

## PRZYRZĄDY WITRUALNE WSPOMAGAJĄCE NAUCZANIE PODSTAW METROLOGII

Anna SZLACHTA

Politechnika Rzeszowska, Zakład Metrologii i Systemów Diagnostycznych  
tel.: +48 177432462 e-mail: annasz@prz.edu.pl,

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wybrane aplikacje opracowane w środowisku LabVIEW. Dotyczą one podstaw metrologii m.in. opracowania pojedynczego wyniku oraz serii wyników pomiaru. Przedstawiono przyrządy wirtualne, które symulują podstawowe układy stosowane w metrologii. Ich zastosowanie wzbogaca i uatrakcyjnia proces nauczania.

**Słowa kluczowe:** metrologia, środowisko LabVIEW, przyrządy pomiarowe.

### 1. WPROWADZENIE

Na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej prowadzonych jest pięć kierunków studiów pierwszego stopnia, są to:

- elektrotechnika,
- informatyka,
- elektronika i telekomunikacja,
- energetyka,
- automatyka i robotyka.

Na wszystkich prowadzonych kierunkach realizowane są zajęcia z zakresu metrologii elektrycznej i elektronicznej, w zależności od kierunku w ramach przedmiotów o różnych nazwach i wymiarze godzinowym.

Aktualni absolwenci szkół ponadgimnazjalnych w większości są słabiej przygotowani do studiowania, niż to było kilka lub kilkanaście lat temu. Zajęcia z podstaw metrologii prowadzone są na stosunkowo niskich semestrach (2, 3), dlatego bardzo ważne jest właściwe przedstawienie zagadnień merytorycznych. Najmniej zajęć z metrologii mają studenci z informatyki (technika informacyjno-pomiarowa: wykład 30 godz., laboratorium 15 godz.) oraz niestety dla automatyki i robotyki (metrologia w automatyce i robotyce: wykład 15 godz., laboratorium 30 godz.). Bardzo trudno jest w tak krótkim czasie przedstawić treści metrologii wielkości elektrycznych i nieelektrycznych niezbędne w dalszym procesie kształcenia i pracy.

Dla studentów pozostałych kierunków zajęcia z metrologii prowadzone w ramach kilku przedmiotów.

#### 1.1. Metrologia w automatyce i robotyce

W trakcie opracowywania planów studiów pierwszego stopnia kierunku automatyka i robotyka przedmiot „metrologia w automatyce i robotyce” posiadał 30 godzin wykładu i tylko 15 godzin laboratorium, ostatnio zostało to zmienione. Obecnie jest on realizowany w wymiarze 15 godzin wykładów oraz 30 godzin zajęć laboratoryjnych, co

moim zdaniem jest lepsze dla studentów, którzy w większości są absolwentami szkół ogólnokształcących.

Wykład do tego przedmiotu jest tylko piętnastogodzinny, dotyczy zagadnień z zakresu szeroko rozumianej metrologii wielkości elektrycznych i nieelektrycznych, z zagadnieniami przetwarzania sygnałów. W czasie zajęć laboratoryjnych studenci mają możliwość zapoznania się z treściami przedstawianymi na wykładzie. Laboratorium metrologii składa się z piętnastu dwugodzinnych spotkań, do których należą:

1. Wprowadzenie do laboratorium – zajęcia obowiązkowe;
2. Obsługa przyrządów pomiarowych;
3. Obsługa oscyloskopu;
4. Opracowanie wyników pomiaru;
5. **Zaliczenie praktyczne I serii ćwiczeń;**
6. Pomiary napięcia, prądu i mocy;
7. Pomiary rezystancji, impedancji;
8. Pomiary czasu i częstotliwości;
9. Mostki pomiarowe;
10. Zaliczenie pisemne II serii ćwiczeń oraz zajęcia demonstracyjne;
11. Akwizycja danych pomiarowych;
12. Przetwornik A/C;
13. Przetwornika C/A;
14. Badanie charakterystyk czujników;
15. Zaliczenie pisemne III serii ćwiczeń oraz zajęcia demonstracyjne.

