

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення

дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ»

(для студентів усіх форм навчання
напряму 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)

Харків – ХНАМГ – 2012

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямку 6.050701 «Електротехніка та електротехнології») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 48 с.

Укладачі: к.т.н., доц. Я. Б. Форкун,
к.т.н., доц. В. П. Самошкін,
к.т.н., доц. Г. В. Капустін

Рецензент: д.т.н., проф. А. Г. Сосков

Рекомендовано кафедрою теоретичної та загальної електротехніки,
протокол № 4 від 01.12.2011 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Розділ 1. Мета і завдання дисципліни. Місце дисципліни у навчальному процесі.....	7
1.1. Мета і завдання дисципліни.....	7
1.2. Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця.....	7
1.3. Навчально-методичні джерела.....	8
Розділ 2. Модуль 1. Лінійні електричні кола постійного і синусоїдного струму.....	12
2.1. ЗМ 1.1: Властивості й методи розрахунку лінійних електричних кіл з джерелами постійної напруги і струму.....	12
2.2. ЗМ 1.2: Властивості й методи розрахунку лінійних електричних кіл з однофазними та трифазними джерелами синусоїдної напруги і струму.....	16
Розділ 3. Модуль 2. Електричні кола з періодичними негармонійними напругами та струмами. Перехідні процеси в лінійних електричних колах. Сталі процеси у нелінійних колах.....	22
3.1. ЗМ 2.1: Властивості й методи розрахунку електричних кіл з періодичними негармонійними напругами та струмами.....	22
3.2. ЗМ 2.2: Перехідні процеси в лінійних електричних колах і методи їх розрахунку.....	26
3.3. ЗМ 2.3: Сталі процеси у нелінійних колах і методи їх розрахунку.....	31
Розділ 4. Модуль 3. Електромагнітне поле.....	34
4.1. ЗМ 3.1: Електричні кола з розподіленими параметрами.....	34
4.2. ЗМ 3.2: Електричне та магнітне поле постійного струму.....	36
4.3. ЗМ 3.3: Змінне електромагнітне поле	40
Розділ 5. Задачі для самостійної підготовки.....	44
Розділ 6. Критерії оцінки знань студентів.....	47

ВСТУП

Підвищення якості підготовки молодих спеціалістів тісно пов'язане з розширенням та удосконаленням самостійної роботи студентів у період навчання. Треба відзначити, що роль самостійної роботи студентів при вивченні навчальних дисциплін також суттєво зростає у зв'язку зі вступом України в Болонський процес та переходом на кредитно-модульну систему освіти, тому що обсяг її повинен складати 60 % від загального обсягу необхідних для вивчення дисципліни годин.

Дисципліна «Теоретичні основи електротехніки» (ТОЕ) є базовою для студентів спеціальностей 6.090600 «Світлотехніка та джерела світла» та 6.090600 «Електротехнічні системи електроспоживання» напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології».

Студенти спеціальностей «Світлотехніка та джерела світла» (СДС) та «Електротехнічні системи електроспоживання» (ЕСЕ) всіх форм навчання протягом двох семестрів вивчають відповідно першу та другу частини дисципліни «Теоретичні основи електротехніки». Складається дисципліна з двох модулів: «Лінійні електричні кола постійного і синусоїдного струму» та «Електричні кола з періодичними негармонійними напругами і струмами. Перехідні процеси в лінійних електричних колах. Сталі процеси у нелінійних колах».

Студенти спеціальності ЕСЕ денної форми навчання вивчають протягом третього семестру «Теорію електромагнітного поля», що становить третій модуль.

Ці методичні вказівки дозволять ще в більшій мірі інтенсифікувати навчальний процес, переносячи центр тяжіння у навчанні на самостійну роботу студентів, а також враховувати сучасні тенденції розвитку вищої освіти. Підготовлені вони на основі робочої програми дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», яка в свою чергу відповідає навчальному плану підготовки бакалавра галузі 0507 «Електротехніка та електромеханіка» напряму 6.050701 «Електротехніка та електротехнології», що підписаний 17 вересня 2009 р. Цей план передбачає наступний загальний розподіл та розподіл у межах семестру за типом навчальної роботи для студентів денної та заочної форм навчання (див. табл. 1, 2).

Таблиця 1 – Загальний розподіл обсягу навчальної роботи студента

Спеціальність, спеціалізація	Всього кредитів / годин (денна форма) Всього годин (заочна форма)	Семестри	Години								Іспити (семестри)	Заліки (семестри)
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота (СР)	У тому числі				
				Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи		Контр. Роботи	КП/КР	РГР (семестри) / кількість годин		
Денна форма навчання												
ЕСЕ	16/576	3,4,5	260	104	122	34	316	-	-	3,4,5/90	3,4,5	-
СДС	10/360	3,4	170	68	68	34	190	-	-	3,4/60	3,4	-
Заочна форма навчання												
ЕСЕ	13,5/486	3,4	54	22	16	16	432	-	-	3,4/60	3,4	-
СДС	13,5/486	4,5	60	30	16	14	426	-	-	4,5/60	4,5	-

Таблиця 2 – Розподіл обсягу навчальної роботи студента за семестрами

Спеціальність, спеціалізація	Всього кредитів / годин (денна форма) Всього годин (заочна форма))	Семестри	Години								Екзамен (семестри)	Заліки (семестри)
			Аудиторні	у тому числі			Самостійна робота	у тому числі				
				Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи		Контр. роботи	КП/КР	РГР (кількість годин)		
Денна форма навчання												
ЕСЕ	4,5/162	3	90	36	36	18	72	-	-	30	3	-
	5,5/198	4	80	32	32	16	118	-	-	30	4	-
	6/216	5	90	36	54	-	126	-	-	30	5	-
СДС	4,5/162	3	90	36	36	18	72	-	-	30	3	-
	5,5/198	4	80	32	32	16	118	-	-	30	4	-
Заочна форма навчання												
ЕСЕ	252	3	26	10	8	8	226	-	-	30	3	-
	234	4	28	12	8	8	206	-	-	30	4	-
СДС	252	4	30	16	8	6	222	-	-	30	4	-
	234	5	30	14	8	8	204	-	-	30	5	-

Викладачами кафедри теоретичної та загальної електротехніки розроблено наступне розподілення обсягу навчальної роботи за змістовими модулями для студентів денної форми навчання (за темами для студентів заочної форми навчання) у межах семестрів (див. табл. 3, 4).

Таблиця 3 – Розподіл часу за модулями й змістовими модулями (денна форма, ЕСЕ)

Модулі (семестри) та змістові модулі	Всього кредитів/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СР/РГР у тому числі
Модуль 1 (семестр 3)	4,5/162	36	36	18	72/30
ЗМ 1.1.	2/72	14	14	6	38/15
ЗМ 1.2.	2,5/90	22	22	12	34/15
Модуль 2 (семестр 4)	5,5/198	32	32	16	118/30
ЗМ 2.1	2/72	10	12	6	44/15
ЗМ 2.2	2,5/90	16	16	6	52/15
ЗМ 2.3	1/36	6	4	4	22/-
Модуль 3 (семестр 5)	6/216	36	54	-	126/30
ЗМ 3.1	1/36	6	8	-	22/10
ЗМ 3.2	2,5/90	16	24	-	50/10
ЗМ 3.3	2,5/90	14	22	-	54/10

Таблиця 4 – Розподіл часу за семестрами й темами (заочна форма, ЕСЕ)

Семестри та теми	Всього годин	Форми навчальної роботи			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СР/РГР у тому числі
Семестр 3	252	10	8	8	226/30
Тема 1	108	4	4	4	96/15
Тема 2	144	6	4	4	130/15
Семестр 4	234	12	8	8	206/30
Тема 1	72	4	2	2	64/15
Тема 2	126	6	4	4	112/15
Тема 3	36	2	2	2	30/-

Таблиця 5 – Розподіл часу за модулями й змістовими модулями (денна форма, СДС)

Модулі (семестри) та змістові модулі	Всього, кредитів/годин	Форми навчальної роботи			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СР/РГР у тому числі
Модуль 1 (семестр 3)	4,5/162	36	36	18	72/30
ЗМ 1.1.	2/72	14	14	6	38/15
ЗМ 1.2.	2,5/90	22	22	12	34/15
Модуль 2 (семестр 4)	5,5/198	32	32	16	118/30
ЗМ 2.1	2/72	10	12	6	44/15
ЗМ 2.2	2,5/90	16	16	6	52/15
ЗМ 2.3	1/36	6	4	4	22/-

Таблиця 6 – Розподіл часу за семестрами й темами (заочна форма, СДС)

Семестри, теми	Всього годин	Форми навчальної роботи			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	СР/РГР у тому числі
Семестр 4	252	16	8	6	222/30
Тема 1	108	6	4	2	96/15
Тема 2	144	10	4	4	126/15
Семестр 5	234	14	8	8	204/30
Тема 1	72	6	2	2	62/15
Тема 2	126	6	4	4	112/15
Тема 3	36	2	2	2	30

РОЗДІЛ 1.

ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ». ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

1.1. МЕТА і ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ».

Метою дисципліни є оволодіння фундаментальними поняттями, теорією та методологією сучасної теоретичної електротехніки, засвоєння фундаментальних знань, які є необхідною базою для подальшого вивчення електротехнічних дисциплін.

Завдання дисципліни:

- навчити основним законам електричних, магнітних і електромагнітних кіл та співвідношенням між електричними величинами в електричних та магнітних колах;
- ознайомити зі структурними елементами й фізичними величинами кіл;
- навчити теорії і методології аналізу електричних кіл постійного та змінного (синусоїдного і несинусоїдного) струмів;
- навчити теорії і методології аналізу симетричних і несиметричних трифазних кіл із синусоїдними й несинусоїдними джерелами енергії;
- навчити теорії і методології аналізу перехідних процесів в електричних колах зі зосередженими параметрами;
- ознайомити з основними законами і методами розрахунку нелінійних кіл постійного та змінного струму.

Предметом вивчення дисципліни є основні закони теорії електричних кіл, теорії електромагнітного поля та оволодіння навичками їх практичного застосування для дослідження і розрахунків сучасних електротехнічних пристроїв.

1.2. МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ

Таблиця 7

Дисципліни, що передують вивченню дисципліни	Дисципліни, вивчення яких спирається на дисципліну
1	2
Фізика – розділи: електрика та магнетизм	Промислова електроніка
Вища математика – розділи: системи лінійних алгебраїчних рівнянь, теорія матриць, похідна та інтеграл, диференціальні рівняння, функціональні ряди, інтегральні перетворення Лапласа, векторна алгебра, комплексні числа	Електричні машини

1	2
Електротехнічні матеріали	Основи метрології та електричних вимірів
	Електрична частина станцій та підстанцій
	Електричні апарати
	Мікропроцесорна техніка
	Техніка високих напруг
Вступ до фаху	Електропостачання міст та промислових дисциплін
Вступ до світлотехніки	

1.3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

Основні навчально-методичні джерела

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: Учебник. – М.: Гардарики, 2002 – 640 с.
2. Зевеке Г.В., Ионкин П.А. и др. Основы теории цепей: Учебник для вузов - М.: Энергоатомиздат, 1989– 528 с.
3. Паначевний Б.І., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка: теорія і практикум: Підручник. – К.: Каравела, 2004 - 440 с.
4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник. - М.: Гардарики, 2001 – 317 с.
5. Перхач В.С. Теоретична електротехніка. Лінійні кола. - К: Вища школа, 1992 – 439 с.
6. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. 4-е издание, дополненное для самостоятельного изучения курса. - Издательство «Питер», 2004 (т. 1 – 462 с., т. 2 – 575 с., т. 3 – 376 с.).
7. М.Р. Шебес, М.В. Каблукова. Задачник по теории линейных электрических цепей. – М.: «Высшая школа», 1990– 544 с.
8. М.П. Рибалко, В.О.Есауленко, В.І. Костенко. Теоретичні основи електротехніки. Лінійні електричні кола: Підручник. – Донецьк: Новий світ, 2003 - 513 с.

Додаткові навчально-методичні джерела

1. Родзевич В.Є. Загальна електротехніка: Навч. посібник для підготовки молодших спеціалістів. 2 вид., перероб. і доп. – К.: Вища школа, 1993 -183 с.
2. Збірник задач з теоретичних основ електротехніки. Ч. 1: Навчальний посібник. – К.: «Магнолія плюс», 2004, 224 с.

Список методичних вказівок (МВ)

1. Текст лекцій з дисципліни "Теоретичні основи електротехніки", частина І (для студентів усіх форм навчання напрямків 6.0906 - "Електротехніка" і 6.0922 - "Електромеханіка") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, С.М. Юрченко. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 70 с.

2. Текст лекцій з дисципліни "Теоретичні основи електротехніки", частина ІІ (для студентів усіх форм навчання напрямків 6.050701 – "Електротехніка та електротехнології", 6.050702 – "Електромеханіка") / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 87 с.

3. МВ до виконання лабораторних робіт за темами «Лінійні електричні кола постійного та синусоїдного струму» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямків 6.050701 - «Електротехніка та електротехнології» і 6.050702 - «Електромеханіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова, Г. В. Капустін. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 44 с.

4. МВ до виконання лабораторних робіт за темами «Трифазні кола, несинусоїдні кола, перехідні процеси, нелінійні кола» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямків 6.050701 - «Електротехніка та електротехнології» і 6.050702 - «Електромеханіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 56 с.

5. МВ до виконання розрахунково-графічної роботи за темою «Розрахунок складного кола постійного струму і розгалуженого кола синусоїдного струму» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямків 6.050701 «Електротехніка та електротехнології», 6.050702 «Електромеханіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 52 с.

6. МВ до виконання розрахунково-графічної роботи за темами «Розрахунок трифазних кіл, що живляться негармонійними джерелами напруги», «Розрахунок перехідних процесів у лінійних електричних колах» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів всіх форм навчання напрямків 0906 – «Електротехніка» і 0922 – «Електромеханіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, П. М. Алаєв. – Х.: ХНАМГ, 2007. – 80 с.

7. МВ до виконання розрахунково-графічної роботи за темою «Розрахунок складних кіл постійного і синусоїдного струму» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів заочної форми навчання напрямів 0906 - «Електротехніка» і 0922 - «Електроμηχανіка / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, С. М. Юрченко. – Х.: ХНАМГ, 2008. – 42 с.

8. МВ до виконання розрахунково-графічної роботи за темою «Розрахунок трифазних кіл, що живляться негармонійними джерелами напруги та аналіз перехідних процесів у лінійних електричних колах постійного струму» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів заочної форми навчання напрямів 6.050701 - «Електротехніка та електротехнології» і 6.050702 - «Електроμηχανіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, С. М. Юрченко. – Х.: ХНАМГ, 2008. – 42 с.

9. МВ до практичних занять за темами «Лінійні електричні кола з негармонійними джерелами енергії», «Розрахунок трифазних кіл, що живляться негармонійними джерелами напруги» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямів 0906 - «Електротехніка» і 0922 - «Електроμηχανіка») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, С. М. Юрченко. – Х.: ХНАМГ, 2008. – 34 с.

10. Методичні вказівки до практичних занять за темою «Розрахунок лінійних електричних кіл з джерелами постійної напруги і струму» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології», 6.050702 - «Електроμηχανіка», 6.030601 – «Менеджмент») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, Д. В. Тугай. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 43 с.

11. МВ до практичних занять за темою «Розрахунок лінійних електричних кіл з джерелами синусоїдної напруги і струму» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології», 6.050702 - «Електроμηχανіка», 6.030601 - «Менеджмент/ Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, Д. В. Тугай. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 47 с.

12. МВ до практичних занять за темами «Перехідні процеси в лінійних електричних колах. Нелінійні кола» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 - «Електротехніка та електротехнології», 6.050702 - «Електроμηχανіка», 6.030601 - «Менеджмент») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, Д. В. Тугай. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 39 с.

13. Програма та робоча програма навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» для студентів 2 курсу денної та 2 і 3 курсів заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 0922 (6.050702) спеціальностей 6.092200 СА, СТ, ЕТ / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, Г. В. Капустін. – Х.: ХНАМГ, 2009 - 78 с.

Примітки.

У планах-графіках самостійного вивчення змістових модулів (тем), а також у тексті:

1) посилання на джерела пишуть з літерою Д., а посилання на методичні вказівки - з літерою М.;

2) скорочення ДФН, ЗФН, РГР, НМД означають, відповідно – «денна форма навчання», «заочна форма навчання», «розрахунково-графічна робота», «навчально-методичні джерела»;

3) скорочення О., ОпП, ЗМ, ЗЗ означають відповідно - «опитування» «опитування при прийомі», «змістовий модуль», «навчальний елемент»; «залікові запитання»;

4) цифра в стовпчику «Номер ЗМ» – це номер змістового модуля, а назва і зміст теми відповідає назві та змісту змістового модуля (див. Програму та робочу програму навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» для студентів 2 курсу денної та 2 і 3 курсів заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 0922 (6.050702) спеціальностей 6.092200 СА, СТ, ЕТ / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Я. Б. Форкун, Г. В. Капустін. – Х.: ХНАМГ, 2009 - 78 с);

5) номери лабораторних робіт та практичних занять відповідають їх планам практичних занять та лабораторних робіт для денної та заочної форм навчання, що містяться в розробленій викладачами кафедри Робочій програмі навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» для студентів 2 курсу денної та 2 і 3 курсів заочної форм навчання освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.050702 спеціальностей 6.092200 СА, СТ, ЕТ;

6) години, що вказані в графі «Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН та ЗФН - обсяг, (годин)» входять у загальний обсяг самостійної роботи студентів і потрібна для даного навчального елемента;

7) оскільки для заочної форми навчання для спеціальностей ЕСЕ та СДС розподіл годин на окремі види аудиторних занять дещо відрізняється (див. табл.4, 6), то у планах-графіках ці відмінності, якщо вони є, показані так: години (ЕСЕ) / години (СДС).

