

ZNACZENIE METROLOGII I INŻYNIERII POMIAROWEJ WE WSPÓŁCZESNYM Kształceniu interdyscyplinarnym

Anna CYSEWSKA-SOBUSIAK

Politechnika Poznańska, Instytut Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej, Zakład Metrologii i Optoelektroniki
tel.: 61 665 2633 e-mail: anna.cysewska@put.poznan.pl

Streszczenie: Pomiar jest nieodłącznym elementem zawodowego i codziennego życia każdego człowieka. Umiejętność przeprowadzania pomiaru polega m.in. na dobraniu takich metod i aparatury oraz warunków, by uzyskana dokładność była wystarczająca. W niniejszym artykule, nawiązując do wyzwań współczesnej metrologii, zwrócono uwagę na zauważalne w niej tendencje do rozwoju nowych technik i narzędzi pomiarowych. Podkreślono wagę, jaką dla sprawności realizacji interdyscyplinarnych zadań dydaktycznych ma jedność nauczania i badań naukowych. Zwrócono także uwagę na znaczenie aktywizacji studentów.

Słowa kluczowe: metrologia, biopomiary, inżynieria pomiarowa, kształcenie interdyscyplinarne.

1. WSTĘP

Współczesne pomiary bardzo szeroko wychodzą poza ramy nauk ścisłych i inżynierskich. Praktyczne zastosowania metrologii obejmują projektowanie, budowę, badanie oraz wykorzystanie zaawansowanych technicznie urządzeń i systemów na potrzeby przetwarzania i pomiarów wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Dzisiejsi studenci kierunków politechnicznych powinni mieć szerokie, interdyscyplinarne zainteresowania, a zdobyta wiedza powinna umożliwić absolwentom podjęcie zadań zawodowych w ogólnie rozumianym przemyśle [1].

W niniejszym artykule uwzględniono m.in. wybrane informacje dotyczące współcześnie prowadzonych przez Zakład Metrologii i Optoelektroniki (ZMiO) zajęć dydaktycznych na różnych kierunkach Politechniki Poznańskiej. Tradycja obecnego Zakładu, który od chwili powstania znajduje się na Wydziale Elektrycznym Politechniki Poznańskiej (obecnie w Instytucie Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej), sięga ponad 60-letniej działalności naukowej i dydaktycznej. Jego specjalnością naukową i dydaktyczną jest metrologia elektroniczna, optoelektroniczna i biomedyczna. Prowadzone obecnie badania obejmują więc m.in. nowoczesny obszar metrologii interdyscyplinarnej oraz techniki sensorowej i jej pomiarowych aplikacji, w którym badania prowadzone są na świecie przez liczące się ośrodki akademickie i przemysłowe. Realizuje się prace analityczne, eksperymentalne i konstrukcyjne z obszarów: teorii i techniki eksperymentu, elektronicznego i optoelektronicznego przetwarzania sygnałów oraz techniki sensorowej.

Studentom studiów stacjonarnych i niestacjonarnych, mającym różne dotychczasowe doświadczenie

metrologiczne, umożliwia się nabycie umiejętności posługiwania się przyrządami pomiarowymi, planowania i realizacji zadań pomiarowych, opracowywania wyników pomiarów [2].

Na rysunku 1 zamieszczono dwa zdjęcia „z życia Zakładu”: a) wykonane w 1972 roku oraz b) w 2008 roku.

a)



b)



Rys. 1. a) Zebranie pracowników Zakładu Metrologii w roku 1972, b) pracownicy Zakładu Metrologii i Optoelektroniki przed gmachem Wydziału Elektrycznego, rok 2008

W ciągu lat zmieniała się kadra, infrastruktura, obszary prowadzonych prac badawczych i programy zajęć dydaktycznych. Każdy okres działalności Zakładu miał swą specyfikę. Wszystkie dobre tradycje z jego długiej historii są dziś podtrzymywane. Przechowuje się wydane książki, skrypty i artykuły, a także archiwalne już protokoły z zebrań pracowników. W sali, w której odbywają się obecnie seminaria Zakładu oraz specjalistyczne zajęcia dydaktyczne w zakresie współczesnych technik pomiarowych, znajduje się witryna, w której zebrano kilkanaście (ciągłe

sprawnych!) przyrządów elektromechanicznych i aparatów elektrycznych wyprodukowanych w pierwszej połowie dwudziestego wieku.

