

Zbigniew KRAWIECKI, Andrzej ODON

POLITECHNIKA POZNAŃSKA, INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ

Wspomagane komputerowo stanowisko laboratoryjne do badania właściwości metrologicznych multimetrów na zakresach napięć przemiennych

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 n.t. Obecnie na stanowisku adiunkta w Zakładzie Metrologii i Optoelektroniki. Zainteresowania naukowe dotyczą modelowania, symulacji, programowania, przetwarzania sygnałów pomiarowych (w szczególności biooptycznych).

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



Dr inż. Andrzej ODON

Ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej w 1974 roku. W roku 1983 uzyskał tytuł doktora n. t. Jest autorem ponad 50 prac naukowych. Główne zainteresowania naukowe dotyczą badań przetworników i czujników pomiarowych zwłaszcza dla optoelektrycznych zastosowań pomiarowych. Od 1999 członek Sekcji Podstawowych Problemów Metrologii Komitetu Metrologii i Aparatury Naukowej PAN.

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



Streszczenie

W pracy opisano stanowisko laboratoryjne ze wspomaganiami komputerowymi do badania woltmierzów napięcia przemiennego. Do testów wybrano przyrządy analogowe i cyfrowe z przetwornikami wartości średniej i wartości skutecznej. Źródłem sygnału jest generator Agilent 33120A. Sprawdzanie wskazań przeprowadzane jest dla różnych częstotliwości oraz kształtów przebiegów, w tym silnie odkształconych.

Słowa kluczowe: programowanie, badanie woltmierzów, pomiar napięcia przemiennego

Computer-assisted laboratory stand for testing metrological properties of multimeters alternating voltage ranges

Abstract

In the paper a laboratory stand for testing voltmeters of alternating voltage is described. Analog and digital voltmeters based on the mean value and root mean square converters have been utilized. The generator Agilent 33120A was used as the source of signals to be measured. Controlling of indications was performed for some different frequencies as well as shapes of the waveforms, including the signals strongly deformed.

Keywords: programming, testing of voltmeters, measurement of alternating voltage

1. Wprowadzenie

Współczesne laboratorium dydaktyczne z metrologii charakteryzować się powinno nowoczesnym wyposażeniem stanowisk pomiarowych. Zaprezentowane w pracy stanowisko laboratoryjne jest przykładem, który łączy elementy tradycyjnej metrologii z elementami nowych rozwiązań, ułatwiających badania i wpływających korzystnie na pozytywny wizerunek oferowanego studentom przedmiotu. Obecnie studująca młodzież, która poznaje zasady pomiarów, zwraca uwagę na wykorzystanie oprogramowania i komputerów szczególnie na etapie zdobywania praktycznych umiejętności w tym zakresie. Opisane w pracy sterowane programowo stanowisko laboratoryjne do badania multimetrów na zakresach napięć przemiennych jest wykorzystywane na zajęciach laboratoryjnych z podstaw metrologii przez studentów II roku kierunku Elektrotechnika. Dla tej grupy studentów ćwiczenie, w którym

w pomiarach wykorzystane zostało wspomaganie komputerowe jest nowym elementem wkomponowanym w proces dydaktyczny. Uzupełnienie problematyki eksperymentalnych badań o właściwości metrologiczne woltmierzów napięcia przemiennego w programie zajęć laboratoryjnych jest celowe. Wnioski te wynikają z obserwacji pracy studentów realizujących zadania pomiarowe w trakcie ćwiczeń laboratoryjnych. W większości przypadków zauważalna jest mała wnikliwość studentów przy interpretacji odczytywanej wartości wyniku pomiaru. W szczególności pomijane są pytania, w jaki przetwornik został wyposażony przyrząd, jaki jest wpływ kształtu badanego przebiegu na wynik pomiaru i jakie istnieją ograniczenia częstotliwościowe miernika gwarantujące uzyskanie poprawnego wyniku pomiaru z deklarowaną przez producenta dokładnością. Wieloletnie doświadczenia wskazują, że znajomość tej tematyki przez studentów II roku jest niedostateczna, a w najlepszym przypadku powierzchowna.

