

## OPISY KURSÓW

- Kod kursu: ELR1326
- Nazwa kursu: TEORIA OBWODÓW 1
- Język wykładowy: polski

<i>Forma kursu</i>	<i>Wykład</i>	<i>Ćwiczenia</i>	<i>Laboratorium</i>	<i>Projekt</i>	<i>Seminarium</i>
<i>Tygodniowa liczba godzin ZZU *</i>	2	2	1		
<i>Semestralna liczba godzin ZZU*</i>	30	30	15		
<i>F o r m a zaliczenia</i>	egzamin	zaliczenie	zaliczenie		
<b>Punkty ECTS</b>	4	3	2		
<b>Liczba godzin CNPS</b>	120	90	60		

- Poziom kursu (podstawowy/zaawansowany): podstawowy
- Wymagania wstępne: Analiza Matematyczna 1.1 A
- Imię, nazwisko i tytuł/ stopień prowadzącego: prof. dr hab. inż. Janina Pospieszna
- Imiona i nazwiska oraz tytuły/stopnie członków zespołu dydaktycznego:
  1. Adam Gubański, dr inż.
  2. Przemysław Janik, dr inż.
  3. Paweł Kostyla, dr inż.
  4. Zbigniew Leonowicz, dr inż.
  5. Edmund Motyl, dr hab. inż.
  6. Jerzy Piotrowicz, dr inż.
  7. Lesław Ładniak dr inż.
  8. Jacek Rezmer, dr inż.
  9. Piotr Ruczewski, dr inż.
  10. Tomasz Sikorski ,dr inż.
  11. Bronisław Świstacz , dr inż
  12. Zbigniew Waclawek, dr inż.
- Rok: ...I.... Semestr:.....2.....
- Typ kursu (obowiązkowy/wybieralny): obowiązkowy
- Cele zajęć (efekty kształcenia): Umiejętność analizy liniowych jednofazowych i trójfazowych obwodów elektrycznych, także ze sprzężeniami magnetycznymi. Umiejętność analizy niesymetrycznych zakłóceń w obwodach trójfazowych z zastosowaniem metody składowych symetrycznych.

- Forma nauczania (tradycyjna/zdalna): tradycyjna
- Krótki opis zawartości całego kursu:

Kurs obejmuje zagadnienia związane z analizą liniowych obwodów elektrycznych przy wymuszeniu sinusoidalnym. Klasyfikacja sygnałów. Przebiegi prądów i napięć na elementach  $RLC$ . Metoda symboliczna. Przejście od przebiegów chwilowych do zapisu zespolonego. Opis struktury obwodu. Metody analizy obwodów. Układy równoważne. Twierdzenie Thevenina i Nortona. Pojęcie mocy czynnej, biernej i pozornej. Obwody ze sprzężeniami magnetycznymi. Rezonans napięć i prądów. Czwórnik. Obwody trójfazowe. Moc w układach trójfazowych. Metoda składowych symetrycznych. Analiza niesymetrycznych zakłóceń w obwodach trójfazowych.

- Wykład (podać z dokładnością do 2 godzin):

