

LABORATORIUM PODSTAW POMIARÓW NA WYDZIALE ELEKTRONIKI I TECHNIK INFORMACYJNYCH PO 4 SEMESTRACH REALIZACJI

Grzegorz PANKANIN¹, Jacek SOCHON²

1. Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Instytut Systemów Elektronicznych, tel.: 22-2347732, e-mail: GP227@ise.pw.edu.pl
2. Politechnika Warszawska, Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych, Instytut Systemów Elektronicznych tel.: 22-2347738, e-mail: J.Sochon@ise.pw.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono doświadczenia zebrane podczas pierwszych semestrów realizacji Laboratorium Podstaw Pomiarów na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej. Opisano wprowadzone nowe rozwiązania, które z jednej strony usuwają zauważone mankamenty, a z drugiej wzbogacają ofertę skierowaną do studentów.

Słowa kluczowe: podstawy pomiarów, laboratorium, pomiary automatyczne, portal internetowy.

1. WPROWADZENIE

Jedną z tez artykułu [1] zaprezentowanego w 2016 r. na XLVIII Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów było twierdzenie, że studenci mogą polubić zajęcia z metrologii. Zostało ono sformułowane na tle przeprowadzonej gruntownej modernizacji Laboratorium Podstaw Pomiarów na Wydziale Elektroniki i Technik Informacyjnych Politechniki Warszawskiej zakończonej jego inauguracją w październiku 2015 r. Laboratorium to, będące przez lata postrachem kolejnych pokoleń studentów, jest obecnie w ankietach oceniane jako atrakcyjne i przyjazne studentom.

Szczegółowe rozwiązania zastosowane w nowym laboratorium zostały przedstawione w artykule [1]. Należy podkreślić kompleksowość dokonanych zmian obejmującą praktycznie wszystkie aspekty jego funkcjonowania: programowy, organizacyjny, aparaturowy, personalny i informatyczny. Istotną rolę w procesie modernizacji odegrała możliwość – dzięki funduszom unijnym – zakupu nowoczesnej aparatury pomiarowej co pozwoliło na wyposażenie laboratorium w sprzęt najwyższej klasy.

2. MODERNIZACJE LABORATORIUM

W kolejnych semestrach po inauguracji laboratorium monitorowano jego funkcjonowanie. Odbywało się to na różnych poziomach, zarówno przez Kierownictwo Laboratorium, osoby prowadzące zajęcia jak i korzystano z ankiet przeprowadzanych wśród studentów pod koniec każdego semestru.

Zauważano sprawy drobne jak np. błędy w instrukcjach, brak pewnych informacji, zwykle literówki, ale także dostrzeżono możliwość wzbogacenia narzędzi oferowanych studentom do lepszego i bardziej atrakcyjnego

zdoływania przez nich umiejętności. Zaobserwowano też pewne negatywne zjawiska, które wymagały podjęcia środków zaradczych.

Przedstawione w dalszej części artykułu zmiany, które zostały wprowadzone, były poprzedzone wnikliwą analizą funkcjonowania laboratorium i dyskusjami w gronie osób prowadzących zajęcia.

2.1. Prezentacja aplikacji MS-Visio i panelu zapisu matematycznego

W trakcie pierwszych realizacji laboratorium zauważono, że studenci mają kłopoty z posługiwaniem się oprogramowaniem MS-Visio (rysowanie schematów) i panelem zapisu matematycznego (pisanie wzorów). Aby temu zaradzić, w ramach ćwiczenia 1 wprowadzono przeszkolenie studentów z wykorzystaniem rzutnika multimedialnego. Prowadzący pokazuje na ekranie, w jaki sposób konfigurować aplikację MS-Visio, umieszczać elementy schematu na arkuszu roboczym, a następnie demonstruje sposób ich łączenia i ostateczną edycję schematu. Podobnie zaprezentowano panel zapisu matematycznego, który umożliwi pisanie wzorów przy pomocy myszki komputerowej i ich wstawianie do protokołu. W pliku tekstowym możliwe jest ich edytowanie. Oprogramowanie to wymaga swojego rodzaju „oswojenia” studentów, gdyż z pozoru wydaje się mało przyjazne.

