



## KARTA OPISU PRZEDMIOTU - SYLABUS

Nazwa przedmiotu  
Metrologia [N1EiT1>METR]

### Przedmiot

Kierunek studiów Elektronika i telekomunikacja	Rok/Semestr 2/3
Studia w zakresie (specjalność) –	Profil studiów ogólnoakademicki
Poziom studiów pierwszego stopnia	Język oferowanego przedmiotu polski
Forma studiów niestacjonarne	Wymagalność obligatoryjny

### Liczba godzin

Wykład 30	Laboratorium 15	Inne (np. online) 0
Ćwiczenia 0	Projekty/seminaria 0	

### Liczba punktów ECTS

6,00

### 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, częstotściomierz, zasilacz i generator. Potrafi korzystać z instrukcji urządzeń pomiarowych.
2. Potrafi poprawnie dobrać właściwą aparaturę i metodę pomiaru dla 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 utylitarne 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 egzamin pisemny i/lub ustny. Egzamin pisemny składa się z 14 pytań (problemowych), różnie punktowanych. Egzamin ustny składa się z odpowiedzi na 5-7 pytań różnie punktowanych, zadawanych przez prowadzącego. Próg zaliczeniowy 50% punktów.

Pytania na egzamin zostaną opracowane na podstawie slajdów z wykładów publikowanych w systemie eKursy. W przypadku egzaminu 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 egzaminu.

Umiejętności nabyte w ramach laboratorium są weryfikowane przez: ocenę sprawozdań, indywidualne sprawdzenie umiejętności sposobu łączenia układu. Ustne sprawdzenie wiedzy. Ocena końcowa wystawiana jest na podstawie średniej ważonej:  $S_w = 0,45 \cdot S_O + 0,25 \cdot S_u + 0,30 \cdot U_w$ , gdzie:  $S_O$  jest średnią ocen uzyskanych za opracowanie sprawozdań,  $S_u$  to ocena z indywidualnego sprawdzenia umiejętności sposobu łączenia układu, oraz  $U_w$  to ocena z ustnego sprawdzenia wiedzy. Skala dla oceny końcowej:  $S_w > 4,75$  - 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);  $S_w \leq 2,75$  - 2,0 (ndst).

### Treści programowe

Wykład

Podstawowe pojęcia metrologii: istota pomiaru, mezurand, wartość wielkości mierzonej, 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 systematycznego 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

Wyznaczanie błędu granicznego dla podstawowych przyrządów laboratoryjnych. Oscyloskop analogowy 2 kanałowy, powstawanie obrazu na ekranie oscyloskopu, stabilizacja obrazu, pomiar parametrów sygnałów, schemat blokowy oscyloskopu 2-kanałowego, powstawanie obrazu w trybie XY, pomiar przesunięcia fazowego. Niepewności pomiaru: definicja i klasyfikacja niepewności, obliczanie niepewności metodą typu A, obliczanie niepewności metodą typu B, niepewność standardowa, niepewność standardowa złożona, niepewność rozszerzona, algorytmy wyznaczania niepewności rozszerzonej, określanie niepewności rozszerzonej w praktyce laboratoryjnej. Analogowe mierniki elektroniczne: schemat konstrukcja i zasada działania, oznaczenia mierników, amperomierz, woltomierz, omomierz, podzespoły mierników elektronicznych, wzmacniacz odwracający i nieodwracający, wtórnik napięcia, wzmacniacz całkujący. Przetwornik analogowo-cyfrowy: komparator analogowy napięcia, detektory poziomu napięcia, detektor poziomu napięcia z histerezą, podstawowe parametry przetworników analogowo-cyfrowych, błędy przetwarzania, przetwarzanie a/c metodą podwójnego całkowania. Oscyloskop cyfrowy: schemat blokowy, parametry wyzwiania, sposoby wyzwiania, pomiary automatyczne, pomiar sygnału w czasie poprzedzającym wyzwianie, wychwytywanie zaburzeń krótkotrwałych, kompensacja pasywnej sondy pomiarowej. Pomiar charakterystyk statycznych, amplitudowych i fazowych, pomiar przesunięcia fazowego metodą bezpośrednią i metodą figur Lissajous.

### 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	130	6,00
Zajęcia wymagające bezpośredniego kontaktu z nauczycielem	55	2,00
Praca własna studenta (studia literaturowe, przygotowanie do zajęć laboratoryjnych/ćwiczeń, przygotowanie do kolokwiiw/egzaminu, wykonanie projektu)	75	4,00