

|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------|
| Nazwa                                      | Czujniki wielkości nieelektrycznych                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
| Dyscyplina naukowa                         | AEE/automatyka, elektronika i elektrotechnik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
| Forma studiów                              | stacjonarne                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                           | Sposób realizacji                                                                                                                                                   |                        | na odległość                                                                |                       |       |
| Rok studiów                                | pierwszy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           | Język wykładowy                                                                                                                                                     |                        | polski                                                                      |                       |       |
| Semestr studiów                            | pierwszy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
|                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                           | Forma zaliczenia                                                                                                                                                    |                        | zaliczenie                                                                  |                       |       |
| Jednostka prowadząca (wydział)             | Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
| Imię i nazwisko wykładowcy (wykładowców)   | Odpowiedzialny za przedmiotdr hab. inż. Grzegorz Lentka, prof. PG                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
|                                            | Prowadzący zajęcia z przedmiotu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                           | dr hab. inż. Grzegorz Lentka, prof. PG                                                                                                                              |                        |                                                                             |                       |       |
| Formy zajęć i metody nauczania             | Forma zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Wykład                                                    | Ćwiczenia                                                                                                                                                           | Laboratorium           | Projekt                                                                     | Seminarium            | RAZEM |
|                                            | Liczba godzin zajęć                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 15                                                        | 0                                                                                                                                                                   | 0                      | 0                                                                           | 0                     | 15    |
|                                            | W tym liczba godzin zajęć na odległość: 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
| Aktywność studenta i liczba godzin pracy   | Aktywność studenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Udział w zajęciach dydaktycznych, objętych planem studiów |                                                                                                                                                                     | Udział w konsultacjach |                                                                             | Praca własna studenta | RAZEM |
|                                            | Liczba godzin pracy studenta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15                                                        |                                                                                                                                                                     | 2                      |                                                                             | 8                     | 25    |
| Cel przedmiotu                             | Zaznajomić z czujnikami do pomiaru typowych wielkości nieelektrycznych oraz metodami, przyrządami i systemami pomiarowymi dla wybranych typów czujników. Zapoznać z problemami, błędami i niepewnością pomiarów czujnikami.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |
| Efekty kształcenia/ uczenia się przedmiotu | Efekt kierunkowy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                           | Efekt z przedmiotu                                                                                                                                                  |                        | Sposób weryfikacji i oceny efektu                                           |                       |       |
|                                            | P8U_W                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           | Zna współczesne trendy rozwojowe czujników i metod pomiaru wielkości nieelektrycznych.                                                                              |                        | [SU3] Ocena umiejętności wykorzystania wiedzy uzyskanej w ramach przedmiotu |                       |       |
|                                            | P8U_U                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                           | Potrafi dokonać przeglądu dostępnych technologii i wybrać zestaw odpowiednich czujników do konkretnej sytuacji w realiach laboratoryjnych i praktyce przemysłowej.  |                        | [SU2] Ocena umiejętności analizy informacji.                                |                       |       |
