

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Technika sensorowa

Rok akademicki: 2014/2015 Kod: IET-1-623-s Punkty ECTS: 3

Wydział: Informatyki, Elektroniki i Telekomunikacji

Kierunek: Elektronika i Telekomunikacja Specjalność: —

Poziom studiów: Studia I stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 6

Strona www: —

Osoba odpowiedzialna: dr inż. Maziarz Wojciech (maziarz@agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: Brudnik Andrzej (brudnik@agh.edu.pl)  
dr inż. Maziarz Wojciech (maziarz@agh.edu.pl)  
prof. dr hab. Pisarkiewicz Tadeusz (pisar@agh.edu.pl)

## Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W001	Student zna podstawowe technologie wytwarzania współczesnych czujników: MEMS (mikromechanika powierzchniowa i objętościowa), LIGA, EFAB.	ET1A_W15, ET1A_W05	Kolokwium
M_W002	Student ma podstawową wiedzę w zakresie czujników różnych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych, wytwarzanych w różnych technologiach, w tym mikromechanicznych, CMOS, cienkowarstwowych itp.	ET1A_W14, ET1A_W12	Kolokwium
M_W003	Student ma podstawową wiedzę w zakresie kondycjonowania sygnałów z czujnika, budowy toru pomiarowego zawierającego elementy wzmacniające, linearyzujące, filtrujące, dopasowujące impedancje oraz optymalizujące właściwości szumowe.	ET1A_W14, ET1A_W01	Kolokwium
M_W004	Student wie, co to jest czujnik, transducer, aktuator. Zna charakterystyki statyczne i dynamiczne czujników. Wie, co to jest kalibracja czujnika. Zna przykładowe parametry czujników.	ET1A_W21, ET1A_W01	Kolokwium
Umiejętności			

M_U001	Student potrafi — przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań związanych z modelowaniem i projektowaniem elementów, układów elektronicznych lub sieci i systemów telekomunikacyjnych — integrować wiedzę pochodzącą z różnych źródeł, a w szczególności z dziedziny elektroniki, telekomunikacji, fotoniki, informatyki i metod matematycznych, stosując podejście systemowe, z uwzględnieniem aspektów pozatechnicznych (w tym ekonomicznych i prawnych);	ET1A_U15	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U002	Student potrafi formułować oraz — wykorzystując odpowiednie narzędzia analityczne, symulacyjne i eksperymentalne — testować hipotezy związane z modelowaniem i projektowaniem elementów, układów i systemów elektronicznych oraz sieci i usług telekomunikacyjnych;	ET1A_U14, ET1A_U06	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U003	Student potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie; Student potrafi pracować indywidualnie i w zespole, a także komunikować się i wymieniać informacje przy użyciu podstawowych technik sieciowych;	ET1A_U02, ET1A_U01	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U004	Student potrafi opracować szczegółową dokumentację wyników realizacji eksperymentu, zadania projektowego lub badawczego; potrafi przygotować opracowanie zawierające omówienie tych wyników;	ET1A_U03	Sprawozdanie
Kompetencje społeczne			
M_K001	Student rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu — m.in. poprzez środki masowego przekazu — informacji i opinii dotyczących osiągnięć elektroniki, telekomunikacji i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, przedstawiając różne punkty widzenia;	ET1A_K02	Udział w dyskusji
M_K002	Student potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy;	ET1A_K05, ET1A_K01	Aktywność na zajęciach

## Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatorium	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												