РОЗДІЛ 2.

МОДУЛЬ 1. ЛІНІЙНІ ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА ПОСТІЙНОГО І СИНУСОЇДНОГО СТРУМУ

Вивчають лінійні електричні кола постійного і синусоїдного струму, а саме: основні закони, яким підкоряються електричні кола; методи розрахунку електричних кіл; резонансні явища в колах синусоїдного струму; методика побудови векторних і кругових діаграм; теорія чотиріполюсників і розрахунок трифазних кіл у різних режимах роботи.

Модуль 1 складається з двох змістових модулів (ЗМ). Нижче наведений зміст самостійної роботи за кожним з цих змістових модулів (табл.8, 9).

2.1. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.1

ВЛАСТИВОСТІ Й МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ З ДЖЕРЕЛАМИ ПОСТІЙНОЇ НАПРУГИ ТА СТРУМУ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.1 наведений в табл.8.

Після вивчення ЗМ.1.1 студент повинен знати:

- 1) визначення та елементи електричного кола та схеми;
- 2) основні закони електричних кіл;
- 3) методи розрахунку електричних кіл: за законами Кірхгофа, контурних струмів, вузлових потенціалів, накладання, еквівалентного генератора;
- 4) порядок проведення балансу потужностей та побудови потенціальної діаграми;
- 5) основні властивості лінійних електричних кіл та умови передачі максимальної потужності від активного двополюсника до навантаження.

Залікові запитання

1. Електричне коло і схема: елементи електричних кіл і схем. Лінійне і нелінійне, розгалужене й нерозгалужене електричне коло.
2. Джерела електрорушійної сили (ЕРС) та струму. Еквівалентна заміна реального джерела струму джерелом ЕРС і навпаки.
3. Напруга на ділянці кола. Закон Ома для ділянки кола, що містить ЕРС та активні опори.
4. Потенціальна діаграма і порядок її побудови.
5. Розрахунок електричних кіл за законами Кірхгофа.
6. Метод вузлових потенціалів та його особливості.
7. Метод контурних струмів та його особливості.
8. Заміна паралельних віток, що містять опори, джерела ЕРС і струму, однією

еквівалентною віткою. Метод двох вузлів.

9. Вхідні й взаємні провідності віток. Теорема взаємності й теорема компенсації. Лінійні співвідношення в електричних колах з постійними параметрами.

10. Принцип та метод накладання. Порядок розрахунку методом накладання.

11. Перетворення зірки опорів в еквівалентний трикутник опорів і навпаки.

12. Двополюсник: активний і пасивний. Теорема Тевенена про еквівалентний генератор. Метод еквівалентного генератора.

13. Передача енергії постійного струму від активного двополюсника до навантаження. Узгодження навантаження.

14. Передача енергії постійного струму від активного двополюсника до навантаження. Передача енергії постійного струму по лініях передачі.

15. Порівняльна характеристика методів розрахунку.

Після вивчення ЗМ 1.1 максимальний процент набраних балів складає 25 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал ЗМ у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи «Дослідження характеристик стенда НДЛС-1 й визначення величини опорів постійних резисторів», «Експериментальна перевірка методів аналізу лінійних складних електричних кіл постійного струму», а також виконати першу частину розрахунково-графічної роботи № 1 «Розрахунок складного кола постійного струму і розгалуженого кола синусоїдного струму» – «Розрахунок складного кола постійного струму».

Таблиця 8 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 1.1. Властивості й методи розрахунку лінійних електричних кіл з джерелами постійної напруги і струму (2 кредита / 72 години – ДФН; 108 годин – ЗФН)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)/ номер теми (для ЗФН)	Питання, що вивчаються у змістовому модулі (темі)	Аудиторні навчальні заняття						Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН та ЗФН		Самостійна робота студентів			Форма контролю	
			Лекції (години)		Практичні заняття (кількість годин)		Лабораторні заняття (№ за планом/ години)		Номер, частина	Обсяг, години	НМД	Обсяг, години		ДФН	ЗФН
			ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН				ДФН	ЗФН		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	ЗМ1.1/ №1	Предмет курсу ТОЕ і його зв'язок з суміжними дисциплінами. Електричне коло, схема та їх елементи. Основні топологічні поняття для електричних кіл. Джерела струму і напруги, їх взаємне перетворення.	2	0,5/1,0	2	0,5	Вступне заняття, інструктаж по ТБ/1,0	Інструктаж по ТБ / (0,5/0,25)	РГР №1, частина перша	1	Л.1, с.28-34; Л.2, с. 9-14; Л.7, с. 5-6, М.10, с. 4-10.	2	6	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.1
2	ЗМ1.1/ №1	Закон Ома. Закони Кірхгофа для аналізу сталих процесів в електричних колах. Енергетичний баланс у електричних колах постійного струму. Потенціальна діаграма.	2	1,0/1,0	2	1,0	№1/2,0	№1/ (1,0/0,5)	РГР №1, частина перша	3	Л1, с.34-40; Л2, с. 14-20; Л7, с.23-32; М3, с.9-14; М5, с.6-25; М.7, с.5-21; М.10, с.10-16	6	18	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№1 ч.1	ОпП РГР№1 ч.1
3	ЗМ1.1/ №1	Застосування методів контурних струмів і вузлових потенціалів для розрахунку електричних кіл. Особливості методів.	2	0,5/1,0	2	0,5	№2/1,0	№2/ (1,0/0,25)	РГР №1, частина перша	3	Л.1, с. 40-44; 56-60; Л.2, с.24-35; Л.7, с. 32-38; М.3, с. 15-24; М.5, с. 6-25; М.7, с. 5-21, М.10, с. 17-28	8	20	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№1 ч.1	ОпП РГР№1 ч.1

Продовження табл. 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
4	ЗМ1.1/ №1	Метод двох вузлів. Заміна кількох паралельних віток, що містять ЕРС та опори, однією еквівалентною. Перетворення трикутника опорів в зірку опорів і навпаки.	2	0,5/ 1,0	2	0,5	№2/1,0	№1/ (0,5/ 0,25)	РГР №1, частина перша	2	Л.1, с. 53-63; Л.2, с.39-44; Л.7, с.39-41; М.3, с. 15-24, М.5, с. 6-25; М.7, с. 5-21, М.10, с. 29-32	6	16	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.1
5,6	ЗМ1.1/ №1	Основні властивості лінійних 15 електричних кіл постійного струму. Поняття вхідних і взаємних провідностей. Принцип взаємності. Теорема про компенсацію, лінійні співвідношення між напругами і струмами. Принцип та метод накладання для розрахунку 15 електричних кіл.	4	1,0/ 1,0	4	1,0	№2/0,5	№1/ 0,5	-	3	Л.1, с. 44-52; Л.2, с.46-55; Л.7, с. 41-48, 49-50; М.3, с. 15-24, М.10, с. 31, 33-38	8	18	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.1
7	ЗМ1.1/ №1	Теорема про еквівалентний генератор. Метод еквівалентного генератора. Умови передачі максимальної потужності від джерела енергії до навантаження. Передача енергії по лініях передачі.	2	0,5/ 1,0	2	0,5	№2/0,5	№1/ (0,5/ 0,25)	РГР №1, частина	3	Л.1, с.64-70; Л.2, с.56-61; Л.7, с. 41-49; М.3, с. 15-24, М.5, с. 6-25; М.7, с. 5-21, М.10, с.38-40	8	18	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№1 ч.1	ОпП РГР№1 ч.1
Всього			14	4/6	14	4	6	4/2	-	15	-	38	96	-	-

2.2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1.2

ВЛАСТИВОСТІ Й МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ З ОДНОФАЗНИМИ ТА ТРИФАЗНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ СИНУСОЇДНОЇ НАПРУГИ І СТРУМУ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1.2 наведений в табл. 9.

Після вивчення ЗМ1.2 студент повинен знати:

- 1) основні величини й закони, що характеризують синусоїдний струм і коло синусоїдного струму;
- 2) методи розрахунку кіл синусоїдного струму: тригонометричний та символічний, а також порядок проведення балансу активних і реактивних потужностей;
- 3) графоаналітичні методи аналізу кіл синусоїдного струму (побудову векторно-топографічних діаграм напруги й струму, побудову кругових і лінійних діаграм);
- 4) процеси в послідовному й паралельному коливальному контурах (явище резонансу напруг і струмів);
- 5) принципи розрахунку кіл зі взаємною індуктивністю;
- 6) основні положення теорії чотиріполюсників: основні рівняння, первинні й вторинні параметри;
- 7) основні схеми з'єднання трифазних кіл, визначення лінійних і фазних величин;
- 8) методику розрахунку трифазних кіл при симетричному і несиметричному навантаженні в нормальному режимі та під час аварійних режимів роботи;
- 9) методику проведення балансу потужностей в трифазних колах.