Ważnym elementem zaproponowanym do zaliczenia laboratorium jest indywidualne zaliczenie praktyczne dotyczące opanowania techniki obsługi aparatury pomiarowej: oscyloskopu, generatora, multimetru. Po zaliczeniach pisemnych, które trwają około półgodziny studenci uczestniczą w zajęciach demonstracyjnych, w czasie których prezentowane są stanowiska: do automatycznego pomiaru prędkości obrotowej silnika oraz sterowania falownikiem w pomiarach przepływów dwufazowych.

#### 1.2. Przyrządy wirtualne

W celu ułatwienia zrozumienia przekazywanych studentom treści zaproponowano wykorzystanie nowoczesnych narzędzi do wzbogacenia zajęć dydaktycznych, m.in. wspomaganie komputerowe wraz z odpowiednim oprogramowaniem. Wybrane problemy metrologiczne są prezentowane w trakcie zajęć za pomocą specjalnie przygotowanych wirtualnych instrumentów. W Zakładzie Metrologii i Systemów Diagnostycznych

Politechniki Rzeszowskiej opracowano szereg aplikacji w środowisku LabVIEW, które są wykorzystywane w nauczaniu przedmiotu „Metrologia w automatyce i robotyce”. Zastosowanie podobnych, opracowanych w innych krajowych ośrodkach akademickich, programów do procesu dydaktycznego zostało przedstawiane w pracach [1-4].

## 2. OPRACOWANE PRZYRZĄDY

### 2.1. Mierniki analogowy i cyfrowy

W trakcie pierwszych zajęć studenci zapoznają się z aparaturą pomiarową: multimetry, generatory, oscyloskopy analogowe i cyfrowe oraz zasilacze.

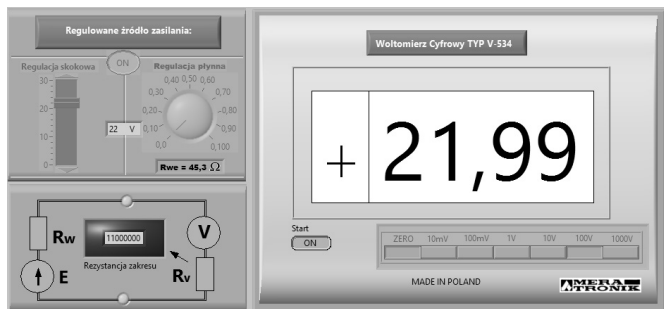
Stosowane w laboratorium rzeczywiste przyrządy pomiarowe nie są idealne, opracowane aplikacje uwzględniają te właściwości (np. rezystancja wewnętrzna woltomierza). W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci uczą się poprawnie łączyć, właściwie dobierać przyrządy pomiarowe oraz ich zakresy. W pomiarach napięcia stałego oprócz właściwego wyboru zakresu miernika, na wynik pomiaru ma wpływ rezystancja wewnętrzna źródła oraz rezystancja woltomierza. W tym celu należy również wyznaczyć błąd systematyczny.

Na rysunku 1 przedstawiono aplikację, która symuluje pracę miernika analogowego wraz z układem pomiarowym. W zależności od wartości mierzonego napięcia student ma możliwość wyboru odpowiedniego zakresu pomiarowego. Aplikacja na podstawie wyboru zakresu pomiarowego woltomierza wyznacza jego rezystancję wewnętrzną według danych producenta i wyświetla jej wartość na ekranie [5, 6].



Rys. 1. Wirtualny woltomierz analogowy [5]

Kolejnym przykładem jest wirtualny miernik cyfrowy, tutaj również istnieje możliwość wyboru zakresu pomiarowego [5, 6]. Widok interfejsu użytkownika aplikacji symulującej woltomierz cyfrowy przedstawia rysunek 2.



