is a requirement of modern education. The authors consider how the measurement results can be presented and visualised in a convenient and user-friendly form. The topics discussed in the paper were analysed with use of selected LabVIEW applications.

Keywords: expanded uncertainty, coverage factor, virtual instrument.

1. Wprowadzenie

Poznanie rzeczywistej wartości mierzonej wielkości jest celem, do którego dążymy w trakcie pomiaru. Wielkości tej nigdy nie poznamy dokładnie ze względu na niedoskonałość aparatury pomiarowej lub metod pomiarowych. Otrzymany w wyniku pomiaru rezultat jest pewną oceną wartości prawdziwej. Ocena ta jest tym lepsza, im większa jest dokładność pomiaru. Zgodnie z [1] niepewność pomiaru jest to nieujemny parametr charakteryzujący rozproszenie wartości wielkości przyporządkowany do menzurandu, obliczony na podstawie uzyskanej informacji.

Takim parametrem może być np. odchylenie standardowe zwane standardową niepewnością pomiaru (lub określona jej wielokrotność) lub też połowa szerokości przedziału mającego określone prawdopodobieństwo rozszerzenia.

Wiadomo, że niepewność rozszerzona U jest parametrem pozwalającym na wyznaczenie granic przedziału ufności obejmującego nieznaną wartość prawdziwą z określonym prawdopodobieństwem $1 - \alpha$

$$P(\bar{x} - U < \mu < \bar{x} + U) = 1 - \alpha \quad (1)$$

gdzie: niepewność rozszerzona U :

$$U = k(\alpha) \cdot u_c \quad (2)$$

- u_c jest niepewnością standardową złożoną odpowiadającą odchyleniu standardowemu rozkładu będącego splotem rozkładów składowych i dla wielkości mierzonej bezpośrednio, kiedy uwzględnia się metody typu A i B wyznaczania niepewności pomiaru dana jest zależnością (3),

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (3)$$

- $k(\alpha)$ jest współczynnikiem rozszerzenia odpowiadającym zmiennej standaryzowanej danego rozkładu,
- μ oznacza wartość oczekiwaną,
- \bar{x} jest średnią arytmetyczną n zmiennych losowych.

Do wyznaczenia przedziału ufności dla dowolnego parametru populacji konieczna jest znajomość rozkładu prawdopodobieństwa estymatora tego parametru. W rozpatrywanym przypadku niezbędne jest określenie rozkładu średniej \bar{x} , będącej estymatorem nieznannej wartości prawdziwej. Rozkładem średniej jest rozkład Studenta, który dla liczby pomiarów n dążącej do nieskończoności staje się zbliżony do rozkładu normalnego. Szczegółowy opis wyznaczania wartości niepewności typu A i B jak również niepewności standardowej złożonej u_c znajduje się, między innymi, w dokumentach [2] i [3].

2. Środowisko programowania LabVIEW

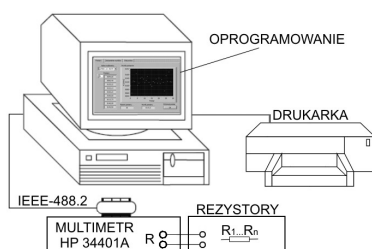
Środowisko programowania LabVIEW (ang. Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) jest graficznym językiem programowania wykorzystywanym do tworzenia aplikacji przeznaczonych do symulacji, gromadzenia informacji, oraz kontroli przesyłu danych. W środowisku LabVIEW programista ma do dyspozycji dwa główne okna: panel i diagram. Panel stanowi aktywny interfejs z użytkownikiem i może zawierać elementy do wprowadzania (kontrolki) i wyprowadzania (wskaźniki) danych. Program w tym środowisku nie jest zapisywany w postaci poleceń

tekstowych, lecz jest przedstawiony w postaci algorytmu za pomocą gotowych bloków, funkcji i innych obiektów. Diagram z kolei to schemat blokowy, w którym elementy łączone są liniami obrazującymi przepływ sygnału (danych). Programy stworzone w środowisku LabVIEW nazywane są przyrządami wirtualnymi VI (ang. Virtual Instrument) [4-6]. Przyrządy wirtualne stanowią nową generację przyrządów pomiarowych, gdzie realizacja sprzętowa pewnych funkcji zastąpiona jest odpowiednim oprogramowaniem wykonywanym przez komputer ogólnego przeznaczenia. W odróżnieniu od standardowych języków programowania takich jak np. język C, gdzie instrukcje determinują wykonanie programu, w LabVIEW o wykonaniu programu decyduje przepływ danych [7].