|                                            | P8S_UW                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                           | Potrafi dokonać krytycznej analizy wymagań i dobrać właściwe metody i czujniki do pomiaru niezbędnych parametrów z uwzględnieniem warunków otoczenia przemysłowego. |                        | SU2] Ocena umiejętności analizy informacji.                                 |                       |       |
| Treści przedmiotu                          | Wprowadzenie do pomiarów wielkości nieelektrycznych: wielkości elektryczne i nieelektryczne, sensor (czujnik) a przetwornik (transducer), sygnał pomiarowy i tor pomiarowy. Klasyfikacje czujników ze względu na: rodzaj sygnału wyjściowego, technologię wytwarzania, zastosowane materiały, zakres zastosowań, rodzaj przetwarzanej energii, rodzaj mierzonej wielkości. Parametry czujników: czułość, zakres pomiarowy, rozdzielczość, selektywność, dopuszczalne wartości graniczne, dopuszczalne warunki środowiskowe, szybkość odpowiedzi, stabilność (krótko i długoterminowa), postać sygnału wyjściowego, czas życia, cena, rozmiar, waga. Rodzaje czujników: bare sensor (pasywny), prosty czujnik analogowy, zaawansowany czujnik analogowy, czujnik cyfrowy, smart sensor. Przegląd czujników wybranych wielkości nieelektrycznych: czujniki temperatury (czujniki rezystancyjne: platynowe i termistory, termopary, czujniki półprzewodnikowe rezystancyjne i diodowe, czujniki kwarcowe i oscylacyjne, pirometry); czujniki wilgotności (grawimetryczne, higroskopowe, termometryczne, pojemnościowe, rezystancyjne); czujniki siły, naprężeń i ciśnienia (tensometry, czujniki piezoelektryczne, pojemnościowe, indukcyjne); czujniki zbliżeniowe (indukcyjnościowe, pojemnościowe, ultradźwiękowe i fotelektryczne); czujniki odległości i przesunięcia (rezystancyjne – potencjometryczne, indukcyjne, pojemnościowe, czujniki przesunięcia/obrotu – enkodery kodowe i inkrementalne, laserowe triangulacyjne czujniki odległości); czujniki bezwładnościowe IMU – akcelerometry (pojemnościowe i konwekcyjne) oraz żyroskopy – zintegrowane czujniki IMU; czujniki przepływu gazów i cieczy (termiczne, wiatraczkowe/turbinkowe, ultradźwiękowe, elektromagnetyczne/indukcyjne, zwężkowe); czujniki gazów, pyłów i zanieczyszczeń powietrza (na bazie SnO2 i ZnO– cienko- i grubowarstwowe, MEMS, pelistory, czujnik elektrochemiczne – sensor lambda, czujniki pyłów PMx – grawimetryczne i laserowe); Przegląd metod, układów i systemów pomiarowych dla czujników. Błędy, niepewności i problemy pomiarów czujnikami. Trendy |                                                           |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                             |                       |       |

|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|
|                                                                   | rozwojowe w obszarze czujników (m.in. kamery termowizyjne, nowe materiały dla czujników, poprawa czułości i selektywności, fuzja danych z czujników, czujniki odległości ToF, czujniki dotykowe, detekcja gestów). |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |
| Wymagania wstępne i dodatkowe                                     | Brak wymagań                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |
| Sposoby i kryteria oceniania osiąganych efektów kształcenia       | Sposób oceniania (składowe)                                                                                                                                                                                        | Próg zaliczeniowy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Składowa oceny końcowej |
|                                                                   | Wykład                                                                                                                                                                                                             | 50%                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 100%                    |
| Zalecana lista lektur                                             | Podstawowa lista lektur                                                                                                                                                                                            | J. Piotrowski, Pomiary, WNT2009; M. Rząsa, B. Kiczma, Elektryczne i elektroniczne czujniki temperatury, WKŁ 2005; A. Michalski, S. Tumański, B. Żyła, Laboratorium MWN, Oficyna Wyd. PW 1999<br>Suchocki K., „Sensory i przetworniki pomiarowe”, tom 1 i 3, Wyd. PG<br>Suchocki K., „Sensory i przetworniki pomiarowe – laboratorium”, Wyd. PG; T. Pisarkiewicz, Mikrosensory gazów, Wyd. AGH, Kraków 2007<br>J. Kostro - Pomiary wielkości nieelektrycznych metodami elektrycznymi; S.M. Sze, Semiconductor Sensors, John Wiley & Sons, Inc., 1994; J.W. Gardner, V.K. Varadan, O.O. Awadelkarim, Microsensors, MEMS and Smart Devices, John Wiley & Sons, LTD, 2001; W. Göpel, J. Hesse, J.N. Zemel, Sensors – A Comprehensive Survey, VCH Verlagsgesellschaft GmbH, 1989 |                         |
|                                                                   | Uzupełniająca lista lektur                                                                                                                                                                                         | Nie ma wymagań                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                         |
|                                                                   | Adresy eZasobów                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |
| Przykładowe zagadnienia/ przykładowe pytania/ realizowane zadania | Do pośredniego pomiaru wysokości obiektu latającego można wykorzystać czujnik: różnicowy/barometryczny/ciśnienia bezwzględnego/wilgotności/temperatury.                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                         |