Prezentowane stanowisko wykorzystywane jest przez studentów w celu weryfikacji właściwości metrologicznych powszechnie stosowanych przyrządów do pomiaru napięcia przemiennego. Badanie właściwości metrologicznych woltmierzów napięcia przemiennego polega na sprawdzeniu poprawności wskazanej wartości napięcia dla sinusoidalnych i odkształconych przebiegów oraz na ocenie wpływu częstotliwości sygnału na wynik pomiaru.

Stanowisko laboratoryjne do badania multimetrów wyposażone zostało w podstawowe, powszechnie stosowane urządzenia pomiarowe. Urządzenia sterowane są programowo przez interfejs GPIB w środowisku Windows z wykorzystaniem aplikacji przygotowanej przez autorów w języku graficznym G [1, 2].

2. Wiadomości podstawowe i zadania pomiarowe

Ogólnie dostępne woltmierzowe napięcia przemiennego to przyrządy, które zostały wyskalowane przez producentów w wartościach skutecznych przebiegu sinusoidalnego. W laboratorium do pomiaru napięcia przemiennego używane są woltmierzowe elektromechaniczne i elektroniczne. Z tej grupy wybrano przyrządy zbudowane w oparciu o przetworniki, których wskazanie wynikające z zasady działania jest proporcjonalne do wartości średniej wyprostowanej lub skutecznej.

W ćwiczeniu badane są woltmierzowe z przetwornikiem:

- magnetoelektrycznym z prostownikiem,

- elektromagnetycznym,
- podwójnie całkującym z prostownikiem,
- wartości skutecznej na napięcie stałe („true RMS”).

Wymieniona grupa przyrządów sprawdzana jest według poniższego harmonogramu:

- badanie przebiegiem sinusoidalnym o częstotliwości 50 Hz,
- badanie „standardowymi” przebiegami o kształcie sinusoidalnym, prostokątnym i trójkątnym,
- badanie przebiegiem silnie odkształconym,
- badanie wpływu częstotliwości sygnału na wskazania multimetrów w zakresie od kilku herców do kilkudziesięciu kiloherców.

Weryfikacja wskazania wartości napięcia dla przebiegu sinusoidalnego o częstotliwości 50 Hz ma na celu sprawdzenie czy przyrząd spełnia zadeklarowaną przez producenta w specyfikacji dokładność pomiaru.

Badanie „standardowymi” przebiegami to zademonstrowanie wpływu kształtu przebiegu na wskazanie i przedstawienie metody, która umożliwia skorygowanie wartości wyniku pomiaru dla tych przyrządów, które zbudowane zostały w oparciu o prostownikowe przetworniki wartości średniej.

Zastosowanie badania sygnałem silnie odkształconym zostało wprowadzone aby podkreślić wady przyrządów z przetwornikami, których działanie jest odniesione do wartości średniej sygnału.

W trakcie ćwiczenia obok dyskusji o właściwościach metrologicznych multimetrów omawiane są także wielkości opisujące sygnał i wielkości wyznaczane z otrzymanych wyników pomiarów. Rozważania dotyczą przede wszystkim:

- wartości skutecznej napięcia U ,
- wartości średniej przebiegu wyprostowanego U_{sr} ,
- wartości maksymalnej przebiegu U_m ,
- współczynnika kształtu k_s ,
- współczynnika szczytu k_{sz} ,
- błędu bezwzględnego i względnego pomiaru.

Definicje i zależności matematyczne na powyższe wielkości są ogólnie znane i dostępne w literaturze fachowej z zakresu metrologii.

Mierniki, których wskazanie jest proporcjonalne do wartości średniej wyprostowanej wskazują poprawnie wartość skuteczną napięcia przemiennego dla przebiegu sinusoidalnego. Mierniki, których wskazanie jest proporcjonalne do wartości skutecznej, umożliwiają poprawny pomiar przebiegów odkształconych. Jest to podstawowy wniosek, który formułują studenci po wykonaniu zadań pomiarowych.