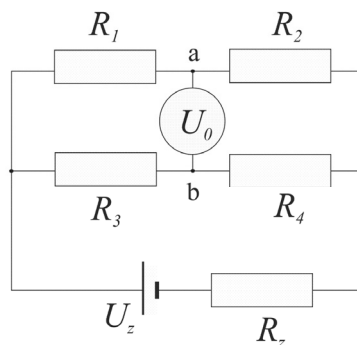
Rys. 2. Wirtualny woltomierz cyfrowy [5]

Przedstawione przykładowe aplikacje przyrządów pomiarowych pozwalają zobrazować na wykładzie zagadnienia dotyczące zastosowania przyrządów

analogowych i cyfrowych, tj. dobór zakresu, stała podziałki dla miernika analogowego, czy rozdzielczość dla miernika cyfrowego.

### 2.2. Mostek zrównoważony – Wheatstone'a

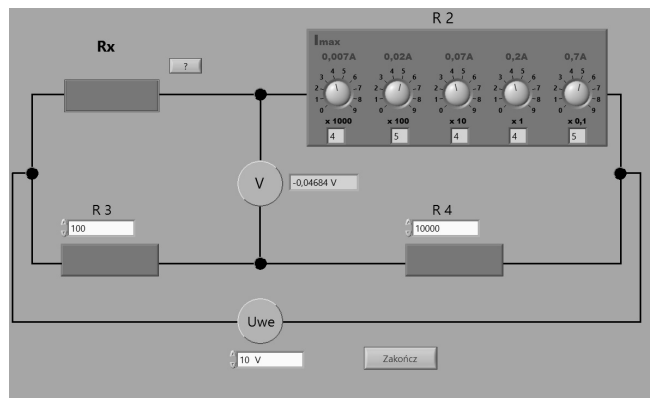
Na wykładzie z podstaw metrologii jednym z podstawowych układów pomiarowych jest układ mostka zrównoważonego, dla napięć stałych przedstawiany najczęściej jako mostek Wheatstone'a. Na rysunku 3 przedstawiono typowy układ mostka.



Rys. 3. Układ mostka zrównoważonego [7]

Układ ten to podwójny dzielnik napięcia, składający się z par oporników  $R_1$  i  $R_2$  oraz  $R_3$ ,  $R_4$  dołączonych do napięcia zasilającego  $U_z$ . Napięcie  $U_0$  na przekątnej a-b jest równe zero, co zachodzi dla warunku  $R_1 R_4 - R_2 R_3 = 0$ , wówczas układ mostka znajduje się w stanie równowagi.

Na potrzeby omówienia zagadnień dotyczących mostka zrównoważonego opracowana została aplikacja, która symuluje działanie mostka. Zadaniem studentów jest doprowadzenie do stanu równowagi poprzez regulację rezystorem  $R_2$ , który wyglądem przypomina rezystor dekadowy. Na rysunku 4 przedstawiono interfejs użytkownika aplikacji „mostek zrównoważony”.



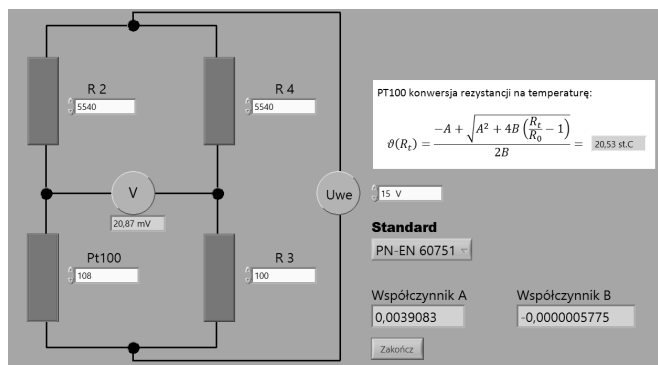
Rys. 4. Mostek zrównoważony

Dodatkowo istnieje możliwość zmiany wartości napięcia zasilania oraz wartości rezystorów  $R_3$  i  $R_4$ , których stosunek jest odpowiedzialny za zakres mostka.