	<i>Zawartość tematyczna poszczególnych wykładów</i>	<i>Liczba godzin</i>
1.	<b>Podstawowe pojęcia i założenia.</b> Rodzaje ładunków elektrycznych. Oddziaływanie między ładunkami. Prawo zachowania ładunku. Pojęcie pola elektrycznego. Praca przesunięcia ładunku w polu elektrycznym. Napięcie, potencjał, prąd elektryczny. Prawo Ohma. Praca i moc. Kondensator, pojemność. Związek pomiędzy prądem i napięciem. Strzałkowanie. Energia, akumulacja energii. Zwojnica. Związek między prądem i strumieniem magnetycznym. Indukcyjność. Prawo Faradaya. Siła elektromotoryczna. Elementy aktywne i pasywne. Źródła napięcia i prądu. Dzielnik napięcia i dzielnik prądu. Liniowość, stacjonarność i przyczynowość.	2
2.	<b>Sygnały.</b> Nieokresowe (skok jednostkowy, impuls Diraca, sygnał wykładniczy). Okresowe (niesinusoidalne, sygnał sinusoidalny). Wartość średnia, wartość skuteczna. Współczynniki kształtu i szczytu. Pomiar parametrów sygnałów przez przyrządy pomiarowe.	1
3.	<b>Przebiegi napięć i prądów na elementach <math>RLC</math>.</b> Odpowiedź elementów $RLC$ na typowe sygnały (skok jednostkowy, sygnał wykładniczy, sygnał sinusoidalny). Rozwiązywanie równań opisujących proste obwody z elementami $RL$ i $RC$ . Stan przejściowy. Stan ustalony.	2
4.	<b>Metoda symboliczna.</b> Sygnał wykładniczy. Funkcja zespolona dla sygnału sinusoidalnego. Wartość zespolona. Postać algebraiczna i wykładnicza. Działania na liczbach zespolonych. Interpretacja geometryczna liczb zespolonych i działań. Zastosowanie liczb zespolonych.	1
5.	<b>Przejście od przebiegów chwilowych do zapisu zespolonego.</b> Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa w zapisie zespolonym. Wykresy wskazowe. Przesunięcie fazowe a opóźnienie czasowe. Impedancja i admitancja na płaszczyźnie zespolonej. Reaktancja i susceptancja.	1
6.	<b>Struktura obwodu. Grafy.</b> Gałąź, węzeł, oczko, graf. Drzewo grafu. Graf zorientowany. Liczba równań. Zapis macierzowy struktury obwodu. Macierz incydencji (oczkowa i węzłowa). Związki między macierzami incydencji.	1
7.	<b>Metody rozwiązywania obwodów.</b> Ogólna postać gałęzi. Równania gałęziowe. Macierz impedancji	1

	gałęziowych. Prawo Ohma i prawa Kirchhoffa w postaci macierzowej.	
8.	<b>Metoda prądów oczkowych.</b> Pojęcia prądu oczkowego. Prądy gałęziowe a prądy oczkowe (zapis macierzowy). Macierz prądów oczkowych. Macierz impedancji oczkowych. Uogólniona macierz napięć źródłowych. Zastosowanie metody prądów oczkowych.	1
9.	<b>Metoda potencjałów węzłowych.</b> Napięcia gałęziowe a potencjały węzłowe (zapis macierzowy). Macierz admitancji węzłowych. Uogólniona macierz prądów źródłowych. Zastosowanie metody potencjałów węzłowych.	1
10.	<b>Metoda superpozycji.</b> Warunki stosowania. Przykłady zastosowań metody superpozycji (dwustronne zasilanie, źródła o różnej pulsacji).	1
11.	<b>Układy równoważne.</b> Pojęcie równoważności układów wielozaciskowych. Przekształcenie trójkąt-gwiazda. Włączanie dodatkowych źródeł. Przemieszczanie idealnych źródeł napięcia przez węzeł. Przemieszczanie idealnych źródeł w oczku.	1
12.	<b>Twierdzenie Thevenina i Nortona.</b> Dwójnik pasywny i aktywny. Napięcie stanu jałowego. Impedancja zastępcza dwójnika. Twierdzenie Thevenina o zastępczym źródle napięcia. Pomiar parametrów dwójnika. Stan jałowy i stan zwarcia. Twierdzenie Nortona o zastępczym źródle prądowym. Zamiana źródeł.	1
13.	<b>Moc w obwodach prądu sinusoidalnie zmiennego.</b> Moc chwilowa i moc średnia. Pojęcie mocy czynnej, biernej i pozornej. Trójkąt mocy. Bilans mocy. Współczynnik mocy. Pojęcie składowych czynnych i biernych napięcia i prądu. Pomiar mocy. Obliczanie mocy biernej i pozornej na podstawie wskazań przyrządów. Dopasowanie odbiornika do źródła. Sprawność źródła. Spadek napięcia i strata mocy w linii przesyłowej.	2
14.	<b>Obwody ze sprzężeniami magnetycznymi.</b> Indukcyjność wzajemna. Zaciski jednakimienne. Sprzężenie dodatnie i ujemne. Rozsprzęganie gałęzi o wspólnym węźle. Postać macierzy impedancji oczkowych i macierzy admitancji węzłowych w obwodach ze sprzężeniami. Przekazywanie energii przez sprzężenie. Transformator. Przekładnia.	2
15.	<b>Rezonans napięć i prądów.</b> Rezonans w szeregowym i równoległym obwodzie $RLC$ . Warunki rezonansu. Charakterystyki częstotliwościowe układów rezonansowych.. Dobroć. Selektywność. Energia chwilowa. Znaczenie rezonansów w elektrotechnice. Kompensacja mocy biernej. Filtry $RLC$ .	2
16.	<b>Obwody trójfazowe. Pojęcia podstawowe.</b> Wielofazowe źródła napięć. Obwody trój i cztero przewodowe. Wielkości fazowe i międzyfazowe. Operator obrotu. Wykresy wskazowe. Rozpływ prądów w obwodach symetrycznych i niesymetrycznych. Moc chwilowa w układach trójfazowych. Moc w obwodach trójfazowych połączonych w trójkąt lub w gwiazdę. Pomiar mocy czynnej i biernej układu symetrycznego i niesymetrycznego trój i czteroprzewodowego.	2