2.2. Plansze

Wyposażono każde stanowisko laboratoryjne w zestaw plansz (zafoliowanych), które ułatwiają studentom wykonywanie ćwiczenia. Są one zróżnicowane kolorystycznie i obejmują:

- opis zadań do wykonania w trakcie ćwiczenia wraz z punktacją za każde zadanie,
- dane do ustawień przyrządów (napięcie na zasilaczu, ograniczenie prądowe, rezystancja opornika dekadowego), schematy połączeń, tabele do pierwszych eksperymentów,
- dane przyrządów pomiarowych – wzory obliczeniowe dotyczące niepewności pomiarów,
- zasady sporządzania protokołu pomiarowego i opracowania wyników.

Przyjęto zasadę, że do każdego ćwiczenia jest przygotowany dedykowany zestaw plansz, chociaż niektóre

pojawiają się we wszystkich ćwiczeniach (zasady sporządzania protokołu) lub w niektórych (dane dotyczące przyrządów).

2.3. Korekta listy pytań

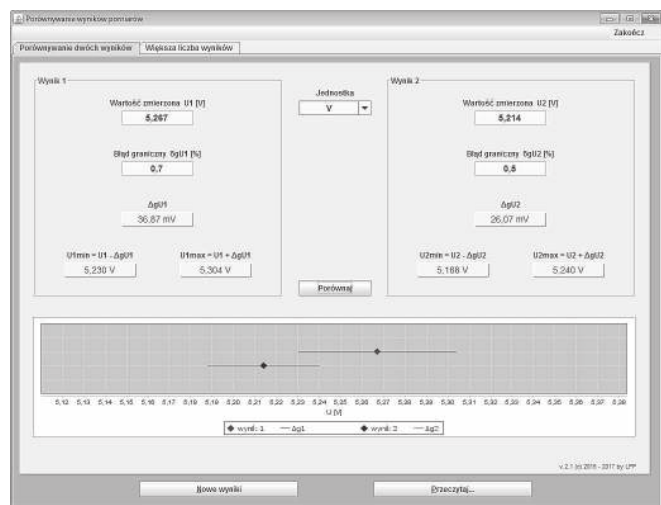
Jednym z postulatów przy tworzeniu nowego laboratorium było zapewnienie studentom przewidywalności stawianych im wymagań. Ważnym elementem tego systemu było założenie, że zaliczenie kartkówki zawierającej dwa pytania znajdujące się w instrukcji do ćwiczenia, jest warunkiem dopuszczającym do wykonywania tego ćwiczenia. Praktyka pokazała, że większość studentów ograniczała się do lektury tylko tej części instrukcji, a w zasadzie korzystała z krążących w sieci opracowanych odpowiedzi. Nie trzeba dodawać, że jakość tych materiałów pozostawiała wiele do życzenia.

Uznano, że w miarę skuteczną reakcją na tę sytuację będzie znaczne rozszerzenie listy pytań w większym stopniu uwzględniając problemy teoretyczne zagadnień poruszanych w ćwiczeniu. W praktyce oznaczało to prawie dwukrotne zwiększenie liczby pytań.

Założono, że przerabiając taką „kompletną” listę pytań studenci (korzystając z instrukcji bądź nawet z opracowań krążących w sieci) właściwie przygotowują się do zajęć. Należy też przypuszczać, że jakość materiałów „sieciovych” będzie się z czasem poprawiała.

2.4. Porównywarka wyników

W ćwiczeniach często zachodzi potrzeba porównania wyników pomiarów uzyskanych różnymi metodami z uwzględnieniem niepewności pomiarowej wyrażonej za pomocą błędu granicznego. Aby ułatwić studentom to zadanie utworzono specjalną aplikację, w której po wpisaniu porównywanych wyników oraz wartości błędów granicznych względnych zostają automatycznie wyznaczone i przedstawione na osi liczbowej przedziały, w których z wysokim prawdopodobieństwem ($p=0,9973$) znajdzie się wartość rzeczywista mierzonej wielkości. Istnienie części wspólnej tych przedziałów świadczy o zgodności porównywanych wyników. W przeciwnym przypadku wyniki nie są zgodne. Na rys. 1. przedstawiono porównanie dwóch wyników pomiaru napięcia. Drugie okno aplikacji pozwala porównywać większą liczbę wyników (maksymalnie 5).



