



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu

Metrologia [S1EiT1>METR]

### Przedmiot

Kierunek studiów

Elektronika i telekomunikacja

Rok/Semestr

1/2

Studia w zakresie (specjalność)

–

Profil studiów

ogólnoakademicki

Poziom studiów

pierwszego stopnia

Język oferowanego przedmiotu

polski

Forma studiów

stacjonarne

Wymagalność

obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład

30

Laboratorium

30

Inne (np. online)

0

Ćwiczenia

0

Projekty/seminaria

0

### Liczba punktów ECTS

5,00

### Koordynatorzy

dr hab. inż. Maciej Wawrzyniak

maciej.wawrzyniak@put.poznan.pl

### Wykładowcy

### Wymagania wstępne

Student rozpoczynający ten przedmiot powinien posiadać podstawową wiedzę z matematyki i fizyki oraz podstaw teorii obwodów. Powinien również posiadać umiejętność pozyskiwania informacji ze wskazanych źródeł oraz mieć gotowość do podjęcia współpracy w ramach zespołu.

### Cel przedmiotu

Zapoznanie z podstawowymi definicjami i pojęciami metrologii, metodami pomiarowymi i aparaturą pomiarową. Wprowadzenie w problematykę analizy i prezentacji danych pomiarowych. Praktyczne przeprowadzenie eksperymentów laboratoryjnych polegających na przygotowaniu i przeprowadzeniu pomiarów.

### Przedmiotowe efekty uczenia się

Wiedza:

1. Zna i rozumie podstawowe metody pomiarowe oraz pojęcia używane w metrologii.
2. Ma uporządkowaną wiedzę w zakresie błędów pomiarów, wyznaczania niepewności pomiarów oraz poprawnego zapisu wyniku pomiaru.
3. Ma podstawową wiedzę w zakresie budowy urządzeń pomiarowych. Zna bloki funkcyjne wchodzące w

skład urządzeń pomiarowych.

Umiejętności:

1. Potrafi obsługiwać podstawowe przyrządy laboratoryjne: oscyloskop analogowy, oscyloskop cyfrowy, amperomierz, woltomierz, omomierz, częstotłomierz, zasilacz i generator. Potrafi korzystać z instrukcji urządzeń pomiarowych.
2. Potrafi poprawnie dobrać właściwą aparaturę i metodę pomiaru do postawionego zadania pomiarowego. Potrafi połączyć obwód pomiarowy i przeprowadzić pomiary.
3. Potrafi poprawnie interpretować i zapisać wyniki pomiarów. Zna zasady raportowania wyników pomiarów.
4. Stosuje zasady poprawnego i bezpiecznego zachowania w laboratorium pomiarowym.

Kompetencje społeczne:

1. Posiada świadomość konieczności profesjonalnego podejścia do rozwiązywanych problemów technicznych i podejmowania odpowiedzialności za proponowane przez siebie rozwiązania techniczne.
2. Potrafi pracować w grupie w laboratorium pomiarowym i realizować projekty zespołowe.
3. Dostrzega aspekty prawne, środowiskowe i użytkarckie pomiarów. Ma poczucie odpowiedzialności za przedstawione wyniki pomiarów.

### Metody weryfikacji efektów uczenia się i kryteria oceny

Efekty uczenia się przedstawione wyżej weryfikowane są w następujący sposób:

Wiedza nabyta w ramach wykładu jest weryfikowana przez kolokwium pisemne i/lub ustne. Kolokwium pisemne składa się z 8 pytań (problemowych), różnie punktowanych. Kolokwium ustne składa się z odpowiedzi na 4-6 pytań różnie punktowanych, zadawanych przez prowadzącego. Próg zaliczeniowy 50% punktów. Pytania zostaną opracowane na podstawie slajdów publikowanych w systemie eKursy. W przypadku zaliczenia pisemnego i ustnego punkty są sumowane. Skala ocen: <50% - 2,0 (ndst); 50% do 59% - 3,0 (dst); 60% do 69% - 3,5 (dst+); 70% do 79% - 4,0 (db); 80% do 89% - 4,5 (db+); 90% do 100% - 5,0 (bdb). Próg zaliczeniowy może ulec zmianie w zależności od wyników kolokwium.