	Kompensacja mocy biernej w układach trójfazowych. Liczniki energii elektrycznej.	
17.	<b>Metoda składowych symetrycznych.</b> Idea. Obwody składowych symetrycznych. Macierz przekształceń. Pomiar impedancji składowych symetrycznych. Filtry składowych symetrycznych. Zakłócenia wzdlużne i poprzeczne. Połączenia obwodów składowych symetrycznych w czasie zakłóceń wzdlużnych i poprzecznych	2
18.	<b>Pola magnetyczne oscylacyjne i wirujące.</b> Dwu i trójfazowe pole wirujące. Zasada działania silników asynchronicznych.	2
19.	<b>Czwórnik</b> Definicja czwornika. Klasyfikacja czworników. Warunki symetrii i odwracalności. Równania czworników (łańcuchowe, admitancyjne i impedancyjne). Impedancja falowa czwornika symetrycznego. Współczynnik przenoszenia. Wyznaczanie stałych czwornika ze schematów. Wyznaczanie parametrów czwornika z pomiarów. Łączenie czworników. Łańcuch jednakowych czworników symetrycznych. Rozkład napięć na łańcuchu izolatorów.	2

- Ćwiczenia - zawartość tematyczna:

Obliczanie Wartości średniej, skutecznej prostych sygnałów niesinusoidalnych. Przejście przebiegu chwilowego do zapisu zespolonego i odwrotnie. Konstrukcja wykresów wskazowych dla elementów  $RLC$  połączonych szeregowo i równolegle. Tworzenie macierzy impedancji oczkowych. Wyznaczanie rozptywu prądów przy wykorzystaniu metody prądów oczkowych. Tworzenie macierzy admitancji węzłowych. Wyznaczanie potencjałów węzłowych złożonych obwodów elektrycznych. Wykorzystanie metody superpozycji do rozwiązywania obwodów. Wykorzystanie twierdzeń: Thevenina i Nortona do analizy rozptywu prądów. Obliczanie parametrów obwodu zasilanego źródłami sinusoidalnymi na podstawie wskazań przyrządów. Wyznaczanie przepięć i przetężeń w czasie rezonansu. Obliczanie rozptywu prądów i napięć w obwodach trójfazowych symetrycznych i nie symetrycznych. Obliczanie zwarć jedno- i wielo-fazowych w liniach elektroenergetycznych. Obliczanie parametrów czworników na podstawie schematów i pomiarów.

- Seminarium - zawartość tematyczna:
- Laboratorium - zawartość tematyczna:

Ćwiczenia dotyczące wybranych zagadnień z obwodów liniowych, badania układu szeregowego,  $RLC$ , układu równoległego  $RLC$ , układów trójfazowych skojarzonych w gwiazdę, i trójkąt, badanie obwodów sprzężonych magnetycznie, badanie czworników.