Rys. 1. Panel aplikacji do porównywania wyników pomiarów

2.5. Rozwój portalu internetowego

Praktyka potwierdziła słuszność koncepcji związanych z utworzeniem portalu internetowego Laboratorium (<http://www.pom.ise.pw.edu.pl/>). Zamieszczone na nim instrukcje do ćwiczeń są łatwe do modyfikacji i umożliwiają dokonywanie poprawek praktycznie on-line. Dzięki temu instrukcje były już kilkakrotnie modyfikowane, co byłoby absolutnie niemożliwe w przypadku klasycznej formy papierowej. Każda zmiana treści sygnalizowana jest na stronie tytułowej nowym numerem wersji.

Portal stanowi również platformę do komunikacji Kierownika Laboratorium ze studentami. Wykorzystywane są też możliwości umieszczania na portalu nowych elementów. Obecnie studenci mają dostęp m.in. do: rozkładu zajęć, harmonogramu ćwiczeń, terminów konsultacji, a także harmonogramu Laboratorium Otwartego. Na portalu umieszczono też film promocyjny oraz tekst artykułu [1]. W celu ułatwienia studentom przygotowania do ćwiczeń, w których trzeba wykonać obliczenia w środowisku MS-Excel, na portalu dostępne są zadania do samodzielnego wykonania, dotyczące wprowadzania wzorów obliczeniowych, formatowania komórek oraz sporządzania wykresów. Na portalu są także dostępne programy demonstracyjne do wszystkich ćwiczeń (z wyjątkiem ćwiczeń poświęconych oscyloskopowi) zrealizowane w środowisku Java 7.

2.6. Pomiary automatyczne

Podstawowym celem laboratorium jest zapoznanie studentów z prowadzeniem procesu pomiarowego. Obejmuje ono zasady sporządzania protokołu pomiarowego, dokumentowanie i opracowanie wyników, a także formułowanie wniosków. Nieodłącznym elementem jest nauczanie studentów wykonywania pomiarów w sposób klasyczny – poprzez ustawianie napięć na wyjściu zasilacza bądź napięcia i częstotliwości na wyjściu generatora, odczytywanie wskazań przyrządów pomiarowych, zapisywanie wyników w tabelach pomiarowych, wykonywanie obliczeń, sporządzanie wykresów.

W celu zaznajomienia studentów z nowoczesnymi technikami wykonywania pomiarów wykorzystującymi sterowanie komputerowe, opracowano aplikację działającą w środowisku LabWindows. Wykorzystanie sterowania komputerowego jest szczególnie przydatne podczas wykonywania serii pomiarów, których wyniki można przedstawić na wykresie. Opracowana aplikacja umożliwia następujące pomiary automatyczne:

- pomiar siły elektromotorycznej źródła napięciowego o dużej rezystancji wewnętrznej metodą kompensacyjną,
- pomiar charakterystyk prądowo-napięciowych elementów,
- pomiar charakterystyk częstotliwościowych elementów.

Na każdym stanowisku aparatura kontrolno-pomiarowa (dwukanałowy zasilacz stabilizowany, generator, multimetr) jest na stałe dołączona do komputera za pośrednictwem interfejsu USB.