Залікові запитання

1. Синусоїдний струм і основні величини, що його характеризують. Середнє та діюче значення синусоїдної величини.
2. Синусоїдний струм активного опору, індуктивності та ємності. Тригонометричний метод розрахунку кіл синусоїдного струму.
3. Зображення синусоїдних величин на комплексній площині. Комплексна амплітуда, комплекс діючого значення. Додавання та віднімання синусоїдних функцій за допомогою комплексної площини.
4. Застосування комплексних чисел для розрахунку кіл синусоїдного струму. Основи символічного методу розрахунку кіл синусоїдного струму.
5. Закони Ома і Кірхгофа в комплексній формі запису.
6. Комплексний опір і комплексна провідність ділянки кола. Зв'язок між опором та провідністю ділянки кола.
7. Зображення різниці потенціалів на комплексній площині. Порядок побудови

векторно-топографічної діаграми.

8. Активна, реактивна та повна потужності. Комплексна форма запису повної потужності. Баланс активних та реактивних потужностей в електричних колах синусоїдного струму.

9. Резонанс напруг. Добротність контуру. Резонансні й частотні характеристики. Векторні діаграми.

10. Резонанс струмів у колі з двома паралельними вітками. Резонансні та частотні характеристики. Векторні діаграми.

11. Умови резонансу струмів і резонансу напруг. Складний резонансний коливальний контур. Практичне застосування явища резонансу. Компенсація кута зсуву фаз.

12. Передача енергії синусоїдного струму від активного двополюсника до навантаження. Падіння та втрата напруги в лінії передачі енергії синусоїдного струму.

13. Поняття взаємної індукції та індуктивно-зв'язаних кіл. Визначення взаємної індуктивності за допомогою досліду.

14. Послідовне з'єднання двох магнітно-зв'язаних котушок. Векторні діаграми при узгодженому й зустрічному включенні котушок.

15. Трансформатор без феромагнітного осердя. Основні його рівняння. Векторні діаграми. Опори, що вносяться.

16. Розрахунок електричних кіл з двома магнітно-зв'язаними котушками (паралельне їх включення).

17. Визначення чотиріполюсника, класифікація чотиріполюсників. Основні рівняння чотиріполюсників.

18. Коефіцієнти чотиріполюсника. Визначення коефіцієнтів чотиріполюсника розрахунком.

19. Коефіцієнти чотиріполюсника. Визначення коефіцієнтів чотиріполюсника за допомогою досліду.

20. Первинні й вторинні параметри чотиріполюсника. Характеристичний опір та постійна передачі чотиріполюсника.

21. Чотиріполюсники. Т- і П- схеми заміщення пасивного чотиріполюсника.

22. Годографи. Діаграми опорів та провідностей простих електричних кіл. Рівняння прямої та кола на комплексній площині.

23. Кругова діаграма для послідовного з'єднання двох опорів.

24. Трифазна система ЕРС. Переваги трифазних систем. Основні поняття. Оператор трифазної системи, його властивості. Співвідношення між лінійними і фазними напругами.

25. Розрахунок схеми «зірка-зірка» з нульовим проводом при симетричному й

несиметричному навантаженні.

26. Розрахунок трифазного кола «зірка-трикутник» при симетричному й несиметричному навантаженні без урахування опорів у лініях.

27. Розрахунок трифазного кола «зірка-трикутник» при симетричному й несиметричному навантаженні з урахуванням опорів у лініях.

28. Активна, реактивна та повна потужності трифазного кола. Комплекс повної потужності трифазної системи.

29. Принцип роботи фазопоказчиків. Отримання кругового обертового магнітного поля.

Після вивчення ЗМ1.2 максимальний процент набраних балів складає 35 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи «Дослідження нерозгалуженого лінійного електричного кола синусоїдного струму», «Дослідження розгалуженого кола синусоїдного струму», «Дослідження □абл.□о□о□від та чотирипровідних трифазних кіл «зірка-зірка», «Дослідження трифазних кіл «зірка – трикутник» », а також виконати другу частину розрахунково-графічної роботи № 1 – «Розрахунок розгалуженого кола синусоїдного струму».

Таблиця 9 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 1.2. Властивості й методи розрахунку лінійних електричних кіл з джерелами синусоїдної напруги і струму (2,5 кредитів / 90 годин – ДФН; 144 години – ЗФН)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)/ номер теми (для ЗФН)	Питання, що вивчаються у змістовому модулі (темі)	Аудиторні навчальні заняття						Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН та ЗФН		Самостійна робота студентів				Форма контролю	
			Лекції (години)		Практичні заняття (кількість годин)		Лабораторні заняття (№ за планом/ години)		Номер, частина	Обсяг, години	НМД	Обсяг, години		ДФН	ЗФН	
			ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН				ДФН	ЗФН			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
8,9	ЗМ1.2/ /№2	Синусоїдний струм (напруга). Найпростіші засоби отримання синусоїдних напруг і струмів. Величини, що характеризують синусоїдну величину: діючі, середні значення гармонійних величин. Синусоїдний струм резистивного, індуктивного і ємнісного елементів. Активна, реактивна, повна потужності. Тригонометричний метод розрахунку.	3	0,5/ 1,0	3	0,5	№3/2	№3/1	РГР №1, частина друга	1	Л1., 81-90, 103-104; Л.2, с. 61-65, Л.7, с.62-71, 81-84; М.3, с.25-32; М.5, с. 26-50; М.7, с. 22-40; М.11, с.4-11	4	10	О. під час тестування, та за ЗЗ, ОпП РГР№1 ч.2	ОпП РГР№1 ч.2	
9,10	ЗМ1.2/ /№2	Комплексні величини, що характеризують сталі процеси у колах змінного струму. Закони Кірхгофа для електричних кіл у комплексній формі. Основи комплексного методу розрахунку кіл синусоїдного струму. Залежності між опором і провідністю ділянки кола.	3	1,0/ 1,5	3	0,5	№4/2	№4/1	РГР №1, частина друга	7	Л1., 90-97; Л.2, с.65-68, 71-80, 92-98; Л7, с.71-88; М.3, с.33-42; М.5, с. 26-50; М.7, с.22-40; М.11, с.11-20	4	20/ 18	О. під час тестування, та за ЗЗ, ОпП РГР№1 ч.2	ОпП РГР№1 ч.2	
11	ЗМ1.2/ /№2	Векторні й топографічні діаграми. Вирази потужності в комплексній формі. Коефіцієнт потужності. Баланс потужностей. Умови передачі максимальної потужності, узгодження навантаження.	2	0,5/ 1,0	2	0,5	-	-	РГР №1, частина друга	3	Л1., 97-106; Л.2., с.81-92; 99-100; Л.7, с.89-90; М.11, с.20-27	4	10	О. під час тестування, та за ЗЗ	ОпП РГР№1 ч.2	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12,13	ЗМ1.2/ /№2	Резонанс при послідовному і паралельному з'єднанні елементів кола. Коливання енергії при резонансі. Характеристичний опір, хвильова провідність, Добротність контуру. Частотні й фазо-частотні характеристики. Практичне застосування резонансу.	3	0,5/ 1,0	4	0,5	№4/2	-	-	-	Л1., 106-116; Л.2, с.105-114; Л.7, с.126-160; М.3, с.33-42; М.11, с.28-34	4	20/ 18	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.2, О. за 33
13,14	ЗМ1.2/ /№2	Аналіз процесів у колах зі взаємною індуктивністю. Розрахунок кіл зі взаємною індуктивністю. Трансформатор у лінійному режимі. Рівняння трансформатора, ідеальний трансформатор.	2	0,5	2	0,5	-	-	-	-	Л1., 117-128; Л.2, с.114-131; Л.7, с.168-183	4	10	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.2, О. за 33
15	ЗМ1.2/ /№2	Методи визначення коефіцієнтів чотиріполюсника. Т- і П- схеми заміщення пасивного чотиріполюсника. Вторинні параметри. Годографи. Кругові й лінійні діаграми.	3	0,5/ 1,0	2	-	-	-	РГР №1, частина друга	2	Л1., 139-143; 146-148, 159-166; Л.2, с.146-150; 159-168	4	10	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.2, О. за 33
16	ЗМ1.2/ /№2	Багатофазні кола. Основні поняття і визначення. Переваги трифазних кіл. Основні схеми з'єднання трифазних кіл. Векторні діаграми трифазних кіл. Співвідношення між лінійними і фазними величинами.	2	0,5/ 1,0	2	0,5	№5/2	№5/1	-	-	Л.1, с.184-189; Л.2, с.169-173; М.4, с. 9-26; М.11, с.34-45	4	10	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.2, О. за 33

Продовження табл. 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
17	ЗМ1.2/ /№2	Розрахунок симетричних і несиметричних режимів у трифазних колах «зірка-зірка» та «зірка-трикутник».	2	1,0/ 1,5	2	0,5	№5/2	-	-	-	Л.1,с.189-193; Л.2,с.173-184,; Л.7, с.119-126; М.4, с. 9-26; М.11, с.34-45	3	20	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.2, О. за 33
18	ЗМ1.2/ /№2	Аварійні режими у трифазних колах. Баланс потужностей в трифазних колах. Вимір потужності в трифазних колах. Обертове магнітне поле. Поняття про метод симетричних складових.	2	1,0/ 1,5	2	0,5	№6/2	№5/1	-	-	Л.1,с.193-203; Л.2. 185-199; Л.7, с.119-126; М.4, с. 9-26; М.11, с.34-45	3	20	О. під час тестування, та за 33	ОпП РГР№1 ч.2, О. за 33
Всього			22	6/10	22	4	12	4	-	15	-	34	130/ 126	-	-

РОЗДІЛ 3.
МОДУЛЬ 2. ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА З ПЕРІОДИЧНИМИ
НЕГАРМОНІЙНИМИ НАПРУГАМИ ТА СТРУМАМИ.
ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ.
СТАЛІ ПРОЦЕСИ В НЕЛІНІЙНИХ КОЛАХ

Вивчають властивості й методи розрахунку лінійних електричних кіл з джерелами періодичної несинусоїдної напруги або струму (однофазні й трифазні); класичний, операторний методи та метод інтеграла Дюамеля розрахунку перехідних процесів в електричних колах постійного та змінного струму; нелінійні кола постійного й змінного струму.