1. Badanie szeregowego obwodu  $RLC$  przy wymuszeniu sinusoidalnym
2. Badanie równoległego i szeregowo-równoległego obwodu  $RLC$  przy wymuszeniu sinusoidalnym
3. Badanie układu cewek sprzężonych magnetycznie
4. Badanie układów trójfazowych
5. Filtry z elementami pasywnymi
6. Badanie czworników

- Projekt - zawartość tematyczna:
- Literatura podstawowa:
  1. S. Osowski, K. Siwek, M. Śmiałek – *Teoria Obwodów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2006.
  2. S. Bolkowski - - *Teoria Obwodów Elektrycznych* -WNT 1995
- Literatura uzupełniająca:
  1. M. Uruski, W. Wolski - *Teoria Obwodów t. I, II* - skrypt P.Wr.
  2. K. Mikołajuk, Z. Trzaska - *Elektrotechnika Teoretyczna* - PWN 1984.
  3. J. Osiowski, J. Szabatin - *Podstawy Teorii Obwodów t. I, II, III* - WNT 1992 - 1998
- Warunki zaliczenia: Ćwiczenia: 2 kolokwia oraz ocena z pracy własnej, wykład: egzamin.

\* - w zależności od systemu studiów

## DESCRIPTION OF THE COURSES

- Course code: ELR1326
- Course title: CIRCUITS THEORY 1
- Language of the lecturer: polish

<i>Course form</i>	<i>Lecture</i>	<i>Classes</i>	<i>Laboratory</i>	<i>Project</i>	<i>Seminar</i>
<i>Number of hours/week*</i>	2	2	1		
<i>Number of hours/semester*</i>	30	30	15		
<i>Form of the course completion</i>	<i>Exam</i>	<i>pass</i>	<i>pass</i>		
<i>ECTS credits</i>	4	3	2		
<i>Total Student's Workload</i>	120	90	60		

- Level of the course (basic/advanced): basic
- Prerequisites: Mathematical Analysis 1.1A
- Name, first name and degree of the lecturer/supervisor: Janina Pospieszna, Prof., DSc, PhD.
- Names, first names and degrees of the team's members:
  1. Gubański, Adam, PhD,
  2. Janik, Przemysław, PhD,
  3. Kostyla, Paweł, PhD,
  4. Leonowicz, Zbigniew, PhD,
  5. Ładniak, Lesław PhD
  6. Motyl, Edmund, DSc, PhD,
  7. Piotrowicz, Jerzy, PhD,
  8. Rezmer, Jacek, PhD,
  9. Ruczewski, Piotr, PhD,
  10. Sikorski, Tomasz, PhD,
  11. Świstacz Bronisław PhD,
  12. Zbigniew Waclawek PhD
- Year:.....I..... Semester:....2.....
- Type of the course (obligatory/optional): obligatory

- Aims of the course (effects of the course): Knowledge of the analysis of linear one- and three-phase electric circuits, also with magnetic coupling. Knowledge of analysis of asymmetric disturbances in three-phase circuits, using the method of symmetrical components.
- Form of the teaching (traditional/e-learning): traditional
- Course description:

Classification of signals. Linear electric circuit with sinusoidal sources. The symbolic method. voltages and currents on the RLC elements. Laws of the theory of circuits in the symbolic circuit analysis. Vector graphs. Thevenin's and Norton's theorem. equivalent circuits. The active, reactive and apparent power. Currents and voltages resonance. Circuits with magnetic couplings. Four-terminal networks. Three-phase systems. Power in three-phase systems. Oscillating and rotating field. The method of symmetrical components. Analysis of unsymmetrical disturbances in three-phase circuits.

- Lecture:

<i>Particular lectures contents</i>	<i>Number of hours</i>
1. Stationary state in electric circuits with sinusoidal sources. Waveforms of currents and voltages on RLC elements. Relationships between the waveforms of currents and voltages in serial and parallel branches of elements LR, CR, LCR. The effective value. The average value. -----	2
2. Symbolic method of solving SLS circuits with sinusoidal sources. Functions and complex values of currents and voltages. Kirchhoff's theorems for complex values. Current and voltage relationships for elements LCR in the symbolic notation. Complex impedance and admittance. -----	2
3. Stationary state in branches LR, CR and LCR calculated with the help of the symbolic method. Vector graphs. The triangle of voltages and currents. Active and passive components. The basic statements of the theory of circuits in symbolic method: the equivalence of real sources, Thevenin's theorem (principle of superposition) -----	2
4. The method of loop currents and node potentials, statement about turning on additional voltage and current sources, statement about compensation. The principle of reciprocity. -----	2
5. The waveforms of the instantaneous power in the circuit with sinusoidal sources. The notion of the complex power, active, passive and apparent power. The triangle of the power. The coefficient of the power. The improvement of the coefficient of the power - compensation of the passive power. -----	2
6. The measurement of power. Calculation of the passive and apparent power on the basis of the indications of instruments. The adjustment of receiver to the source. Efficiency of the source. The drop of the voltage and the loss of the power in the transmission line -----	2