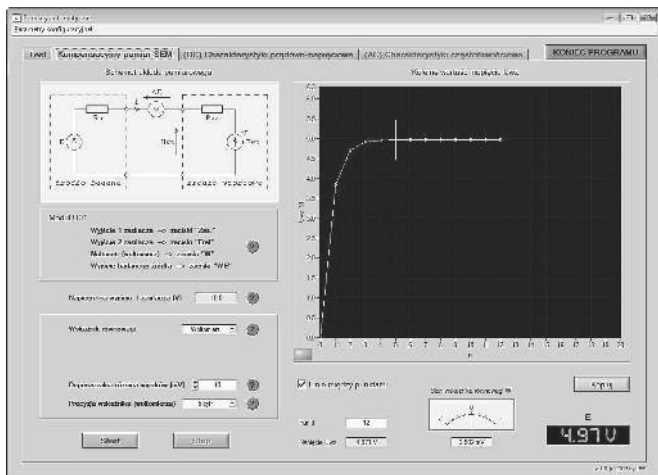
Podczas korzystania z aplikacji studenci muszą połączyć układ pomiarowy zgodnie z wyświetlonym na ekranie schematem, a następnie uruchomić proces pomiarowy. W każdej chwili można przerwać pomiary i zmienić wartości parametrów, korzystając z odpowiednich pól panelu aplikacji. Wyniki pomiarów prezentowane są na

bieżący w postaci wykresu. Po zakończeniu pomiarów wykres można skopiować i zamieścić w protokole.

W trakcie ćwiczeń, w których przewidziane jest użycie opracowanej aplikacji, studenci najpierw w sposób klasyczny wykonują pomiary i dokumentują wyniki, co wymusza szczegółowe zapoznanie się z procesem pomiarowym. Dopiero po wykonaniu tego zadania przewidziane jest uruchomienie aplikacji realizującej proces w sposób automatyczny.

Wyznaczanie charakterystyk elementów jest procesem w naturalny sposób podlegającym automatyzacji. W przypadku charakterystyki prądowo-napięciowej dla kolejno zadawanych wartości napięcia mierzony jest prąd. W przypadku charakterystyki częstotliwościowej dla kolejno zadawanych wartości częstotliwości i stałej wartości amplitudy napięcia z generatora mierzony jest prąd i obliczany jest moduł impedancji.

Nieco bardziej złożony jest pomiar siły elektromotorycznej metodą kompensacyjną. W trakcie tego procesu napięcie źródła wzorcowego podlega regulacji w celu jego zrównania z napięciem na zaciskach badanego źródła. Do detekcji stanu zrównania się obu napięć wykorzystywany jest czuły woltomierz. Korzystając z opracowanej aplikacji studenci mogą prześledzić różne przebiegi procesu dochodzenia do stanu równowagi. Do dyspozycji są dwa algorytmy sterowania napięciem źródła wzorcowego. W pierwszym kolejne wartości napięcia wzorcowego oscylują wokół stanu równowagi z coraz mniejszym skokiem. W drugim wartości napięcia wzorcowego zbliżają się asymptotycznie do stanu równowagi (rys. 2).

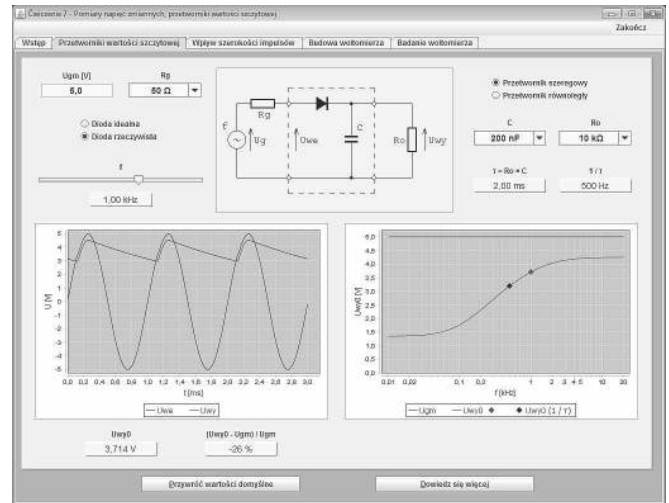


Rys. 2. Panel aplikacji do automatycznego pomiaru siły elektromotorycznej metodą kompensacyjną