### 2.3 Mostek niezrównoważony z jednym czujnikiem

Kolejnym układem wykorzystywanym w pomiarach wielkości elektrycznych i nieelektrycznych jest układ mostka niezrównoważonego [6]. Układ mostka niezrównoważonego jest używany np. w pomiarach temperatury (jeden czujnik) czy pomiarach odkształceń (jeden, dwa lub cztery czujniki).

Na rysunku 5 przedstawiono widok interfejsu aplikacji mostka niezrównoważonego, pracującego z czujnikiem rezystancyjnym. Dodatkowo zaimplementowano cztery standardy określające współczynniki dla czujnika rezystancyjnego Pt100. Studenci mają możliwość zweryfikowania wartości temperatury otrzymanej w układzie mostka z obliczeniami teoretycznymi.

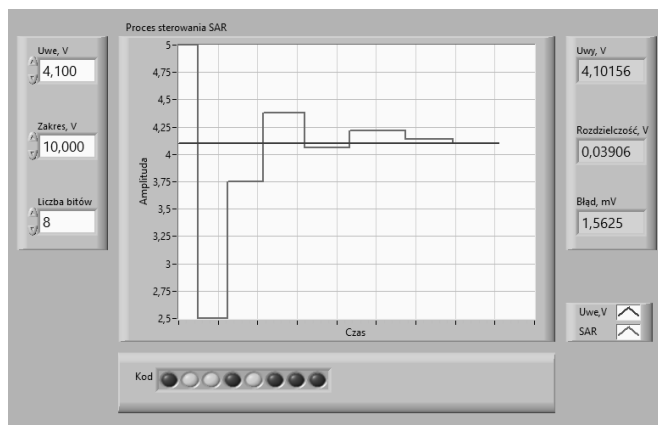


Rys. 5. Mostek niezrównoważony z czujnikiem Pt100

Takie rozwiązanie umożliwia porównanie obliczeń temperatury na podstawie wartości rezystancji przy zastosowaniu odpowiednich norm. W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci oprócz wirtualnych mostków mają do dyspozycji układy rzeczywiste.

#### 2.4. Przetwornik A/C z sukcesywną aproksymacją

Przetworniki A/C są wykorzystywane w torach pomiarowych, ze względu na zasadę działania wyróżnia się kilka typów przetworników. Jednym z nich jest przetwornik z sukcesywną aproksymacją, jego działanie jest dość proste, wynik otrzymujemy metodą kolejnych przybliżeń, czas przetwarzania zależy od liczby porównań, czyli liczby bitów. Proces konwersji można wyjaśnić za pomocą rysunku 6, gdzie przedstawiono realizację przetwornika w środowisku LabVIEW.

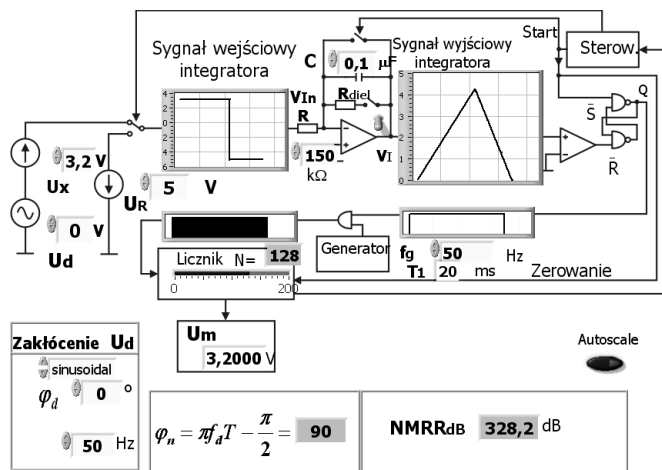


Rys. 6. Przetwornik A/C sukcesywna aproksymacja

#### 2.5. Przetwornik A/C z podwójnym całkowaniem

Kolejnym przetwornikiem A/C często wykorzystywanym w technice pomiarowej, w szczególności w multimetrach cyfrowych, jest przetwornik z podwójnym całkowaniem.