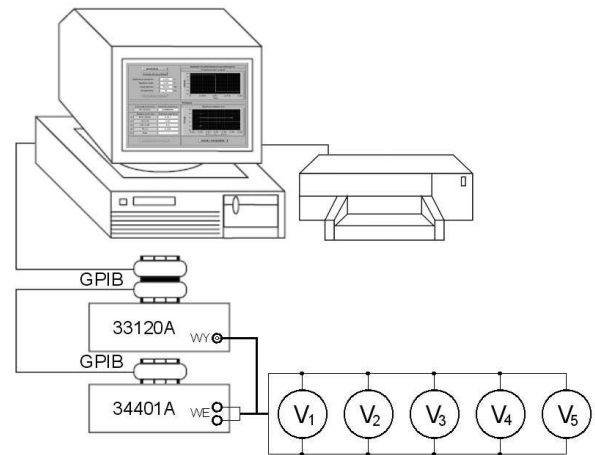
3. Stanowisko pomiarowe i wykonane oprogramowanie

W skład stanowiska wchodzi komputer wyposażony w interfejs GPIB, przygotowane specjalistyczne oprogramowanie, generator 33120A, multimetr 34401A, badane przyrządy pomiarowe oraz drukarka przeznaczona do wydrukowania raportu z ćwiczenia. Przed uruchomieniem stanowiska do komputera, przez interfejs komunikacyjny GPIB, należy podłączyć generator 33120A i multimetr 34401A a do generatora badane woltomierze napięcia przemiennego.

Multimetr 34401A jest przyrządem wzorcowym w ćwiczeniu natomiast generator 33120A źródłem przebiegów, które wykorzystywane są do badania woltomierzy. Do wyjścia generatora oprócz multimetru wzorcowego podłączone są badane woltomierze napięcia przemiennego V_1, V_2, V_3, V_4, V_5 . Maksymalna wartość napięcia międzyszczytowego sygnału wyjściowego z generatora nie przekracza 20 V. Wobec powyższego badania wykonywane są wyłącznie na niskich zakresach napięciowych woltomierzy. Przyrządy, które podłączone są do interfejsu komunikacyjnego sterowane są

programowo za pomocą aplikacji przygotowanej przez autorów pracy. Oprogramowanie napisane zostało w środowisku LabVIEW w wersji 7.1 firmy National Instruments [3].

Na rysunku 1 przedstawiony został ogólny schemat stanowiska do badania multimetrów.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego do badania multimetrów
Fig. 1. Scheme of measuring stand for testing multimeters

Podstawowym celem, jaki wyznaczyli sobie autorzy przy opracowywaniu aplikacji było wykonanie przejrzystego pulpitu, który pozwalałby na intuicyjną obsługę programu, oraz odciążenie studenta z konieczności spisywania znacznej liczby pomiarów. Zastosowany algorytm prowadzi operatora (studenta) przez kolejne etapy ćwiczenia począwszy od „przygotowania” sygnału testującego, wygenerowania przebiegu, pomiaru napięcia przemiennego, rejestracji otrzymanych wyników, wyznaczenia błędów pomiaru, współczynnika kształtu i szczytu przebiegu, a skończywszy na wygenerowaniu raportu z wykonanej pracy.

Po uruchomieniu programu na ekranie wyświetlony zostaje pierwszy panel „Dane i konfiguracja”, którego widok przedstawiono na rysunku 2.

Panel „Dane i konfiguracja” zawiera formularz danych i konfigurację. W górnej części znajduje się nagłówek „LABORATORIUM Z METROLOGII ELEKTRYCZNEJ I ELEKTRONICZNEJ” oraz logo „Wydział Elektryczny ZAKŁAD METROLOGII I OPTOELEKTRONIKI POLITECHNIKI POZNAŃSKIEJ”. Poniżej znajdują się pola do wprowadzenia danych: Wydział (Elektryczny), Kierunek (Elektrotechnika), Rok (II), Grupa (E-3), Imię i nazwisko (Michał Nowak, Andrzej Kowalski, Juliusz Janowski, Krzysztof Fliske, Robert Powalski). W prawym górnym rogu widoczny jest data i godzina: 2007-03-20 12:01. W środkowej części panela znajdują się sekcje: „Przyrządy podłączone do GPIB” (Wykryj, Liczba: 0) i „Aparatura pomiarowa” (Przyrząd wzorcowy: HP 34401A, Badane przyrządy: 1. MXD-4660A, 2. HD2105, 3. UM-112B, 4. PE-21, 5. NaN). W dolnej części panela znajdują się pola do wprowadzenia adresów: „Przyrząd” (HEWLETT-PACKARD, 33120A, 0, 10-0-0-1-0, GPIBO::10::INSTR) i „Adres” (GPIBO::10::INSTR), oraz „Przyrząd” (HEWLETT-PACKARD, 34401A, 0, 7-5-2, GPIBO::22::INSTR) i „Adres” (GPIBO::22::INSTR). W dolnej części panela znajdują się pola do wprowadzenia adresów: „Ustaw adresy korzystając z danych wykrytych automatycznie” (Agilent 33120A, HP 34401A, GPIBO::10::INSTR, GPIBO::22::INSTR) i przycisk „Zatwierdź adresy”.