Umiejętności nabyte w laboratorium są weryfikowane przez kolokwium pisemne lub ustne, opracowanie raportów oraz ocenę przygotowania, zachowania i zaangażowania w czasie zajęć. Kolokwium pisemne polega na rozwiązaniu 8 zadań, różnie punktowanych. Kolokwium ustne polega na rozwiązaniu 4-6 zadań różnie punktowanych, zadawanych przez prowadzącego. Ocena końcowa wystawiana jest na podstawie średniej ważonej:  $Sw = 0,45 \cdot SO + 0,55 \cdot OzK$  gdzie: SO jest średnią ocen uzyskanych za opracowanie raportów, przygotowanie, zachowanie i zaangażowanie w laboratorium a OzK jest oceną z kolokwium. Skala dla oceny końcowej:  $Sw > 4,75$  - 5,0 (bdb);  $4,25 = 4,75$  - 4,5 (db+);  $3,75 = 4,25$  - 4,0 (db);  $3,25 = 3,75$  - 3,5 (dst+);  $2,75 = 3,25$  - 3,0 (dst);  $Sw \leq 2,75$  - 2,0 (ndst).

### Treści programowe

Wykład

Podstawowe pojęcia metrologii: istota pomiaru, mezurand, wartość wielkości mierzanej, wynik pomiaru, system miar SI, jednostki podstawowe, definicja jednostki miary, wprowadzanie jednostek pochodnych, etalon i podział etalonów, spójność pomiarowa, kalibracja, służby państwowe odpowiedzialne za wzorce jednostek miar, klasyfikacja metod pomiarowych, pomiary bezpośrednie i pośrednie. Błąd i niepewność pomiaru: klasyfikacja błędów pomiarów, błędy systematyczne, przypadkowe i nadmierne, błąd bezwzględny i względny, wartość rzeczywista i wartość umownie prawdziwa, dokładność i precyzja pomiarów, sposoby zapisu wyniku pomiarów, rozkład normalny, populacja i próba, estymacja punktowa i przedziałowa, błąd graniczny i błąd klasy przyrządu pomiarowego, rozkład jednostajny, niepewność pomiaru, wyznaczanie niepewności standardowej metodą typu A i metodą typu B, prawo propagacji niepewności i niepewność standardowa złożona, niepewność rozszerzona i współczynnik rozszerzenia, wyznaczanie niepewności rozszerzonej w praktyce laboratoryjnej. Oscyloskop analogowy: lampa oscyloskopowa, schemat blokowy, generator podstawy czasu, powstawanie obrazu na ekranie oscyloskopu, stabilizacja obrazu, pomiar parametrów sygnałów okresowych, powstawanie obrazu w trybie X-Y, pasmo oscyloskopu, sondy pomiarowe i ich ewolucja, modele sond pomiarowych, kompensacja pasywnej sondy pomiarowej. Metody pomiarowe: pomiary parametrów sygnałów okresowych, wartość średnia, wartość średnia modułu i wartość skuteczna sygnału okresowego, współczynnik szczytu i kształtu, mierniki wartości skutecznej, mierniki TRUE RMS, pomiar rezystancji metodą techniczną, błąd systematyczny metody pomiarowej, kompensacja błędów systematycznych poprzez wprowadzenie poprawki, cyfrowy pomiar częstotliwości, cyfrowy pomiar okresu, błąd bramkowania i błąd zliczania,

reflektometria impulsowa, pomiar szybkości propagacji sygnału i wykrywanie uszkodzeń w liniach przesyłowych, impedancja charakterystyczna, pomiar tłumienia sygnału w kablu koncentryczny, pomiar przesunięcia fazowego za pomocą oscyloskopu dwukanałowego, pomiar przesunięcia fazowego metodą figur Lissajous, pomiar modułu impedancji. Wstęp do przetwarzania analogowo-cyfrowego: sygnał analogowy, sygnał analogowy dyskretny, sygnał cyfrowy, próbkowanie i kwantyzacja sygnału, dokładność i rozdzielczość, błędy przetwarzania, wzmacniacz operacyjny idealny i rzeczywisty, wzmacniacze napięcia odwracający i nieodwracający, komparator analogowy napięcia, wtórnik napięcia, układ całkujący. Przetworniki analogowo-cyfrowe: przetwarzanie a/c metodą bezpośredniego porównania równoległego, przetwarzanie a/c metodą podwójnego całkowania, przetwornik c/a z drabinką rezystancyjną R-2R, przetwarzanie a/c metodą kompensacji równomiernej. Oscyloskop cyfrowy: schemat blokowy, przetwarzanie sygnału w oscyloskopie cyfrowym, układ próbkująco-pamiętający, przetwornik a/c typu "flash", organizacja pamięci próbek, parametry wyzwiania, tryby wyzwiania, cykl pracy oscyloskopu cyfrowego, pomiary automatyczne parametrów napięciowych i czasowych sygnałów, pomiar sygnału w czasie poprzedzającym wyzwianie, wychwytywanie zakłóceń krótkotrwałych, sondy pomiarowe.