Na rysunku 7 przedstawiono realizację przetwornika w środowisku LabVIEW.



Rys. 7. Przetwornik A/C z dwukrotnym całkowaniem [3, 4]

Autorzy tak opracowali aplikację, aby można było zilustrować wpływ poszczególnych parametrów na pracę przetwornika. W układzie zostały uwzględnione ważniejsze podzespoły m. in. parametry integratora, częstotliwość generatora wzorcowego, napięcie referencyjne [4].

W pracy [3] zostały przedstawione badania opracowanego przetwornika dla różnych zakłóceń występujących w torze pomiarowym.

### 3. ZREALIZOWANE PRACE DYPLOMOWE

W ramach prac dyplomowych opracowanych zostało kilka większych aplikacji, m. in. wirtualny fazomierz czy miernik zawartości harmonicznych.

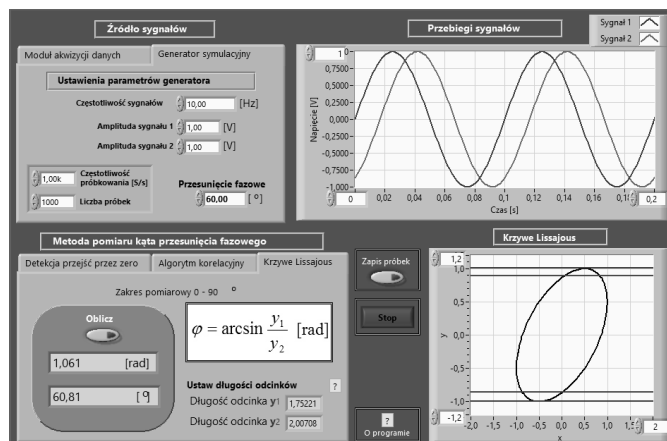
#### 3.1. Fazomierz

Program wirtualny fazomierz ma dwa tryby symulacyjny oraz z akwizycją danych pomiarowych [8]. Istnieje możliwość wykorzystania trzech kart pomiarowych, które są dostępne w laboratorium (NI PCI-6024E, NI USB 6009, NI USB 6015).

W opracowanej aplikacji zaimplementowano trzy metody wyznaczania przesunięcia fazowego:

- metoda przejść przez zero;
- metoda korelacyjna;
- metoda krzywych Lissajous.

Na rysunku 8 przedstawiono interfejs użytkownika wirtualnego fazomierza, pracującego w trybie symulacyjnym.

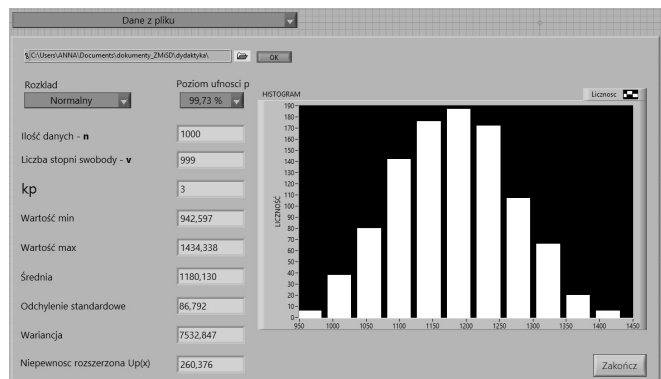


Rys. 8. Wirtualny fazomierz

Aplikacja wirtualnego fazomierza uwzględnia korekcję wyznaczenia przesunięcia fazowego spowodowanego niejednoczesnym próbkowaniem w obu kanałach.

### 3.2. Statystyczne opracowanie serii wyników pomiaru

W ZMiSD wykonana została aplikacja do statystycznego opracowania wyników serii pomiarów [6]. Na rysunku 9 przedstawiono widok interfejsu użytkownika aplikacji.



Rys. 9. Analiza statystyczna

Program umożliwia dwa tryby wprowadzania danych, ręcznie oraz z pliku tekstowego. W programie zaimplementowano tablice z wartościami współczynnika rozszerzenia dla rozkładu normalnego oraz dla rozkładu studenta.