2. SPECYFIKA I TREŚCI NAUCZANIA

Wyższa uczelnia techniczna powinna kształcić wysokokwalifikowane kadry w szeroko rozumianej inżynierii, pozostając w ścisłym związku z badaniami naukowymi oraz rozwojem technologii i innowacji. Absolwenci różnych kierunków politechnicznych powinni m.in. posiadać umiejętności: komputerowego wspomaganie projektowania urządzeń technologicznych zasilanych energią elektryczną, w tym urządzeń łączeniowych, zabezpieczających, sterujących i pomiarowych oraz stosowania właściwych narzędzi informatycznych i elektronicznych. Uwzględniając to, nauczanie współczesnej metrologii dotyczy głównie efektywnego wykorzystania w nauce i przemyśle:

- tradycyjnych i najnowszych metod i sposobów przetwarzania sygnałów,
- technik telekomunikacyjnych i informacyjnych oraz Internetu,
- wirtualnych przyrządów pomiarowych,
- zintegrowanych i inteligentnych czujników pomiarowych,
- projektowania, konstruowania, uruchamiania oraz badania analogowych i cyfrowych urządzeń pomiarowych,
- eksploatacji naukowej i przemysłowej aparatury pomiarowej,
- struktury i organizacji skupionych oraz rozproszonych systemów pomiarowych,
- zaawansowanych i komercyjnych zastosowań współczesnych technik pomiarowych w przemyśle, ochronie zdrowia i życiu codziennym,
- obowiązujących międzynarodowych i krajowych dyrektyw metrologicznych oraz procedur akredytacji i notyfikacji laboratoriów pomiarowo-diagnostycznych.

Metrologia jest przedmiotem, z którym spotykają się studenci uczelni technicznych na I stopniu studiów stacjonarnych i niestacjonarnych. Później dochodzą różne przedmioty pokrewne – kierunkowe i specjalistyczne, w których udział zagadnień metrologicznych jest zróżnicowany. Wiadomo, że pomiary są nieodłącznym elementem zawodowego i codziennego życia każdego człowieka. Czy studenci doceniają znaczenie, jakie pozyskane informacje będą miały dla nich w przyszłości jako kierowniczej, twórczej kadry inżynierskiej? Bywa różnie...

Uważam, że jednym z najważniejszych warunków efektywnego nauczania jest umiejętność wyboru treści przedmiotów metrologicznych tak, aby przekazując studentom niezbędną wiedzę nauczać ich tego, czego jeszcze nie umieją. W tym aspekcie, z bardzo pozytywnym odbiorem ze strony studentów spotyka się ilustrowanie przez prowadzących zajęcia przekazywanego materiału konkretnymi przykładami własnych doświadczeń i rozwiązań.

Celowe jest prezentowanie wybranych istotnych zagadnień, zależności funkcjonalnych, schematów blokowych i strukturalnych, reprezentatywnych przykładów planowania i realizacji zadań pomiarowych, właściwości aplikacyjne współczesnej aparatury, zasady i przykłady szacowania niepewności wyników konkretnych pomiarów. Interdyscyplinarność metrologii adresowanej do osób studiujących na różnych kierunkach technicznych wymaga wyważonego wyboru i spojenia problemów z zakresu wielu obszarów nauki, techniki i życia codziennego, których

intensywny rozwój rodzi zapotrzebowanie na nowoczesne systemy pomiarowe, diagnostyczne i informacyjne. Z drugiej strony, ilość czasu przeznaczony na zajęcia – w tym na ćwiczenia laboratoryjne – wymaga położenia nacisku na najważniejsze z wybranych zagadnień. Prezentuje się istotne zależności funkcjonalne, schematy blokowe i strukturalne, reprezentatywne przykłady planowania i realizacji zadań pomiarowych, właściwości aplikacyjne współczesnych przyrządów pomiarowych, przykłady szacowania niedokładności wyników pomiarów. Zaleca się studentom uzupełnianie wiedzy przekazywanej na wykładach o informacje z dostępnych skryptów i podręczników, norm, czasopism i słowników. Zwraca się uwagę na zauważalne trendy rozwojowe w zakresie techniki eksperymentu, takie jak:

- dążenie do „ucyfrowienia” badanych przebiegów,
- zwiększenie sprawności przesyłania dużych strumieni sygnałów cyfrowych i rozwój układów sprzęgających,
- komputeryzacja i wirtualne systemy pomiarowe,
- wzrost znaczenia fotoniki i optoelektronicznych metod pomiarowych,
- automatyzacja pozyskiwania i obróbki sygnałów pomiarowych,
- doskonalenie znanych oraz opracowywanie nowych metod pomiarowych,
- inteligentne czujniki wielkości nieelektrycznych na bazie mikromechaniki krzemowej,
- akredytacja laboratoriów zajmujących się kalibracją urządzeń i systemów pomiarowych,
- badanie kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń pomiarowych, informatycznych oraz sprzętu powszechnego użytku,
- badanie bezpieczeństwa użytkowników,
- zapewnienie spójności pomiarowej z międzynarodowym systemem miar.

Studentom podaje się syntetyczne wskazówki do postępowania podczas realizacji zadań pomiarowych, odnosząc się zarówno do stosowanych jeszcze tradycyjnych ujęć, jak i opierając się na najnowszym stanie wiedzy w zakresie teorii i praktyki pomiarów wielkości elektrycznych oraz nieelektrycznych [2, 3, 4]. Programy wykładów i zajęć laboratoryjnych uwzględniają m.in.

- metodologię pomiarów,
- obowiązujące normy i zalecenia,
- formułowanie i planowanie zadań pomiarowych,
- elementy teorii błędów i niepewności wyników pomiarów,
- metrologiczne właściwości współczesnego wyposażenia pomiarowego,
- cechy elektromagnetycznej kompatybilności aparatury pomiarowej,
- charakterystykę statycznych i dynamicznych właściwości przetworników i urządzeń pomiarowych,
- metody pomiarowe,
- wybrane przetworniki i czujniki pomiarowe,
- elektromechaniczne i elektroniczne przyrządy pomiarowe,
- przetwarzanie analogowo-cyfrowe,
- analogowe i cyfrowe pomiary wybranych wielkości elektrycznych,
- pomiary oscyloskopowe,
- wprowadzenie do struktury i organizacji systemów pomiarowych,
- komputerowe wspomaganie procesu mierzenia,
- wirtualne przyrządy i systemy pomiarowe.

Prezentuje się także układy z czujnikami wybranych wielkości fizycznych, znajdujące zastosowanie np. w diagnostyce medycznej, systemach sterowania, konstrukcji robotów.

Obecnie zauważa się rosnące zainteresowanie studentów kształceniem w obszarach na styku różnych dziedzin. Absolwenci prowadzonej przez ZMiO specjalności *Systemy pomiarowe w przemyśle i inżynierii biomedycznej* (SPPIB) nabywają wiedzę i umiejętności w zakresie nowoczesnych technik, przyrządów i systemów pomiarowych i diagnostycznych oraz budowy i eksploatacji urządzeń biomedycznych. Ze względu na interdyscyplinarny charakter specjalności SPPIB, uzyskana wiedza merytoryczna i przygotowanie praktyczne umożliwiają zatrudnienie w wielu gałęziach nauki, techniki i przemysłu związanych z elektroniką, optoelektroniką, telekomunikacją, energetyką oraz w ochronie zdrowia i środowiska: inżynieria kliniczna, biopomiary, telemedycyna, informatyka medyczna.