Rys. 2. Panel „Dane i konfiguracja”
Fig. 2. Panel „Data and configuration”

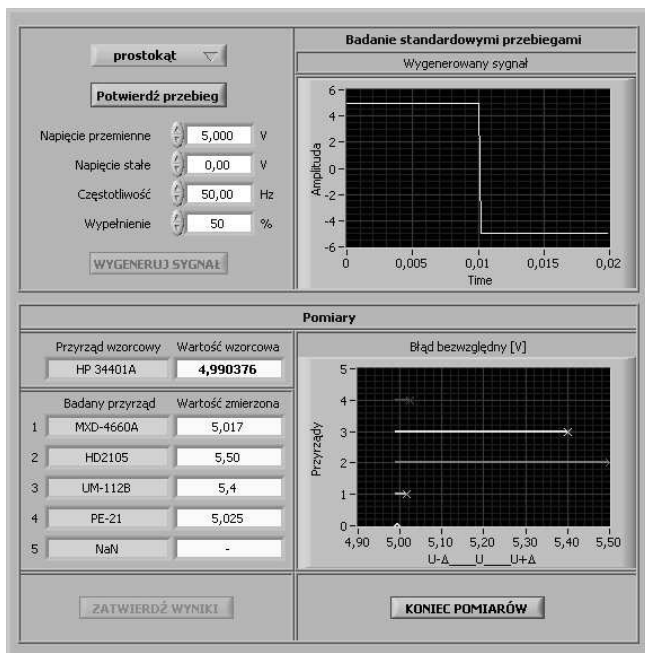
W poszczególne pola umieszczonej na panelu tabeli grupa laboratoryjna wpisuje dane identyfikacyjne. Następnie po

wciśnięciu przycisku „Wykryj” program sprawdza magistralę GPIB w celu wyszukania podłączonych przyrządów pomiarowych. W polu „Liczba” wyświetlona zostaje ilość wykrytych przyrządów, a w polach „Przyrząd” i „Adres” parametry identyfikacyjne i komunikacyjne. Adresy poszczególnych przyrządów należy ustawić korzystając z przycisków „Agilent 33120A” i „HP 34401A”, a nastawy uaktywnić przyciskiem „Zatwierdź adresy”. W obszarze „Aparatura pomiarowa” konieczne jest jeszcze ustawienie etykiet badanych przyrządów. W programie przygotowano listę woltomierzy stosowanych na ćwiczeniach laboratoryjnych w Zakładzie Metrologii i Optoelektroniki, które mogą zostać wykorzystane w pomiarach. Te czynności kończą wymagany przed badaniami etap konfiguracji programu, a przełączenie do zadań pomiarowych należy wykonać przyciskiem „Dalej”, umieszczonym w prawym dolnym rogu pulpitu (rys. 2).

Ćwiczenie wykonywane jest w 4 etapach. Etapy przypisane są do paneli aplikacji. Poszczególne panele to:

- „Badanie przebiegiem sinusoidalnym o częstotliwości 50 Hz”;
- „Badanie standardowymi przebiegami” o kształcie sinusoidalnym, prostokątnym i trójkątnym;
- „Badanie przebiegiem silnie odkształconym” (symulacja przebiegu, jaki otrzymuje się w układzie sterowania z triakiem przy kącie zapłonu poniżej 180° - w programie przygotowany zostaje jeden okres przebiegu a próbki wpisywane do pamięci generatora);
- „Badanie wpływu częstotliwości sygnału” na wskazania multimetrów (sprawdzenie charakterystyki pomiarowej przyrządu).

Zadania pomiarowe, do których odnoszą się poszczególne panele zostały w zwięzłej formie omówione we wcześniejszej części pracy. Poniżej na rysunku 3 przedstawiony został panel „Badanie standardowymi przebiegami” na podstawie, którego szczegółowo opisano jeden cykl pomiarowy.