Модуль 2 складається з трьох змістових модулів (ЗМ). Нижче наведений зміст самостійної роботи за кожним з цих змістових модулів (табл. 10, 11, 12).

3.1. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.1

ВЛАСТИВОСТІ ТА МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ З
ПЕРІОДИЧНИМИ НЕГАРМОНІЧНИМИ НАПРУГАМИ ТА СТРУМАМИ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.1 наведений в табл. 8.

Після вивчення ЗМ2.1 студент повинен знати:

- 1) графоаналітичний метод розкладання періодичної несинусоїдної кривої в ряд Фур'є;
- 2) порядок розрахунку однофазних кіл з періодичними несинусоїдними джерелами напруги та струму;
- 3) особливості розрахунку трифазних електричних кіл, що живляться негармонійними джерелами напруги;
- 4) особливості розрахунку кіл, де діють джерела енергії з періодичною обвідною.

Залікові запитання

1. Дайте визначення періодичних несинусоїдних струмів і напруг та вкажіть режими роботи електричних кіл, що призводять до виникнення несинусоїдних струмів і напруг.
2. Поясніть, як проводять розклад у ряд Фур'є кривих геометрично неправильної форми.
3. Вкажіть особливості періодичних несинусоїдних кривих, що мають деякі види симетрії.

4. Середні й діючі значення несинусоїдного струму і напруги. Вимірювання несинусоїдних струмів і напруг амперметрами й вольтметрами різних систем.
5. Активна, реактивна, повна потужність і потужність викривлення несинусоїдного струму.
6. Порядок розрахунку струмів й напруг у колах, де діють несинусоїдні джерела напруги або струму. Особливості розрахунку.
7. Заміна несинусоїдних струмів і напруг еквівалентними синусоїдними.
8. Резонансні явища в колах при несинусоїдних струмах.
9. Вищі гармоніки в трифазних колах. Особливості роботи трифазних систем, що викликані гармоніками, кратними трьом: розрахунок схеми „зірка-зірка” без нульового проводу (симетричне й несиметричне навантаження).
10. Особливості роботи трифазних систем, що викликані гармоніками, кратними трьом: розрахунок схеми „зірка-зірка” з нульовим проводом (симетричне й несиметричне навантаження).
11. Несинусоїдні криві з періодичною обвідною: биття.
12. Несинусоїдні криві з періодичною обвідною: модульовані коливання.

Після вивчення ЗМ2.1 максимальний процент набраних балів складає 20 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторну роботу „Дослідження впливу характеру опору на форму кривої струму в колах несинусоїдного періодичного струму”, а також першу частину розрахунково-графічної роботи № 2 за темою „Розрахунок трифазних кіл, що живляться негармонічними джерелами напруги”.

Таблиця 10 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 2.1. Властивості і методи розрахунку електричних кіл з періодичними негармонічними напругами і струмами (2 кредиту/72 години – ДФН; 72 години – ЗФН)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)/ номер теми (для ЗФН)	Питання, що вивчаються у змістовому модулі (темі)	Аудиторні навчальні заняття						Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН та ЗФН		Самостійна робота студентів				Форма контролю	
			Лекції (години)		Практичні заняття (кількість годин)		Лабораторні заняття (№ за планом/ години)		Номер, частина	Обсяг, години	НМД	Обсяг, години		ДФН	ЗФН	
			ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН				ДФН	ЗФН			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	ЗМ2.1./№1	Визначення періодичних несинусоїдних струмів і напруг. Зображення несинусоїдних струмів і напруг за допомогою ряду Фур'є. Деякі властивості періодичних кривих, що мають симетрію. Розкладання в ряд Фур'є кривих геометрично правильної та неправильної форми.	2	0,5/ 1,5	2	0,5	№7/2	№7/0,5	РГР №2, частина перша	2	Л.1,с.204-210; Л.2 с.200-205; Л.7,с.195-205 М.4, с.27-37; М.6, с. 4-48; М.8, с. 5-31; М.9, с. 4-16	8	16	О. під час тестування, та за ЗЗ, ОпП РГР№2, ч.1	ОпП РГР№2 ч.1	
2	ЗМ2.1./№1	Особливості розрахунку кіл з несинусоїдними джерелами струму та напруги. Діючі й середні значення несинусоїдних струмів і напруг. Величини, на які реагують амперметри й вольтметри при несинусоїдних струмах.	2	0,5/ 1,5	4	0,5	№7/2	№7/0,5	РГР №2, частина перша	2	Л.1, с.210-215; Л.2, с. 206-207, 212-216; Л.7,с.205-212; М.4, с.27-37; М.6, с. 4-48; М.8, с. 5-31; М.9, с. 17-23	8	16	О. під час тестування, та за ЗЗ, ОпП РГР№2, ч.1	ОпП РГР№2 ч.1	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
3	ЗМ2.1/ /№1	Активна, реактивна, повна і потужність викривлення. Коефіцієнти, що характеризують форму періодичної несинусоїдної кривої. Резонансні явища. Еквівалентні синусоїди.	2	0,5/ 1,0	2	0,5	№7/2	№7/0,5	РГР №2, частина перша	2	Л.1,с.215-216; Л.2, с.216-219, 207-208; Л.7,с.199-200; М.4, с.27-37; М.6, с. 4-48; М.8, с. 5-31; М.9, с. 17-23	8	10/8	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№2, ч.1	ОпП РГР№2 ч.1
4	ЗМ2.1/ /№1	Несинусоїдні струми у трифазних колах. Особливості роботи трифазних систем, що зумовлені гармоніками, кратними трьом	2	0,5/ 1,5	2	0,5	-	№7/0,5	РГР №2, частина перша	9	Л.1,с.216-221; Л.2, с.219-221; М.6, с. 4-48; М.8, с. 5-31; М.9, с. 24-34	12	16	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№2, ч.1	ОпП РГР№2 ч.1
5	ЗМ2.1/ /№1	Несинусоїдні криві з періодичною обвідною: биття і модульовані коливання	2	-/0,5	2	-	-	-	-	-	Л.1, с. 221-226; Л.2, с.209-212	8	6	О. за 33	О. за 33
Всього			10	4/6	12	2	6	2	-	15	-	44	64/ 62	-	-

3.2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.2

ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В ЛІНІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ І МЕТОДИ ЇХ РОЗРАХУНКУ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.2 наведений в табл. 11.

Після вивчення ЗМ 2.2 студент повинен знати:

- 1) основні поняття і закони, що характеризують перехідний процес;
- 2) методику розрахунку перехідних процесів класичним методом;
- 3) методику розрахунку перехідних процесів операторним методом;
- 4) методику розрахунку перехідних процесів методом інтеграла Дюамеля.

Залікові запитання

1. Визначення перехідних процесів. Закони комутації.
2. Визначення класичного методу розрахунку перехідних процесів.
3. Визначення примусових і вільних складових струмів та напруг; незалежних та залежних, нульових та ненульових початкових умов.
4. Методи складання характеристичного рівняння: метод головного визначника і метод вхідного опору.
5. Визначення ступеня характеристичного рівняння і властивості коренів характеристичного рівняння.
6. Характер вільного процесу при одному корені характеристичного рівняння, при двох комплексно спряжених коренях, при двох дійсних рівних та двох дійсних нерівних коренях характеристичного рівняння.
7. Визначення постійних інтегрування у класичному методі розрахунку перехідних процесів.
8. Порядок розрахунку перехідних процесів класичним методом.
9. Аналіз перехідних процесів при короткому замиканні та підключенні R - C кола до джерела постійної напруги.
10. Аналіз перехідних процесів при короткому замиканні R - L кола при постійному струмі, при підключенні R - L кола до джерела постійної напруги.
11. Аналіз перехідних процесів при підключенні R - L та R - C кола до джерела синусоїдної напруги.
12. Аналіз перехідних процесів у послідовному R - L - C контурі: аперіодичний режим, критичний режим, коливальний режим.
13. Аналіз деяких особливостей перехідних процесів (при перемиканні R - L - C кола від джерела постійної напруги до джерела синусоїдної напруги).
14. Визначення операторного методу. Перетворення Лапласа. Зображення постійної величини й показової функції.