3. Stanowisko pomiarowe

Badania przeprowadzono na zaprojektowanym i skonstruowanym stanowisku pomiarowym, przedstawionym na rys. 1.

Stanowisko to składa się z multimetru wskazującego wartość umownie prawdziwą, badanych rezystorów, oraz komputera wraz z oprogramowaniem sterującym.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do wyznaczania niedokładności pomiarów rezystancji

Fig. 1. Diagram of the measuring position for examining the resistance measurement accuracy

W omawianym układzie pomiarowym przyrządem wskazującym wartość umownie prawdziwą jest multimetr HP 34401A. Wykorzystany multimetr jest wyposażony w interfejs komunikacyjny IEEE-488.2, co umożliwia jego zdalne sterowanie z poziomu komputera i opracowanej aplikacji, napisanej w środowisku LabVIEW, w oparciu o rozkazy standardu SCPI.

4. Wirtualny przyrząd pomiarowy do oceny niedokładności wyniku pomiaru rezystancji

Opracowany program, w postaci przyrządu wirtualnego, przeznaczony jest do oceny niedokładności wyniku pomiaru rezystancji. Opracowana aplikacja umożliwia wizualizację zarejestrowanych wyników pomiarów jak również wyznaczenie wartości niepewności rozszerzonej wyniku pomiaru dla pomiaru bezpośredniego.

Po uruchomieniu programu należy wybrać rodzaj pracy. Opracowana aplikacja umożliwia pracę w dwóch trybach:

- tryb „on-line”, w którym program na bieżąco odczytuje kolejne wartości rezystancji rezystorów dołączonych do multimetru,
- tryb pracy z plikiem tekstowym, typu txt, który zawiera zebrane wcześniej dane pomiarowe.

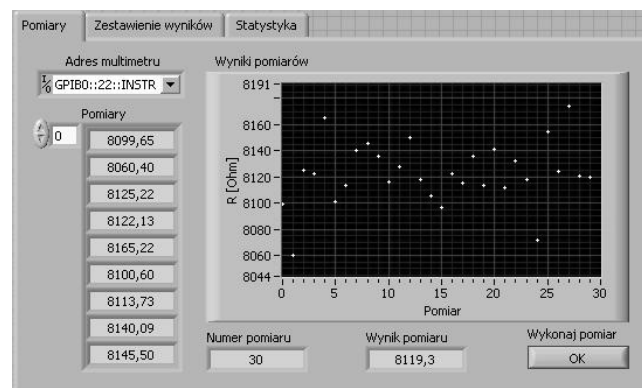
W dalszej części publikacji będzie omówiony pierwszy tryb pracy aplikacji. Przed rozpoczęciem pracy należy określić liczbę pomiarów n . Do przeprowadzenia kolejnego pomiaru służy przycisk „Wykonaj pomiar”, który powoduje dodanie kolejnego wyniku pomiaru. Wyniki uzyskiwane w trakcie pomiarów można obserwować w panelu „Pomiary”. Są tam przedstawiane: numer kolejnego pomiaru, wartość uzyskanej rezystancji, jak również jej graficzna interpretacja.

Na rys. 2 przedstawiono panel opracowanego przyrządu wirtualnego przeznaczonego do gromadzenia danych pomiarowych.

Po zakończeniu serii wyników pomiarów, na kolejnym panelu aplikacji, „Zestawienie wyników”, przedstawione są: uzyskane wyniki pomiarów, wartość średnia \bar{x} oraz wyróżnione: wartość minimalna i maksymalna wraz z określeniem numeru pomiaru.

Na rys. 3 przedstawiono panel przyrządu wirtualnego z zestawionymi przykładowymi wynikami zarejestrowanych pomiarów.

Na tym etapie należy ujawnić, czy w serii zarejestrowanych wyników pomiarów nie wystąpił błąd nadmierny tzn. należy ocenić, czy któraś z wartości ekstremalnych różni się istotnie od pozostałych wartości.