Rys. 3. Panel „Badanie standardowymi przebiegami”
Fig. 3. Panel „Testing using standard waveforms”

Zadania pomiarowe związane z tym panelem to weryfikacja wskazań woltomierzy dla trzech przebiegów:

- sinusoidalnego,
- prostokątnego,
- trójkątnego

oraz przeliczenie, na poprawną wartość, wyników pomiaru napięcia woltomierzami z prostownikowymi przetwornikami wartości średniej dla przebiegu prostokątnego i trójkątnego.

Panel podzielony jest na dwie podstawowe części otoczone prostokątnymi polami. W części pierwszej umieszczone zostały przyciski i regulatory, które przeznaczone są do nastawy parametrów przebiegu m.in. ustawienia kształtu przebiegu w generatorze, wartości skutecznej napięcia, częstotliwości. Przyciskiem „Wygeneruj sygnał” uruchamiany jest proces, w którym nastawy konwertowane są na język SCPI i przesyłane do generatora. Po poprawnym wykonaniu tych operacji, w programie na oscylogramie wyświetlony zostaje wygenerowany przebieg a do multimetru 33401A wysyłany jest rozkaz, który wyzwala pomiar napięcia przemiennego. W efekcie tego, w części panelu „Pomiary”, w polu „Wartość wzorcowa” wyświetlony zostaje otrzymany z przyrządu wynik. Zmierzone przez pozostałe multimetry napięcie należy wpisać w pola umieszczone przy ich nazwach. Etykiety przyrządów ustawione są w kolejności takiej samej jak na panelu „Dane i konfiguracja”. Z otrzymanych wyników zostaje wyliczony błąd bezwzględny i graficznie przedstawiony na umieszczonym obok wykresie.

Pozostałe panele mimo, że dotyczą innych zadań przygotowane zostały w podobnej szacie graficznej i obsługiwane są w analogiczny sposób. Po zakończonych pomiarach zostaje wygenerowany i wydrukowany raport z wykonanego ćwiczenia.

4. Podsumowanie

Opisane w artykule dydaktyczne stanowisko laboratoryjne umożliwia przeprowadzenie badań właściwości metrologicznych różnego rodzaju woltomierzy analogowych i cyfrowych przeznaczonych do pomiaru napięć przemiennych. Tematyka podejmuje wprawdzie podstawowe, ale bardzo ważne zagadnienia z zakresu pomiaru napięć przemiennych - omawiane w trakcie ćwiczenia laboratoryjnego. Zastosowanie zaawansowanych metod wspomagania komputerowego, z wykorzystaniem środowiska programistycznego LabView, usprawnia realizację ćwiczenia oraz pozwala skoncentrować się studentom na najbardziej istotnych problemach metrologicznych pomiaru napięć przemiennych. Przeznaczone do wykonania zadania w trakcie zajęć laboratoryjnych zostały ukierunkowane tak, aby podkreślić wpływ zastosowanego przetwornika pomiarowego na otrzymany wynik pomiaru. Stanowisko wykonano w celu weryfikacji właściwości metrologicznych powszechnie stosowanych przyrządów do pomiaru napięcia przemiennego.

Specjalistyczne oprogramowanie opracowane w ramach własnych prac umożliwia generację przebiegu o dowolnym kształcie np. przebiegi charakterystyczne dla układu sterowania z triakiem i zadawanie wartości parametrów takich jak napięcie, częstotliwość, kąt zapłonu. Ponadto zaimplementowany w programie algorytm umożliwia bardzo wygodną w formie tablicy akwizycję danych, przeprowadzenie obliczeń np. błędów pomiaru oraz generuje podsumowujący raport na podstawie, którego studenci wykonują sprawozdanie z laboratorium. Uzyskane dotychczasowe doświadczenia wykazują, że eksploatowane stanowisko laboratoryjne bardzo dobrze sprawdza się w zastosowaniach dydaktycznych i ze względu na walory wynikające z przyjaznego interfejsu komunikacji z użytkownikiem jest bardzo pozytywnie oceniane przez studentów.

5. Literatura

- [1] Świsłowski D.: Komputerowa technika pomiarowa. Oprogramowanie wirtualnych przyrządów pomiarowych w LabView, Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa 2005.
- [2] Lesiak P., Świsłowski D.: Komputerowa technika pomiarowa w przykładach, Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa 2002.
- [3] National Instruments, LabView 7 Express User Manual, 2003.