15. Зображення першої похідної і напруги на індуктивності.
16. Зображення інтегралу та напруги на ємності.
17. Деякі теореми й граничні співвідношення операторного методу.
18. Закони Ома та Кірхгофа в операторній формі.
19. Формула розкладання для визначення оригіналу струму (напруги) при перехідному процесі операторним методом й особливості її використання.
20. Послідовність розрахунку перехідних процесів операторним методом.
21. Поняття перехідної провідності й перехідної функції за напругою. Застосування інтегралу Дюамеля для розрахунку перехідних процесів.
22. Загальна характеристика методів аналізу перехідних процесів.

Після вивчення ЗМ 2.2 максимальний процент набраних балів складає 30 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторну роботу „Дослідження перехідних процесів у колах постійного струму першого та другого порядку”, а також другу частину розрахунково-графічної роботи № 2 за темою „Розрахунок перехідних процесів у лінійних електричних колах”.

Таблиця 11 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 2.2. Перехідні процеси в лінійних електричних колах і методи їх розрахунку (2,5 кредитів / 90 годин – ДФН; 126 годин - ЗФН)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)/ номер теми (для ЗФН)	Питання, що вивчаються у змістовому модулі (темі)	Аудиторні навчальні заняття						Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН та ЗФН		Самостійна робота студентів			Форма контролю	
			Лекції (години)		Практичні заняття (кількість годин)		Лабораторні заняття (№ за планом/ години)		Номер, частина	Обсяг, години	НМД	Обсяг, години		ДФН	ЗФН
			ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН				ДФН	ЗФН		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
6,7	ЗМ2.2./№2	Перехідні процеси в лінійних електричних колах. Закони комутації. Незалежні й залежні початкові умови. Класичний метод розрахунку перехідних процесів. Складання характеристичного рівняння для визначення вільних складових струмів і напруг: методи визначника і вхідного опору.	4	1,0	4	0,5	№8/1,5	№8/1,0	РГР №2, частина друга	3	Л.1,с.226-239; Л.2, с.234-236; Л.7,с.212-230; М.4, с. 18-48; М.6, с. 49-48; М8, с. 32-50; М.12, с. 4-9, 11-16	8	16	О. під час тестування, та за ЗЗ, ОпП РГР№2, ч.2	ОпП РГР№2 ч.2
8	ЗМ2.2./№2	Властивості коренів характеристичного рівняння. Характер вільного процесу залежно від коренів характеристичного рівняння. Стала часу. Визначення постійних інтегрування у класичному методі.	2	1,0	2	0,5	№8/1	№8/1,0	РГР №2, частина друга	3	Л.1,с.239-244; 247-249; Л.2, с.250-258; Л.7,с.212-230; М.4, с. 18-48; М.6,с.49-48; М.8, с. 32-50; М.12, с. 4-9, 11-16	8	16	О. під час тестування, та за ЗЗ, ОпП РГР№2, ч.2	ОпП РГР№2 ч.2

Продовження табл. 11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
9	ЗМ2.2/ /№2	Порядок розрахунку класичним методом. Аналіз перехідних процесів при підключенні й відключенні $R-L$ кола до джерел постійної та синусоїдної напруги. Небезпечні перенапруження.	2	1,0	2	0,5	№8/1,5	№8/1,0	РГР №2, частина друга	2	Л.1, с.246-247, 245-246; Л.2, с.236-241; Л.7, с.230-239; М.4, с.18-48; М.6, с.49-48; М.8, с.32-50; М.12, с.8-9, 13-16	5	16	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№2, ч.2	ОпП РГР№2 ч.2
10	ЗМ2.2/ /№2	Аналіз перехідних процесів при підключенні й відключенні $R-C$ кола до джерел постійної і синусоїдної напруги. Перехідні процеси в послідовному коливальному контурі ($R-L-C$ колі).	2	0,5	2	0,5	№8/2	№8/1,0	РГР №2, частина друга	2	Л.1, с.252-258; Л.2, с.241-250; М.4, с.18-48; М.6, с.49-48; М.8, с.32-50; М.12, с.11-12	5	16	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№2, ч.2	ОпП РГР№2 ч.2
11	ЗМ2.2/ /№2	Особливості перехідних процесів при порушенні законів комутації. Перетворення Лапласа, основні положення операторного методу. Зображення деяких найпростіших функцій. Деякі теореми й граничні співвідношення.	2	0,5	2	0,5	-	-	РГР №2, частина друга	2	Л.1, с.258-261; 261-269; Л.2, с.278-281; Л.7, с.251-258; М.6, с.49-48; М.8, с.32-50; М.12, с.10-11, 14-17	6	16	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№2, ч.2	ОпП РГР№2 ч.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	ЗМ2.2/ /№2	Закони Ома і Кірхгофа в операторній формі. Формула розкладання. Зауваження до застосування формули розкладання. Розрахунок перехідних процесів операторним методом.	2	1,5	2	0,5	-	-	РГР №2, частина друга	3	Л.1, с.269-282; Л.2, с.281-288; Л.7, с.258-274; М.6, с. 49-48; М.8, с.32-50; М.12, с.10-11, 14-17	10	16	О. під час тестування, та за 33, ОпП РГР№2, ч.2	ОпП РГР№2 ч.2
13	ЗМ2.2/ /№2	Перехідна провідність і перехідна функція за напругою. Розрахунок перехідних процесів за допомогою інтегралу Дюамеля. Порівняння різних методів розрахунку перехідних процесів.	2	0,5	2	-	-	-	-	-	Л.1, с.283-292; Л.2, с.258-263; Л.7, с.239-244	10	16	О. за 33	О. за 33
Всього:			16	6	16	4	6	4	-	15	-	52	112	-	-

3.3. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2.3

СТАЛІ ПРОЦЕСИ У НЕЛІНІЙНИХ КОЛАХ І МЕТОДИ ЇХ РОЗРАХУНКУ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 2.3 наведений в табл. 12.

Після вивчення ЗМ2.3 студент повинен знати:

- 1) основні властивості нелінійних електричних кіл постійного й змінного струму;
- 2) методику розрахунку нелінійних електричних кіл постійного струму (зокрема магнітних кіл при постійних потоках) та нелінійних кіл змінного струму.

Залікові запитання

1. Визначення та основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму.
2. Графоаналітичний метод розрахунку нелінійних електричних кіл постійного струму: при послідовному, паралельному і змішаному з'єднанні елементів.
3. Розрахунок нелінійного кола з двома вузлами.
4. Статичний та диференціальний опори нелінійних елементів. Заміна нелінійного елемента лінійним опором та ЕРС.
5. Заміна нелінійного елемента лінійним опором і ЕРС.
6. Практичне застосування нелінійних елементів постійного струму.
7. Основні поняття та закони магнітних кіл. Закони повного струму та закони Кірхгофа для магнітних кіл. Формальна аналогія між магнітними й електричними колами.
8. Розрахунок нерозгалуженого магнітного кола при постійному струмі.
9. Розрахунок розгалуженого магнітного кола при постійному струмі.
10. Деякі загальні властивості нелінійних елементів при змінному струмі.
11. Апроксимація нелінійних вольт-амперних характеристик графоаналітичним методом трьох ординат при розрахунку нелінійних кіл змінного струму.
12. Апроксимація нелінійних вольт-амперних характеристик ступеневим поліномом і методом трьох ординат.
13. Одно- й двопівперіодне випрямлення змінного струму в постійний.

Після вивчення ЗМ 2.3 максимальний процент набраних балів складає 10 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторну роботу „Нелінійні кола постійного струму”.

Таблиця 12 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 2.3. Сталі процеси у нелінійних колах і методи їх розрахунку
(1 кредит / 36 годин – ДФН; 36 годин - ЗФН)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)/ номер теми (для ЗФН)	Питання, що вивчаються у змістовому модулі (темі)	Аудиторні навчальні заняття						Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН та ЗФН		Самостійна робота студентів			Форма контролю	
			Лекції (години)		Практичні заняття (кількість годин)		Лабораторні заняття (№ за планом/ години)		Номер, частина	Обсяг, години	НМД	Обсяг (години)		ДФН	ЗФН
			ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН	ДФН	ЗФН				ДФН	ЗФН		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	ЗМ2.3/ /№3	Нелінійні електричні кола постійного струму. Загальна характеристика методів розрахунку нелінійних електричних кіл при постійних струмах і напругах. Статичний і диференціальний опір. Графічні розрахунки при послідовному, паралельному й змішаному з'єднанні елементів. Заміна нелінійного елемента лінійним опором та ЕРС.	2	0,25	1	0,25	№9/2	№9/1	-	-	Л.1, с.404-422; Л.2, с.386-408; М.4, с. 49-54; М.12, с. 21-34	6	8	О. під час тестування, та за 33, під час прийому Л/Р №9	О. за 33
15	ЗМ2.3/ /№3	Магнітні кола при постійних магнітних потоках. Основні закони магнітних кіл і властивості феромагнітних матеріалів. Закон повного струму, закони Кірхгофа і закон Ома для магнітних кіл. Графоаналітичні методи розрахунку нерозгалужених і розгалужених магнітних кіл. Пряма й зворотна задачі. Сила тяги електромагніту	2	0,25	1	0,25	-	-	-	-	Л.1, с.423-449; Л.2, 418-430; М.4, с. 49-54; М.12, с. 21-34	4	6	О. під час тестування, та за 33, під час прийому Л/Р №9	О. за 33