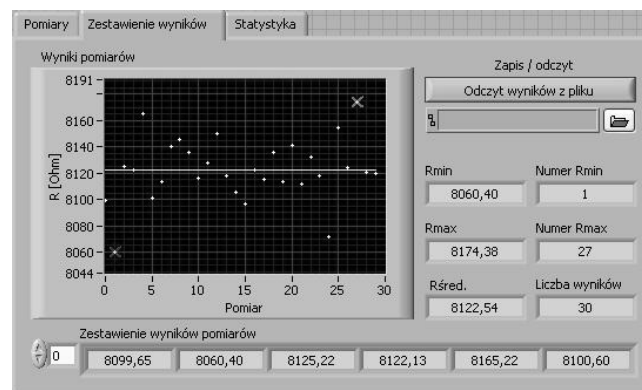


Rys. 2. Panel przyrządu wirtualnego przeznaczony do gromadzenia wyników pomiarów

Fig. 2. Panel of virtual device designed for acquisition of measurement results

Istnieje wiele metod statystycznych pozwalających na ujawnienie i eliminację błędów nadmiernych, opisanych między innymi w [8] i [9]. Jeżeli odpowiedź na tak sformułowane pytanie będzie twierdząca, może to dowodzić, że nastąpiła omyłka. Wówczas należy uruchomić pętlę pomiarową, która pozwoli na ujawnienie i eliminację błędów nadmiernych. Jedną z metod, pozwalającą wykryć błędy nadmierne jest metoda z wykorzystaniem estymacji punktowej, którą zastosowano w opisanej aplikacji.

Na podstawie uzyskanego wyniku ocenić należy, czy „podejrzany” wynik należy odrzucić bądź pozostawić. Wówczas do końcowej oceny niedokładności wyników pomiarów bierzemy liczbę pomiarów $n - 1$, bądź n .



Rys. 3. Panel przyrządu wirtualnego z zarejestrowanymi wynikami pomiarów

Fig. 3. Panel of virtual device with recorded measurement results

Końcowym etapem oceny niedokładności wyniku pomiaru jest estymacja przedziałowa, czyli wyznaczenie niepewności typu A i B, jak również niepewności złożonej u_c i współczynnika rozszerzenia $k(\alpha)$. Na tym etapie określana jest relacja pomiędzy niepewnościami u_A oraz u_B . Możliwe są do wyboru trzy opcje: $u_A \ll u_B$, $u_A \gg u_B$ lub $u_A \approx u_B$.

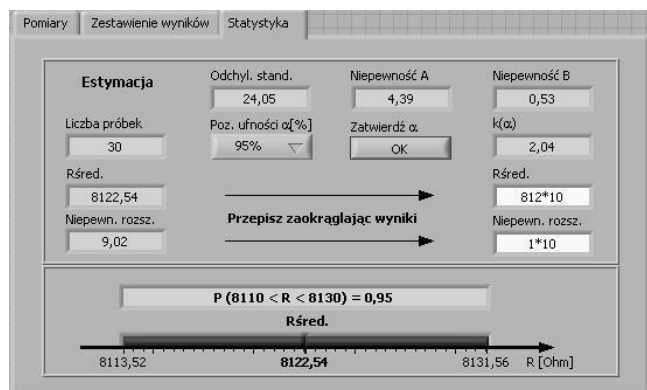
Po wyznaczeniu, zgodnie z zależnością (3), niepewności złożonej końcowym etapem jest wyznaczenie przedziału ufności tzn. wartości niepewności rozszerzonej U .

W przypadku, jeżeli zachodzi zależność $u_A \gg u_B$, czyli niepewnością dominującą jest niepewność typu A, dla założonej wartości prawdopodobieństwa $1 - \alpha$ z tablicy zawartej w aplikacji jest automatycznie pobierana wartość współczynnika $k(\alpha)$ z tabeli rozkładu Studenta dla określonej liczby stopni swobody $m = n - 1$.

Dla przypadku, gdy $u_A \ll u_B$, zakładając, że rozkładem błędów multimetru jest rozkład jednostajny, wartość współczynnika $k(\alpha)$ przyjmuje wartość współczynnika $k_{SJ}(\alpha)$ dla rozkładu jednostajnego.