7. The phenomenon of the resonance in electric circuits. The resonance of voltages and currents. Frequency profiles of resonance circuits.	
-----	2
8. Circuits with the magnetic coupling. The serial and parallel connection of coupled elements. Replacing the circuit with the coupling with the circuit without the coupling. The power in coupled circuits.	2
9. Equation of four - terminal networks. Properties of four – terminal networks: invertibility, symmetry. Ways of the connection of four – terminal networks. Working parameters: entry impedances, current and voltage amplifier, the amplifier of the power. Determination the parameters of four - terminal network on the basis of the measurements of open state and the condition of the short-circuit.	2
10. Characteristic parameters of four -terminal networks. Characteristic impedance (wave impedance), the coefficient of transfer. Chain equations of four - terminal network in the hyperbolic form. Distribution of potentials and currents in the chain of equal four - terminal networks with various loads.	----- 2
11..Three-phase symmetrical and asymmetrical circuits. Static and rotating receivers. Distribution of currents and voltages in three-phase circuits - star or triangle connected. Power in three-phase circuits - method of two wattmeters (Aron's method).	2
12..Decomposition of three sinusoidal waveforms into symmetrical components: forward-, backward-, zero-components. Ohm's Law for symmetrical components. Decomposition of impedance into symmetrical components. The separation of symmetrical components. Equivalent circuits for symmetrical components.	2
13. Analysis of asymmetrical disturbances in three-phase systems using symmetrical components	
14.Utilization of the symmetrical method to the component calculation of fault conditions in power system circuits. Filters of symmetrical components	2
	2

- Classes – the contents:

Calculation of the average, effective value of simple non -sinusoidal signals. The passage from the temporal waveform to the complex function and inversely. The construction of vector graphs for LCR elements connected in series and parallel. Creating of the matrix of loop impedances. Calculation of currents using the method of loop currents. Creating the matrix node admittance. Calculation the node potentials of electric circuits. Utilization of the method of superposition for solving circuits. Utilization of the statements: Thevenin and Norton to the analysis of current flow. Calculation of the parameters of circuits with sinusoidal sources on the basis of measurements. Calculation of overvoltage and overcurrent during the resonance condition. Calculation of currents and voltages in three-phase circuits (symmetrical and asymmetrical). Calculation of short-circuit currents in one- and multi-phase transmission lines. Calculation of the parameters of four - terminal networks on the basis of diagram and measurements.

- Seminars – the contents:



- Laboratory – the contents:

Practices relating to chosen problems of linear circuits, the investigation of the LCR circuits, three-phase circuits, star and triangle connected, the investigation of magnetically coupled circuits, the investigation of four -terminal networks.

1. Investigation of serial RLC circuits with sinusoidal excitation
2. Investigation of the parallel and serial-parallel LCR circuit with sinusoidal excitation
3. Investigation of the arrangement of magnetically coupled coils
4. Investigation of three-phase circuits
5. Analogue filters with passive elements.
6. Investigation of four - terminal networks

- Project – the contents:

- Basic literature:

1. Athanasios Papoulis -Circuits and Systems: A Modern Approach by Athanasios Papoulis, 1980, 1998.
2. Raymond A. DeCarlo and Pen-Min Lin - Linear Circuit Analysis: Time Domain, Phasor, and Laplace Transform Approaches, 2003.

- Additional literature:

1. Leonard S. Bobrow - Fundamentals of Electrical Engineering (Oxford Series in Electrical and Computer Engineering), 1996
2. William D. Stanley, John R. Hackworth, and Richard L. Jones - Fundamentals of Electrical Engineering and Technology, 2006

- Conditions of the course acceptance/creditation: Passed examination, passed colloquium, reports and self-preparation work satisfactory evaluation
- 

\* - depending on a system of studies