3. JEDNOŚĆ DYDAKTYKI I BADAŃ NAUKOWYCH

Do czynników wpływających na sposób i zakres nauczania współczesnej metrologii należą z jednej strony rewolucyjne przemiany w sferze nauki, techniki i życia codziennego oraz interdyscyplinarne potrzeby rynku pracy, a z drugiej strony ciągły wzrost merytorycznego zakresu materiału i obowiązujące standardy kształcenia oraz ogólna tendencja do zmniejszania liczby godzin w programach studiów. Konieczne, choć niełatwe, jest dbanie o nowoczesne wyposażenie laboratoriów, dobrą organizację i warunki kształcenia studentów oraz branie pod uwagę zainteresowań i kreatywności studentów.

Bardzo istotne jest przygotowanie absolwentów do samodzielnej i zespołowej pracy w firmach projektowych i konstrukcyjnych, laboratoriach i ośrodkach przemysłowych oraz naukowo-badawczych. Sprzyja temu taki sposób realizacji zajęć dydaktycznych, który umożliwia studentom czynne uczestniczenie w nich i dyskusję z prowadzącym i kolegami. Jednym z warunków utrzymywania dobrych relacji w kontaktach student – nauczyciel akademicki jest unikanie anonimowości oraz umiejętność wyważenia między stawianiem wymagań a wykazywaniem wyrozumiałości.

Dobry „interdyscyplinarny” nauczyciel potrafi i lubi nie tylko uczyć, ale także wciąż się uczyć. Ambitni studenci cenią wykładowców, którzy ilustrują przekazywany materiał przykładami wyników własnych prac badawczych. Widać to np. w momencie „wydawania” tematów praktycznych prac dyplomowych z obszaru inżynierii pomiarowej. W szczególności studenci zdają sobie sprawę ze znaczenia wszechobecnej fotoniki i optoelektroniki, a dotyczy to głównie tematyki technik laserowych i światłowodowych [5]. Warto zauważyć, że pomiary fotometryczne i radiometryczne oraz metrologia interdyscyplinarna znajdują się wśród 11 dziedzin tematycznych zdefiniowanych przez międzynarodowe organizacje metrologiczne [6]. Dyplomanci chętnie wybierają m.in. tematy związane z termowizją, spektrofotometrią i aplikacjami układów laserowych i światłowodowych w przemyśle i medycynie. Bardzo dużym zainteresowaniem cieszą się tematy dotyczące realizacji pomiarowych, często niekonwencjonalnych, zastosowań sterowników PLC.

Dzięki środkom pozyskanym na zakupy aparatury powstały w Zakładzie specjalistyczne stanowiska służące prowadzeniu prac badawczych i dydaktyki w zakresie:

precyzyjnych i dokładnych pomiarów przy wykorzystaniu czujników wielkości nieelektrycznych (ze szczególnym uwzględnieniem czujników wielkości optycznych i przetwarzanych na optyczne) i przetworników sygnałowych oraz biopomiarów i inżynierii medycznej.

W szkolnictwie wyższym przewidywane są zmiany – w tym związane ze sposobem finansowania: wysokość dofinansowania będzie bardzo zależeć od poziomu badań naukowych. Niezależnie od tych zmian, poziom procesu dydaktycznego nie może się obniżyć.

Należy podkreślić wagę, jaką dla sprawności realizacji zadań dydaktycznych ma jedność nauczania i badań naukowych. Inicjowane są prace mające na celu doskonalenie procesu dydaktyczno-wychowawczego, udział w realizowaniu prac naukowo-badawczych prowadzonych przez Zakład, a także czynny udział studentów w specjalistycznych konferencjach oraz w organizacji działań promocyjnych, np. w ramach akcji takich jak Drzwi Otwarte, Dziewczyny na Politechniki, Festiwal Nauki, Noc Naukowców. Dużym zainteresowaniem cieszą się wyjazdy szkoleniowo-dydaktyczne do atrakcyjnych naukowych i przemysłowych ośrodków metrologicznych. Pogłębianiu wiedzy i umiejętności samodzielnego i zespołowego rozwiązywania problemów naukowych i technicznych służy działające przy Zakładzie Koło Naukowe SENSOR, które ma trzy sekcje: Biopomiary i inżynieria medyczna, Technika sensorowa, Programowanie mikrokontrolerów. Członkami Koła są studenci i doktoranci zainteresowani problematyką pomiarów w technice i medycynie, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań czujników pomiarowych i przetworników sygnałowych oraz komputerowych systemów pomiarowych [7].