2.7. Symulacje zjawisk – programy demonstracyjne

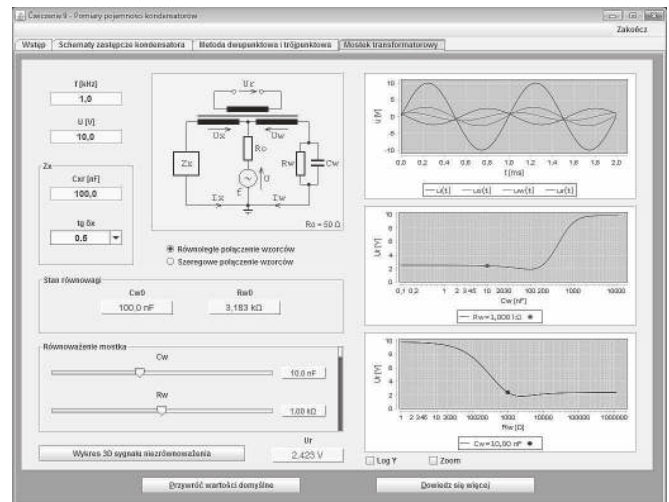
W celu umożliwienia studentom skuteczniejszego przygotowania się do zajęć przygotowano do większości ćwiczeń programy demonstracyjne zrealizowane w środowisku Java 7. Można je pobrać ze strony przedmiotu i uruchomić, korzystając z różnych systemów operacyjnych. Są one również dostępne na pulpicie komputerów w Laboratorium i mogą ułatwiać analizę wyników w trakcie wykonywania ćwiczenia. Dla układów pomiarowych stosowanych w poszczególnych ćwiczeniach można – korzystając z tych programów – obserwować wpływ różnych czynników na uzyskiwane wyniki i błędy pomiarowe. Wartości podstawowych parametrów można zmieniać w sposób płynny za pomocą suwaków i obserwować na

wykresach reakcje układów na te zmiany. Dzięki temu studenci mogą lepiej dobrać warunki pomiaru w rzeczywistym układzie stosowanym w ćwiczeniu i przeanalizować uzyskane wyniki. Przykładowo w programie do ćwiczenia poświęconego przetwornikom wartości szczytowej można obserwować przebiegi czasowe na wejściu i wyjściu przetworników oraz ich zależność od częstotliwości, pojemności, rezystancji obciążenia i rezystancji wewnętrznej źródła dla przypadku diody idealnej i rzeczywistej (rys. 3).

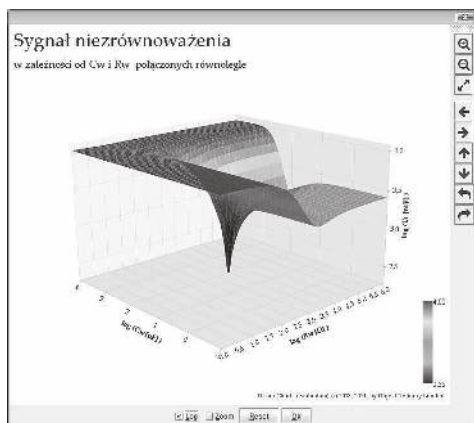


Rys. 3. Symulacja działania przetworników wartości szczytowej

W przypadku pomiaru pojemności w układzie mostka transformatorowego można obserwować proces równoważenia zmieniając ustawienia wzorców pojemności i rezystancji (rys. 4). Można też wyświetlić wykres 3D sygnału nierównoważenia (rys. 5).