M_W001	Student zna podstawowe technologie wytwarzania współczesnych czujników: MEMS (mikromechanika powierzchniowa i objętościowa), LIGA, EFAB.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W002	Student ma podstawową wiedzę w zakresie czujników różnych wielkości elektrycznych i nieelektrycznych, wytwarzanych w różnych technologiach, w tym mikromechanicznych, CMOS, cienkowarstwowych itp.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W003	Student ma podstawową wiedzę w zakresie kondycjonowania sygnałów z czujnika, budowy toru pomiarowego zawierającego elementy wzmacniające, linearyzujące, filtrujące, dopasowujące impedancje oraz optymalizujące właściwości szumowe.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W004	Student wie, co to jest czujnik, transducer, aktuator. Zna charakterystyki statyczne i dynamiczne czujników. Wie, co to jest kalibracja czujnika. Zna przykładowe parametry czujników.	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Umiejętności												
M_U001	Student potrafi — przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań związanych z modelowaniem i projektowaniem elementów, układów elektronicznych lub sieci i systemów telekomunikacyjnych — integrować wiedzę pochodzącą z różnych źródeł, a w szczególności z dziedziny elektroniki, telekomunikacji, fotoniki, informatyki i metod matematycznych, stosując podejście systemowe, z uwzględnieniem aspektów pozatechnicznych (w tym ekonomicznych i prawnych);	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U002	Student potrafi formułować oraz — wykorzystując odpowiednie narzędzia analityczne, symulacyjne i eksperymentalne — testować hipotezy związane z modelowaniem i projektowaniem elementów, układów i systemów elektronicznych oraz sieci i usług telekomunikacyjnych;	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

M_U003	Student potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych i innych źródeł; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie; Student potrafi pracować indywidualnie i w zespole, a także komunikować się i wymieniać informacje przy użyciu podstawowych technik sieciowych;	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U004	Student potrafi opracować szczegółową dokumentację wyników realizacji eksperymentu, zadania projektowego lub badawczego; potrafi przygotować opracowanie zawierające omówienie tych wyników;	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	Student rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu — m.in. poprzez środki masowego przekazu — informacji i opinii dotyczących osiągnięć elektroniki, telekomunikacji i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, przedstawiając różne punkty widzenia;	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_K002	Student potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy;	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

## Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

### Wykład

#### Wiadomości wstępne - 1h

Zajęcia organizacyjne, wiadomości wstępne (definicje: przetwornik, czujnik, aktuator itp). Czujnik w systemie pomiarowym. Zastosowania czujników - przykłady sensorów spotykanych w różnych dziedzinach życia codziennego. Wymagania stawiane czujnikom.

#### Sensory: właściwości, parametry, typy - 2 h

Klasyfikacja czujników wg różnych kryteriów. Typy. Miejsce czujnika w procesie pomiaru. Bloki funkcjonalne. Funkcja przetwarzania czujnika. Charakterystyki statyczne i dynamiczne. Parametry charakteryzujące czujniki (zakres pomiarowy, czułość, liniowość, dokładność, rozdzielczość, próg detekcji, zero, błąd charakterystyki, kalibracja, histereza, powtarzalność, offset i dryf sygnału). Wpływ zakłóceń na czujnik.

Przetwarzanie sygnału z czujników. Czujniki zintegrowane - 4h

Kondycjonowanie sygnału sensorowego z czujników z wyjściem rezystancyjnym, napięciowym, prądowym, indukcyjnym, częstotliwościowym, ładunkowym itp. Filtracja, wzmacnianie, linearyzacja, przesuwanie poziomu, przetwarzanie na postać cyfrową itp. Układy mostkowe. Interfejsy czujnikowe.

Czujniki mikromechaniczne. Technologie wytwarzania czujników - 2h

Czujniki mikromechaniczne. Technologia wytwarzania współczesnych czujników: MEMS (mikromechanika powierzchniowa i objętościowa), LIGA, EFAB.

Czujniki wielkości mechanicznych - 3 h

Czujniki wielkości mechanicznych (przemieszczenia, prędkości, przyspieszenia, siły, ciśnienia itp.). Czujniki indukcyjne, pojemnościowe, wiropądowe i inne. Czujniki wykorzystujące efekt piezorezystancyjny. Tensometry metalowe i półprzewodnikowe. Membranowe czujniki ciśnienia.