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	ЗМ2.3/ /№3	Нелінійні електричні кола змінного струму. Деякі загальні властивості нелінійних елементів при змінному струмі. Загальна характеристика методів аналізу і розрахунку нелінійних електричних кіл змінного струму. Засоби апроксимації нелінійних характеристик: ступеневим поліномом, графоаналітичним методом трьох (або п'яти ординат), кусочно-лінійна апроксимація	1	0,25	1	0,25	№9/1	-	-	-	Л.1, с.449-461;492-500; Л.2, 430-432; М.4, с. 49-54; М.12, с. 34-37	6	8	О. під час тестування, та за 33, під час прийому Л/Р №9	О. за 33
16	ЗМ2.3/ /№3	Випрямлення змінного струму. Однопівперіодне випрямлення. Двопівперіодне випрямлення. Трифазне випрямлення. Згладжування пульсацій фільтрами. Визначення ферорезонансних кіл. Ферорезонанс напруги. Ферорезонанс струму.	1	0,25	1	0,25	№9/1	№9/1	-	-	Л.1, с.500-502; 505-509 Л.2, с.432-436; 455-458; М.4, с. 49-54; М.12, с. 34-37	6	8	О. під час тестування, та за 33, під час прийому Л/Р №9	О. за 33
Всього:			6	2	4	2	4	2	-	-	-	22	30	-	-

РОЗДІЛ 4

МОДУЛЬ 3. ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ

Вивчають лінії з розподіленими параметрами, теорію електромагнітного поля, а саме розглядаються електромагнітні явища у нерухомих ізотропних середовищах, а також методи дослідження і розрахунку електромагнітних полів: теорія електростатичного поля, стаціонарне електричне поле в провідному середовищі, магнітне поле постійного струму; теорія змінних електромагнітних полів.

Модуль 3, що передбачений існуючими навчальними планами для денної форми навчання, складається з трьох змістових модулів (ЗМ). Нижче наведений зміст самостійної роботи за кожним з цих змістових модулів (табл. 13, 14, 15).

4.1. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.1

ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 3.1 наведений в табл. 13.

Після вивчення ЗМ3.1 студент повинен знати:

- 1) основні визначення кіл з розподіленими параметрами;
- 2) рівняння та характеристики однорідної двохпровідної лінії;
- 3) поняття вхідного опору лінії та коефіцієнту відбиття хвилі;
- 4) поняття лінія без спотворень та лінії без втрат.

Залікові запитання

1. Визначення електричного кола (лінії) з розподіленими параметрами.
2. Визначення магнітного кола з розподіленими параметрами.
3. Визначення первинних та вторинних параметрів однорідної двохпровідної лінії.
4. Диференціальні рівняння однорідної двохпровідної лінії.
5. Визначення та характеристика усталеного режиму в однорідній лінії.
6. Визначення фазової швидкості та довжини хвилі.
7. Рівняння однорідної лінії в гіперболічній формі.
8. Визначення вхідного опору лінії та коефіцієнта відбиття хвилі.
9. Визначення та характеристика узгодженого навантаження лінії.
10. Визначення лінії без спотворень та хвилі, що стоїть.
11. Практичне застосування лінії без втрат.

Після вивчення ЗМ 3.1 максимальний процент набраних балів складає 10 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити розрахунково-графічну роботу № 3, частина 1 за темою «Розрахунок електричного кола з розподіленими параметрами в сталому режимі».

Таблиця 13 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 3.1. Електричні кола з розподіленими параметрами (1 кредит / 36 годин)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)	Питання, які вивчають у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (години)	Практичні заняття (години)	Номер, частина	Обсяг, години	Навчально-методичні джерела	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	3.1	Основні визначення кіл з розподіленими параметрами: електричні та магнітні. Складання диференціальних рівнянь для однорідної лінії з розподіленими параметрами. Рішення рівнянь лінії з розподіленими параметрами при сталому синусоїдному процесі. Стала розповсюдження та хвильовий опір. Формули для визначення комплексів напруги та струму в будь-якій точці лінії через комплекси напруги та струму на початку та наприкінці лінії.	2	2	РГР №3, частина 1	4	Л.1,с.350-359	8	О. під час тестування, та за ЗЗ, під час прийому РГР №3, ч.1
2	3.1	Падаючі та відображені хвилі і лінії. Коефіцієнт віддзеркалення. Фазова швидкість. Довжина хвилі. Лінія без спотворень Узгоджене навантаження. Визначення вхідного опору навантаженої лінії, неробочому ході та короткому замиканні наприкінці лінії. Визначення напруги та струму в лінії без втрат. Вхідний опір лінії без втрат при неробочому ході та при короткому замиканні наприкінці лінії	2	3	РГР №3, частина 1	4	Л.1,с.359-368	8	О. під час тестування, та за ЗЗ, під час прийому РГР №3, ч.1
3	3.1	Визначення електромагнітних хвиль, що стоять. Хвилі, що стоять в лінії без втрат при неробочому ході та при короткому замиканні наприкінці лінії. Чвертьхвильовий трансформатор. Хвилі, що біжать, стоять та змішані хвилі в лініях без втрат. Коефіцієнти хвиль, що біжать та стоять. Аналогія між рівняннями з розподільними параметрами та рівняннями чотирьохполюсника. Заміна чотирьохполюсника еквівалентною йому лінією з розподільними параметрами та зворотна заміна. Чотирьохполюсник заданого затухання.	2	3	РГР №3, частина 1	2	Л.1,с.368-371, Л.1,с.375-378	6	О. під час тестування, та за ЗЗ, під час прийому РГР №3, ч.1
Всього:			6	8	-	10	-	22	-

4.2. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.2

ЕЛЕКТРИЧНЕ ТА МАГНІТНЕ ПОЛЕ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 3.2 наведений в табл. 14.

Після вивчення ЗМ 3.2 студент повинен знати:

- 1) основні поняття, визначення та закони електростатичного поля;
- 2) основні поняття, визначення та закони електричного поля постійного струму в провідному середовищі;
- 3) основні поняття, визначення та закони магнітного поля постійного струму.

Залікові запитання

1. Визначення електростатичного поля.
2. Закон Кулона.
3. Напруженість та потенціал електростатичного поля.
4. Поняття про об'ємний, поверхневий і лінійний заряди.
5. Електричне поле об'ємного, поверхневого і лінійного заряду.
6. Вільні та пов'язані заряди. Поляризація діелектриків.
7. Вектор електричної індукції \vec{D} .
8. Лінії вектора напруженості, потік вектора \vec{E} , дивергенція вектора \vec{E} .
9. Теорема Гауса для однорідного середовища.
10. Робота сил електричного поля. Потенціал. Зв'язок потенціалу з напруженістю поля.
11. Теорема Гауса в інтегральній формі для неоднорідного середовища.
12. Теорема Гауса в диференціальній формі для неоднорідного середовища.
13. Рівняння Пуассона та рівняння Лапласа.
14. Поле всередині провідного тіла в умовах електростатики.
15. Граничні умови в електростатичному полі. Умови на межі розподілу провідника та діелектрика.
16. Поле двопровідної лінії.
17. Ємність.
18. Потенціальні коефіцієнти. Перша група формул Максвелла.
19. Ємнісні коефіцієнти. Друга група формул Максвелла.
20. Часткові ємності. Третя група формул Максвелла.
21. Поле точкового заряду, розташованого поблизу сфери, що проводить.
22. Енергія електричного поля.
23. Густина струму і струм.
24. Закон Ома та другий закон Кірхгофа в диференціальній формі.

25. Перший закон Кірхгофа в диференціальній формі.
26. Диференціальна форма закону Джоуля-Ленца.
27. Рівняння Лапласа для електричного поля у провідному середовищі.
28. Аналогія між електричним полем постійного струму й електростатичним полем.
29. Розрахунок електростатичного поля в діелектрику, що оточує провідники зі струмом.
30. Зв'язок основних величин, які характеризують магнітне поле. Механічні сили в магнітному полі.
31. Інтегральна форма закону повного струму. Диференціальна форма закону повного струму.
32. Індукція магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа.
33. Скалярний потенціал магнітного поля. Векторний потенціал магнітного поля.
34. Взаємна відповідність електростатичного (електричного) та магнітного полів.
35. Задачі розрахунку магнітних полів та загальна характеристика методів їх розрахунку і дослідження.
35. Магнітне екранування.
36. Магнітний потік і його непереривність.
37. Сили магнітного поля, які діють на рухомий заряд.
38. Сили магнітного поля, що діють на провідник зі струмом.
39. Ротор векторної величини. Теорема Остроградського-Стокса.
40. Вектор-потенціал магнітного поля.
41. Намагнічування середовища. Напруженість магнітного поля.
42. Загальні відомості про індуктивність і взаємоіндуктивність.
43. Енергія магнітного поля.
44. Граничні умови в магнітному полі.