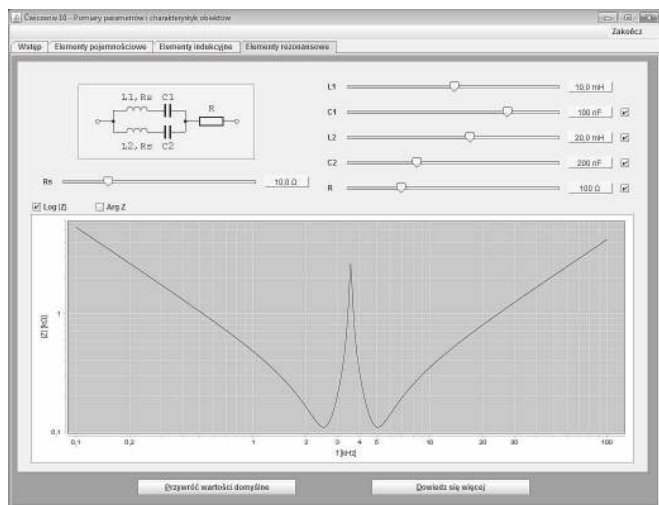


Rys. 4. Symulacja działania mostka transformatorowego



Rys. 5. Wykres 3D sygnału nierównoważenia w mostku transformatorowym

Na rys. 6 przedstawiono panel programu do analizy zmienności modułu impedancji w funkcji częstotliwości dla zadawanych wartości elementów w konfigurowalnych obwodach RLC.



Rys. 6. Panel programu do analizy charakterystyk częstotliwościowych

W każdym oknie dostępna jest opcja „Dowiedz się więcej”, za pomocą której można wyświetlić krótki opis badanych układów i zjawisk.

3. PODSUMOWANIE

Doświadczenia zdobyte w trakcie funkcjonowania nowego laboratorium w ciągu czterech semestrów prowadzą do sformułowania nieco ogólniejszych wniosków.

MEASUREMENT FUNDAMENTALS LABORATORY ON FACULTY OF ELECTRONICS AND INFORMATION TECHNOLOGY AFTER FOUR SEMESTERS OF IMPLEMENTATION

Experiences gained during the first semester of implementation of the Measurements Fundamentals Laboratory at the Faculty of Electronics and Information Technology at the Warsaw University of Technology are presented in this paper. New solutions have been introduced such as program demonstrators, phenomena simulations and data charts to remove observed shortcomings and enrich offer addressed to the students.

Keywords: measurement fundamentals, laboratory, automatic measurements, internet portal.

Laboratorium, które ma dobrze służyć studentom musi podlegać nieustannym korektom. Wynikają one z jednej strony ze stopnia przygotowania studentów początkowych semestrów, z którymi mamy do czynienia, a z drugiej z zauważanych błędów i niedociągnięć, czy też postrzeganych możliwości uzupełniania programu badań prowadzonych w Laboratorium. Niezwykle sprzyjającym realizacji tej idei jest fakt, że instrukcje do ćwiczeń są w wersji elektronicznej, a więc w prosty sposób mogą być modyfikowane. Jeśli chodzi o tzw. „materiał ludzki”, to w związku z niższym demograficznym i związaną z tym ograniczoną selekcją kandydatów na studia, poziom ich umiejętności z roku na rok jest coraz gorszy. Wymusza to dostosowanie metod dydaktycznych i sposobu prowadzenia zajęć do tej sytuacji. W szczególności prowadzący zajęcia muszą wykazywać zwiększoną aktywność podczas zajęć zwracając studentom uwagę na zauważone błędy – nie tylko reagować na prośby o pomoc.

Istotne z punktu widzenia dydaktycznego było też wyposażenie każdego stanowiska w plansze ułatwiające studentom dotarcie do niezbędnych informacji. Należy zauważyć, że studenci rzadko korzystają z materiałów pomocniczych na stronach www innych niż te związane bezpośrednio z przygotowaniem do kartkówki. Kluczem do uzyskania sukcesu laboratorium było kompleksowe podejście do programu i organizacji zajęć uwzględniające zarówno czynnik ludzki jak i aktualne możliwości techniczne. Nad tym wszystkim musiała jednak górować zawartość merytoryczna. Nie jest bowiem prawdą, że uznanie studentów zdobywają przedmioty, w których poziom wymagań jest niski. Wręcz przeciwnie – studenci doceniają możliwości zdobywania nowych umiejętności obudowane jednocześnie atrakcyjną formą.

4. PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują wszystkim osobom prowadzącym zajęcia w Laboratorium Podstaw Pomiarów za dyskusje, uwagi, konsultacje, których efekty zostały opisane w niniejszym artykule.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Pankanin G.: Czy studenci wydziałów elektronicznych mogą polubić Laboratorium Podstaw Pomiarów? – Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, ISSN 2353-1290, Nr 49/2016.