### 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Artykuł przedstawia przykładowe rozwiązania zastosowane w procesie nauczania metrologii dla studentów pierwszego roku studiów pierwszego stopnia kierunku automatyka i robotyka. Opracowane w LabVIEW programy uatrakcyjnijają proces nauczania, wykorzystują zdolności studentów do obsługi komputera. Wykorzystanie umiejętności obsługi komputera przez ludzi młodych, moim zdaniem pozwala w przyjazny sposób przekazać im wiedzę. Takie rozwiązania nie budzą obaw jak nieznane tradycyjne przyrządy pomiarowe. Oczywiście opracowane aplikacje nie zastępują tradycyjnego laboratorium, są wykorzystywane również w trakcie wykładów, aby zwiększyć zainteresowanie przedmiotem.

Po kilku latach pracy można stwierdzić, iż zastosowane techniki przynoszą oczekiwane rezultaty, studenci chętnie uczestniczą w zajęciach, a także wracają do Zakładu Metrologii i Systemów Diagnostycznych, gdzie wybierają prace dyplomowe inżynierskie lub magisterskie.

### 5. BIBLIOGRAFIA

1. Referowski L., Swisulski D. Progress in Education of Electrical Measurements, Electronics and Electrical Engineering 2006, Nr 3(67), pp. 25-30.
2. Tłaczała W., Gorghiu G., Garcia de la Santa A., Kordaki M., Rodriguez J. T. Uzycki J., Modeling of the D/A and A/D conversion techniques based on virtual instrumentation, Current Developments in Technology-Assisted Education - Proceedings of the 4th International Conference on Multimedia and Information and Communication Technologies in Education, vol. 1, pp. 564 – 568, Seville, Spain, November 2006.
3. Odon A., Krawiecki Z.: Using LabVIEW for computer modelling of conversion methods in analog to digital converters. 12 th IMEKO TC1 & TC7 Joint Symposium on Man Science & Measurement September, 3 – 5, 2008, Annecy, France, pp. 395-400.
4. Odon A. Otomański P.: Badanie wirtualne modelu przetwornika analogowo-cyfrowego z dwukrotnym całkowaniem. Pomiary Automatyka Kontrola, nr 12/2008, str. 880-882.
5. Przyrwa P.: Wirtualna instrukcja do ćwiczenia z pomiarów napięcia stałego. Praca dyplomowa inżynierska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej, promotor dr inż. Ewa Dziuban, Rzeszów 2009.
6. Skomra Ł.: Przyrządy wirtualne do wizualizacji podstawowych problemów z podstaw metrologii. Praca dyplomowa inżynierska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej, promotor dr inż. Anna Szlachta, Rzeszów 2013.
7. Chwaleba A., Poniński M.: Metrologia elektryczna, Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1998.
8. Kopiel P.: Wirtualny fazomierz cyfrowy. Praca dyplomowa magisterska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej, promotor dr inż. Anna Szlachta, Rzeszów 2008.

## VIRTUAL INSTRUMENTS SUPPORTING TEACHING OF METROLOGY PRINCIPLES

In this article the various applications elaborated in LABVIEW environment were presented. These applications show the selected measurement problems occurring in teaching of metrology principles in the Department of Metrology and Diagnostic Systems at Rzeszow University of Technology. Two of the mentioned applications are dedicated for simulation of DC voltage measurement. Measurements can be done by analogue or digital virtual voltage meters. The expression of uncertainty is the most important task in metrology as well for single value of measurement as for a series of values. The next application makes possible to assess uncertainty of series of measurement results using the Gaussian distribution or the Student's t-distribution. The another application shows problems accompanied with balanced and unbalanced bridges. The resistive sensor Pt100 sensing the temperature of environments was use as element of unbalanced bridge. The last two applications were developed to explain the ideas of analogue to digital conversion. In this article two virtual ADC converters using successive approximate and dual slope were presented.

**Keywords:** metrology, LabVIEW, virtual instruments.