Czujniki przepływu płynów, czujniki poziomu - 3 h

Rodzaje przepływu (laminarny, turbulentny), rozkłady prędkości. Pomiar strumienia masy lub objętości. Czujniki z kryzą, z dyszą, ze zwężką Venturiego. Rotametry. Przepływomierze turbinowe, ultradźwiękowe, dopplerowskie, termiczne. Anemometry. Czujniki poziomu (reluktancyjne, fotoelektryczne, pojemnościowe, przewodnościowe, izotopowe).

Czujniki gazów i wilgotności - 4h

Rezystancyjne czujniki gazów: budowa, mechanizm działania, zastosowania. Czujniki cienko- i grubowarstwowe, na spiekach, mikromechaniczne. Czujniki na mikrobelkach, membranowe. Pelistory. Czujniki termoprzewodnościowe. Czujniki elektrochemiczne i optyczne. Czujniki wykorzystujące struktury MOSFET. Czujniki wilgotności: pojęcie wilgotności względnej i bezwzględnej. Czujniki typu rezystancyjnego, rezystancyjno-pojemnościowego, pojemnościowego. Czujniki grawimetryczne. Czujniki z falą powierzchniową (SAW). Czujniki psychrometryczne, czujniki punktu rosy. Kalibracja czujników wilgotności.

Czujniki promieniowania elektromagnetycznego - 4h

Fotodetektory: fotorezystor, fotodioda, fototranzystor. Detektory piroelektryczne. Termostosy. Bolometry.

Czujniki temperatury - 3 h

Skale temperatur. Czujniki rezystancyjne (metaliczne i półprzewodnikowe), termoelektryczne, złączowe półprzewodnikowe, światłowodowe. Pirometry.

Czujniki magnetyczne - 4h

Czujniki indukcyjne (indukcyjnościowe, transformatorowe, elektromagnetyczne), magnetogalwaniczne (hallotrony, magnetorezystory, magnetotranzystory), magnetoelastyczne. Czujniki pola magnetycznego (magnetometry z nasycanym rdzeniem, z cewką indukcyjną, SQUIDy).

**Ćwiczenia laboratoryjne**

Badanie akcelerometrów.

W ćwiczeniu jest badany mikromechaniczny czujnik przyspieszenia oraz piezoelektryczny czujnik drgań mechanicznych. Obserwacja sygnału wyjściowego na oscyloskopie, wyznaczenie charakterystyk statycznych.

Badanie wybranych czujników temperatury.

W ćwiczeniu badane są charakterystyki dynamiczne termopar różnego typu. Obserwacja sygnału wyjściowego na oscyloskopie, wyznaczenie charakterystyk

dynamicznych. Na podstawie  $\chi$ -k wyznaczana jest transmitancja termopar metodą Kondratiewa.

#### Badanie wybranych czujników poziomu.

W ćwiczeniu wyznaczana jest charakterystyka przetwarzania mikrofalowego czujnika poziomu cieczy dielektrycznej. Określane są: droga pomiarowa, czułość, rozdzielczość itp.

#### Badanie półprzewodnikowych rezystancyjnych czujników gazu.

W ćwiczeniu wyznacza się charakterystyki statyczne i dynamiczne czujników gazu: zależność czułości od temperatury, stężenia gazu, przepływu. Określa się też szybkość reakcji czujnika na gaz w różnych temperaturach pracy.

#### Badanie fotodetektorów.

W ćwiczeniu wyznacza się charakterystyki widmowe podstawowych fotodetektorów: fotorezystorów, fotodiod, fototranzystorów wykonanych z różnych półprzewodników. Wyznaczana jest szerokość przerwy zabronionej półprzewodników.

#### Badanie detektorów promieniowania temperaturowego.

W ćwiczeniu wyznacza się charakterystykę pirometru w funkcji temperatury włókna żarówki oraz gęstości mocy promieniowania (zakres temperatur  $600^{\circ}$  do  $1400^{\circ}\text{C}$ ), dla różnych odległości źródło-detektor. Używa się do tego celu wzmacniacza typu lock-in. W oparciu o zmierzoną charakterystykę  $U_{wy} = f(P)$  mierzy się moc emitowaną przez laser HeNe.