Na rysunku 2 zamieszczono zdjęcie wykonane na jednym z organizowanych licznych, czasem nieformalnych, spotkań z studentami specjalności.



Rys. 2. Jedno z licznych nieformalnych spotkań z dyplomantami

4. PODSUMOWANIE

Współczesne pomiary bardzo szeroko wychodzą poza ramy nauk ścisłych i inżynierskich. Praktyczne zastosowania metrologii obejmują projektowanie, budowę, badanie oraz wykorzystanie zaawansowanych technicznie urządzeń systemów na potrzeby przetwarzania i pomiarów wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Hasło sformułowane przez Galileusza: "Policz to, co można policzyć, zmierz to, co można zmierzyć, a co jest niemierzalne, uczynj mierzalnym" zostało wdrożone. Nie jest jednak powszechne przekonanie, że poziom metrologii jest wyznacznikiem postępu i wpływa na kształtowanie kultury technicznej społeczeństwa. A osiągnięcie tego postępu w dużej mierze zależy od skuteczności współpracy

przedstawicieli różnych nauk podstawowych, technicznych i przyrodniczych.

Stałym elementem prowadzonych zajęć powinien być przegląd stanu wiedzy i nowości w dziedzinie. W nowych programach studiów przywiązuje się uwagę do umożliwienia studentom wyboru spośród różnych opcji, proponując m.in. obieralność przedmiotów i treści w ramach danego przedmiotu. W laboratorium warto studentów zapraszać i inspirować do samodzielnej pracy, zostawiając im (oczywiście w uzasadnionym wymiarze) swobodę w zakresie organizacji stanowiska pomiarowego i podziału zadań pomiędzy osoby tworzące daną grupę. Znamienne jest, że jeśli grupa przed terminem wykona zadania programu obowiązkowego, to z reguły (z własnej inicjatywy) wykorzystuje pozostały czas na dodatkowe interesujące ją pomiary.

Zauważa się, że współdziałanie studentów i doktorantów w cyklicznych akcjach i imprezach promocyjnych zachęca kandydatów na studia do czynnego zainteresowania się metrologią i inżynierią pomiarową.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Baura G.: Educating for Industry, IEEE Pulse, vol. 6, Number 2, March/April 2015, s. 5-9.
2. Cysewska-Sobusiak A.: Podstawy metrologii i inżynierii pomiarowej, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2010.
3. Shah D.: Measure for Measure: Getting to the Bottom of Measurement Uncertainty, Quality Progress, American Society for Quality, March 2009.
4. Pretz K.: The State of Engineering Education Worldwide, The Institute, IEEE, vol. 40, Issue 3, September 2016, s. 4-6.
5. Cysewska-Sobusiak A.: Modelowanie i pomiary sygnałów biooptycznych, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2001.
6. Metrology in short, 3rd edition, EURAMET 2008.
7. Togawa T., Tamura T., Öberg P.Å.: Biomedical sensors and instruments, CRC Press, Boca Raton 2011.

SIGNIFICANCE OF METROLOGY AND MEASUREMENT ENGINEERING IN THE MODERN INTERDISCIPLINARY EDUCATION

Measurements are the inherent elements of human professional and everyday life. In the article, linking to the challenges of the present metrology, the attention was paid to perceptible in her tendencies to the development of new techniques and measuring tools. The unity of teaching and scientific investigations is considered because of its positive influence on the efficiency of the realization of interdisciplinary didactic tasks. The attention was also turned on the great importance of students activation. One of the most important didactic tasks is to encourage the students to explore the complex interdisciplinary fields. The nature of the topics is reflected in how the lectures and laboratory experiments are accepted and understood by students. There is necessity to work well in a well-integrated interdisciplinary team. The influence of important relation between teachers and students on efficiency of education should be taken into consideration. Authoress in many places used her own experience acquired within many years of work with measuring equipment and many years of the teaching of metrological subjects.

Keywords: metrology, biomeasurements, measurement engineering, interdisciplinary education.