#### Laboratorium

Pomiary parametrów sygnałów i podzespołów: przyrządy pomiarowe, podstawowe parametry sygnałów napięciowych i prądowych, pomiar wartości średniej, skutecznej, chwilowej, współczynnika szczytu, współczynnika kształtu, czas narastania, czas opadania, wypełnienie, pomiar rezystancji, pomiar charakterystyki prądowo-napięciowej przyrządów półprzewodnikowych, prostokąty niepewności i zasady wykreślenia charakterystyki, wzmacniacze napięcia odwracający i nieodwracający, pomiar charakterystyki częstotliwościowej, komparator analogowy napięcia, pomiar sygnału wejściowego i wyjściowego, pomiar charakterystyki przejściowej. Oscyloskop analogowy: tryby pracy oscyloskopu, parametry wyzwiania, stabilizacja obrazu sygnału, generator podstawy czasu, powstawanie obrazu na ekranie oscyloskopu, współczynnik odchylenia, współczynnik podstawy czasu, podziałka oscyloskopu, procedury pomiaru amplitudy, częstotliwości i składowej stałej sygnałów okresowych, pomiar przesunięcia fazowego, praca oscyloskopu w trybie X-Y, pomiar przesunięcia fazowego metodą figur Lissajous. Poprawny zapis wyniku pomiaru: cyfry znaczące, błędy systematyczne, przypadkowe i nadmierne, błąd graniczny i błąd klasy, wyznaczania błędu granicznego w praktyce laboratoryjnej, niepewność standardowa, wyznaczanie niepewności standardowej metodą typu B, niepewność standardowa złożona, prawo propagacji niepewności w pomiarach pośrednich, współczynnik rozszerzenia, wyznaczanie niepewności rozszerzonej w praktyce laboratoryjnej. Wybrane metody pomiarowe: zasady rysowania schematów blokowych, symbole elementów elektronicznych wg. normy IEC 60617, schemat ideowy, błąd systematyczny metody na przykładzie pomiaru rezystancji metodą techniczną, korekcja błędu systematycznego poprzez wprowadzenie poprawki, pomiar bezpośredni i pośredni, wyznaczanie niepewności standardowej złożonej w pomiarach pośrednich na przykładzie pomiaru rezystancji metodą techniczną, reflektometria impulsowa, schemat blokowy układu pomiarowego, właściwa interpretacja obrazu sygnału mierzonego za pomocą oscyloskopu, punkt nieciągłości, impedancja charakterystyczna kabla, wyznaczanie prędkości propagacji sygnału w kablu, pomiar przenikalności elektrycznej względnej materiału izolacji kabla, wyznaczanie stałej propagacji, pomiary tłumienia kabla. Oscyloskop cyfrowy sygnał analogowy, sygnał analogowy dyskretny i cyfrowy, próbkowanie sygnału, przetwarzanie a/c metodą bezpośredniego porównania równoległego, tryby pracy, pomiary automatyczne parametrów czasowych i napięciowych sygnałów, parametry wyzwiania oscyloskopu cyfrowego, pomiar przebiegu w czasie poprzedzającym wyzwianie, wychwytywanie zakłóceń krótkotrwałych, kompensacja sondy pomiarowej, wyznaczanie niepewności standardowej metodą typu A.

#### Tematyka zajęć

brak

#### Metody dydaktyczne

Wykład: tradycyjny, prezentacja multimedialna, ilustrowana przykładami podawanymi na tablicy oraz wykład konwersatoryjny.

Ćwiczenia laboratoryjne: prezentacja multimedialna uzupełniana przykładami podawanymi na tablicy oraz wykonanie zadań podawanych przez prowadzącego - ćwiczenia praktyczne.

#### Literatura

Podstawowa

1. Chwaleba A., Poniński M., Siedlecki A., Metrologia elektryczna, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2003.
2. Rydzewski J., Pomiary oscyloskopowe, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007.

3. Arendarski J., Niepewność pomiarów, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 2006.

4. Kester W., Przetworniki A/C i C/A : teoria i praktyka, Wydawnictwo BTC, 2012.

Uzupełniająca

1. Dusza J., Gorat G., Leśniewski A., Podstawy miernictwa, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2002.

2. Barzykowski J., Domańska A., Kujawińska M., Współczesna metrologia. Zagadnienia wybrane, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne WNT, Warszawa 2016.

3. Maloberti F., Przetworniki danych, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.

### Bilans nakładu pracy przeciętnego studenta

	Godzin	ECTS
Łączny nakład pracy	125	5,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	70	3,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwίων/egzaminu, wykonanie projektu)	55	2,00