Badanie czujników pola magnetycznego.

### **Sposób obliczania oceny końcowej**

1. Warunkiem uzyskania pozytywnej oceny końcowej jest uzyskanie pozytywnej oceny z laboratorium oraz kolokwium zaliczeniowego z wykładu.
2. Ocena z laboratorium:
  - jest średnią ocen z poszczególnych ćwiczeń.
  - na ocenę z danego ćwiczenia składa się ocena ze sprawdzianu wiadomości i ocena z zaliczenia sprawozdania
3. Obliczamy średnią ważoną z ocen laboratorium (60%) i wykładów (40%).
4. Wyznaczamy ocenę końcową na podstawie algorytmu:  
if srednia > 4.75 then OK:=5.0 else  
if srednia > 4.25 then OK:=4.5 else  
if srednia > 3.75 then OK:=4.0 else  
if srednia > 3.25 then OK:=3.5 else OK:=3
4. Jeżeli pozytywną ocenę z laboratorium i zaliczenia wykładu uzyskano w pierwszym terminie i dodatkowo student był aktywny na wykładach, to ocena końcowa jest podnoszona o 0.5.

### **Wymagania wstępne i dodatkowe**

- Znajomość elementów fizyki ciała stałego (po kursie fizyki)
- Znajomość podstawowych elementów elektronicznych
- Znajomość analogowych układów elektronicznych
- Znajomość cyfrowych układów elektronicznych

### **Zalecana literatura i pomoce naukowe**

1. S.M. Sze, Semiconductor Sensors, John Wiley & Sons, Inc., 1994
2. J.W. Gardner, V.K. Varadan, O.O. Awadelkarim, Microsensors, MEMS and Smart Devices, John Wiley & Sons, LTD, 2001
3. W. Göpel, J. Hesse, J.N. Zemel, Sensors - A Comprehensive Survey, VCH Verlagsgesellschaft mbH, 1989

4. T. Pisarkiewicz, Mikrosensory gazów, Wydawnictwa AGH, Kraków 2007
5. Wybrane sensory gazów. Przewodnik multimedialny:  
[http://oen.dydaktyka.agh.edu.pl/dydaktyka/automatyka/c\\_sensory\\_gazu/](http://oen.dydaktyka.agh.edu.pl/dydaktyka/automatyka/c_sensory_gazu/)
6. Materiały na stronie www laboratorium:<http://home.agh.edu.pl/~maziarz/LabTechSens>
7. R. Frank, "Understanding smart sensors", Artech House, 1996
8. J.W. Gardner, V.K.Varadan, "Microsensors, MEMS, and Smart Devices", John Wiley & Sons, 2001
9. S. Tumański, „Technika pomiarowa”, WNT 2007
10. Michalski L., Eckersdorf K.: Pomiary temperatury WNT
11. Rzaśa M., Kiczma B.: Elektryczne i elektroniczne czujniki temperatury
12. L. Michalski, K. Eckersdorf, J. Kucharski: Termometria, przyrządy i metody, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, 1998.
13. P. Horowitz, W. Hill: Sztuka Elektroniki, WKŁ, Warszawa cz. 1 i 2. wydanie: 9/2009.
- 14.P. Ripka „Magnetic sensors and magnetometers”, Artech House, 2001.
- 15.S. Tumański, „Thin film magnetoresistive sensors” IOP Publishing Ltd. 2001.
- 16.S. Tumański, „Cienkowarstwowe czujniki magnetorezystancyjne”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997

### Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

Nie podano dodatkowych publikacji

### Informacje dodatkowe

Brak

### Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Udział w wykładach	28 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	10 godz
Przygotowanie do zajęć	15 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	10 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	14 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	77 godz
Punkty ECTS za moduł	3 ECTS