Najczęstszym przypadkiem pomiarowym jest sytuacja, kiedy obydwie niepewności, typu A i B są porównywalne. W takiej sytuacji współczynnik rozszerzenia $k(\alpha)$ jest wartością zmiennej standaryzowanej, dobieranej ze względu na założone prawdopodobieństwo $1 - \alpha$, dla rozkładu prawdopodobieństwa będącego splotem rozkładów składowych. W przypadku rozpatrywanego pomiaru bezpośredniego, dla małej liczby próby, $n < 30$, współczynnik rozszerzenia $k(\alpha)$ będzie równy współczynnikowi splotu dla rozkładów Studenta i jednostajnego $k_{SJ}(\alpha)$. Ponieważ kwestia wyznaczania wartości współczynnika rozszerzenia jest problemem złożonym, omawianym w licznych pracach, dlatego w niniejszej publikacji nie będzie szczegółowo rozważana. W rozpatrywanym przypadku zastosowano przybliżoną metodę, opartą na formule Welch-Satterthwaite'a. Niepewność rozszerzona wyniku pomiaru, dla rozpatrywanego przypadku, została określona zgodnie z dokumentem [10], przy poziomie ufności ok. 95%.

Na rys. 4 przedstawiono panel „Statystyka” opracowanego przyrządu wirtualnego przeznaczonego do końcowej oceny niedokładności wyniku pomiaru.



Rys. 4. Panel przyrządu wirtualnego przeznaczony do określenia niepewności rozszerzonej wyniku pomiaru

Fig. 4. Panel of virtual device designed for determining the expanded uncertainty of measurement result

Na panelu widoczne są wyznaczone: wartość średnia, wartości niepewności typu A i B, oraz wartość niepewności rozszerzonej w postaci liczbowej, jak również w postaci przedziału ufności zaprezentowanego w postaci graficznej.

5. Wnioski

Przedstawione w pracy stanowisko pomiarowe, wraz z opracowaną aplikacją, umożliwia zastosowanie zaawansowanych metod wspomaganie komputerowego, z wykorzystaniem środowiska LabVIEW, w procesie końcowej oceny niedokładności wyniku pomiaru rezystancji. Ilościową oceną takiej niedokładności jest niepewność rozszerzona U . Wykorzystanie środowiska LabVIEW, co zostało zaprezentowane na przykładzie opracowanej aplikacji, może urozmaicać oraz wspomagać proces nauczania studentów w zakresie metrologii oraz teorii pomiarów. Zastosowanie metod symulacji komputerowej w procesie nauczania jest, zdaniem autorów, wymogiem współczesnej edukacji.

6. Literatura

- [1] International Vocabulary of Metrology – basic and general concepts and associated terms, VIM, 3rd edition, JCGM 200:2008.
- [2] Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM, JCGM 100:2008.
- [3] Otomański P., Szlachta A.: The evaluation of expanded uncertainty of measurement result in direct measurement using the LabVIEW environment, Measurement Science Review, Vol. 8, No 6, 2008, 147-150.
- [4] National Instruments Corporation: LabVIEW User Manual 1999.
- [5] Travis J. Kring J.: LabVIEW for everyone New York Prentice Hall, 2006.
- [6] LabVIEW – Measurement Manual National Instrument Corporation, 2000.
- [7] Sokoloff L. Applications in LabVIEW New Jersey Prentice Hall, 2004.
- [8] Turzeniecka D.: Ocena niepewności wyniku pomiaru, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 1997.
- [9] Skubis T.: Podstawy metrologicznej interpretacji wyników pomiarów, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2004.
- [10] Dokument EA-4/02 Wyrażanie niepewności pomiaru przy wzorcowaniu, Główny Urząd Miar, 2001.

otrzymano / received: 14.09.2011

przyjęto do druku / accepted: 02.11.2011

artykuł recenzowany

INFORMACJE

Informacja redakcji dotycząca artykułów współautorskich

W miesięczniku PAK od numeru 06/2010 w nagłówkach artykułów współautorskich wskazywany jest autor korespondujący (Corresponding Author), tj. ten z którym redakcja prowadzi wszelkie uzgodnienia na etapie przygotowania artykułu do publikacji. Jego nazwisko jest wyróżnione drukiem pogrubionym. Takie oznaczenie nie odnosi się do faktycznego udziału współautora w opracowaniu artykułu. Ponadto w nagłówku artykułu podawane są adresy korespondencyjne wszystkich współautorów.

Wprowadzona procedura wynika z międzynarodowych standardów wydawniczych.

Redakcja