Після вивчення ЗМ 3.2 максимальний процент набраних балів складає 25 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити розрахунково-графічну роботу № 3, ч.2 за темою «Статичні електричні та магнітні поля».

Таблиця 14 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 3.2. Електричне та магнітне поле постійного струму (2,5 кредити / 90 годин)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)	Питання, які вивчають у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (години)	Практичні заняття (години)	Номер, частина	Обсяг, години	Навчально-методичні джерела	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	3.2	Визначення електростатичного поля. Закон Кулона. Напруженість та потенціал електростатичного поля. Поняття про об'ємний, поверхневий і лінійний заряди. Електричне поле об'ємного, поверхневого і лінійного заряду. Вільні та пов'язані заряди. Поляризація діелектриків. Вектор електричної індукції \vec{D} .	2	4	РГР №3, частина 2	1	Л.4, с. 11-22	6	О. під час тестування, та за 33, під час прийому РГР №3 ч.2
5	3.2	Лінії вектора напруженості, потік вектора \vec{E} , дивергенція вектора \vec{E} . Диференціальний оператор «набла». Теорема Гауса для однорідного середовища. Робота сил електричного поля. Потенціал. Зв'язок потенціалу з напруженістю поля	2	2	РГР №3, частина 2	1	Л.4, с. 15-28	6	О. під час тестування, та за 33, під час прийому РГР №3 ч.2
6	3.2	Рівняння Пуассона та рівняння Лапласа. Теорема Гауса в інтегральній формі для неоднорідного середовища. Граничні умови в електростатичному полі. Умови на межі розділу провідника та діелектрика	2	2	РГР №3, частина 2	2	Л.4, с. 28-37	6	О. під час тестування, та за 33, під час прийому РГР №3 ч.2
7	3.2	Поле двопровідної лінії. Ємність. Потенціальні коефіцієнти. Перша група формул Максвелла. Ємнісні коефіцієнти. Друга група формул Максвелла. Часткові ємності. Третя група формул Максвелла. Поле точкового заряду, розташованого поблизу сфери, що проводить. Енергія електричного поля.	2	4	РГР №3, частина 2	2	Л.4, с. 37-50	6	О. під час тестування, та за 33, під час прийому РГР №3 ч.2

Продовження табл. 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	3.2	Струм і густина струму. Закон Ома та другий закон Кірхгофа в диференціальній формі. Перший закон Кірхгофа в диференціальній формі. Диференціальна форма закону Джоуля-Ленца. Рівняння Лапласа для електричного поля у провідному середовищі. Аналогія між електричним полем постійного струму та електростатичним полем. Розрахунок електростатичного поля в діелектрику, що оточує провідники зі струмом.	2	4	РГР №3, частина 2	1	Л.4, с. 83-93	6	О. під час тестування, та за ЗЗ, під час прийому РГР №3 ч.2
9	3.2	Електричне і магнітне поле як дві сторони єдиного електромагнітного поля. Зв'язок основних величин, що характеризують магнітне поле. Механічні сили в магнітному полі. Інтегральна форма закону повного струму. Диференціальна форма закону повного струму.	2	2	РГР №3, частина 2	1	Л.4, с. 97-103	6	О. під час тестування, та за ЗЗ, під час прийому РГР №3 ч.2
10	3.2	Індукція магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа. Скалярний потенціал магнітного поля. Векторний потенціал магнітного поля. Взаємна відповідність електростатичного (електричного) та магнітного полів. Задачі розрахунку магнітних полів та загальна характеристика методів їх розрахунку і дослідження. Магнітне екранування.	2	2	РГР №3, частина 2	1	Л.4, с. 104-113, С. 118-119	6	О. під час тестування, та за ЗЗ, під час прийому РГР №3 ч.2
11	3.2	Магнітний потік і його неперервність. Сили магнітного поля, які діють на рухомий заряд. Сили магнітного поля, що діють на провідник зі струмом. Ротор векторної величини. Теорема Остроградського-Стокса. Вектор-потенціал магнітного поля. Намагнічування середовища. Напруженість магнітного поля. Загальні відомості про індуктивність і взаємні індуктивність. Енергія магнітного поля. Граничні умови в магнітному полі.	2	4	РГР №3, частина 2	1	Л.4, с. 129-136	8	О. під час тестування, та за ЗЗ, під час прийому РГР №3 ч.2
Всього:			16	24	-	10	-	50	-

4.3. ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3.3

ЗМІННЕ ЕЛЕКТРОМАГНІТНЕ ПОЛЕ

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 3.3 наведений в табл. 15.

Після вивчення ЗМ 3.3 студент повинен знати:

- 1) рівняння Максвелла у комплексно-векторній формі для середовищ з діелектричними, електропровідними та магнітопровідними властивостями;
- 2) поняття про основні параметри електромагнітних явищ: довжину, швидкість, глибину проникності тощо в електропровідних та діелектричних середовищах;
- 3) основне рівняння плоского електромагнітного поля в комплексно-векторній формі;
- 4) явища поверхового ефекту й ефекту близькості на прикладі струмопроводів та магнітопроводів прямокутного перерізу.

Залікові запитання

1. Визначення змінного електромагнітного поля.
2. Перше рівняння Максвелла. Друге рівняння Максвелла. Повна система рівнянь Максвелла.
3. Граничні умови в електромагнітному полі.
4. Баланс енергії електромагнітного поля. Вектор Пойтинга. Теорема Умова – Пойтинга для миттєвих значень.
5. Залежність параметрів речовини від частоти.
6. Електродинамічні потенціали. Рівняння Даламбера.
7. Запізнілі потенціали.
8. Рівняння Максвелла в комплексній формі запису.
9. Теорема Умова - Пойтинга в комплексній формі.
10. Рівняння Максвелла для провідного середовища.
11. Плaska електромагнітна хвиля.
12. Поширення пласкої електромагнітної хвилі в однорідному провідному півпросторі. Глибина проникності й довжина хвилі.
13. Явища поверхневого ефекту.
14. Ефект близькості на прикладі струмопроводів та магнітопроводів прямокутного перерізу.
15. Змінний магнітний потік у пласкому листі.
16. Поверхневий ефект в циліндричному проводі.
17. Застосування теореми Умова – Пойтинга для визначення активного та внутрішнього опору провідників змінному струму.

18. Практичне застосування поверхневого ефекту й ефекту близькості у техніці. Технічні засоби зменшення ефектів у разі їх негативного впливу на роботу електротехнічних пристроїв.
19. Екранування в змінному електромагнітному полі. Зіставлення принципів екранування в електростатичному, магнітному та електромагнітному полях.
20. Високочастотний нагрів металевих деталей та недовершених діелектриків.

Після вивчення ЗМ 3.3 максимальний процент набраних балів складає 25 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити розрахунково-графічну роботу № 3, ч.3 за темою «Змінне електромагнітне поле».

Таблиця 13 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 3.3. Змінне електромагнітне поле (2,5 кредити / 90 годин)

Номер тижня (для ДФН)	Номер ЗМ (для ДФН)	Питання, що вивчаються у змістовому модулі	Аудиторні навчальні заняття		Індивідуальні завдання, а саме РГР для ДФН		Самостійна робота студентів		Форма контролю
			Лекції (години)	Практичні заняття (години)	Номер, частина	Обсяг, години	Навчально-методичні джерела	Обсяг (год.)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12	3.3	Визначення змінного електромагнітного поля. Струм зсуву. Рівняння неперервності змінного струму. Перше рівняння Максвелла. Друге рівняння Максвелла. Повна система рівнянь Максвелла.	2	2	РГР №3, частина 3	1	Л.4, с. 139-142	6	О. під час тестування, га за 33, під час прийому РГР №3, ч.2
13	3.3	Граничні умови в електромагнітному полі. Баланс енергії електромагнітного поля. Вектор Пойтинга. Теорема Умова – Пойтинга для миттєвих значень. Залежність параметрів речовини від частоти. Електродинамічні потенціали. Рівняння Даламбера. Запізніли потенціали.	2	4	РГР №3, частина 3	2	Л.4, с. 142-152	6	О. під час тестування, га за 33, під час прийому РГР №3, ч.2
14, 15	3.3	Рівняння Максвелла в комплексній формі запису. Теорема Умова - Пойтинга в комплексній формі. Рівняння Максвелла для провідного середовища. Плоска електромагнітна хвиля. Поширення плоскої електромагнітної хвилі в однорідному провідному півпросторі. Глибина проникності й довжина хвилі.	4	4	РГР №3, частина 3	2	Л.4, с.157-165	6	О. під час тестування, га за 33, під час прийому РГР №3, ч.2
16	3.3	Явища поверхневого ефекту й ефекту близькості на прикладі струмопроводів та магнітопроводів прямокутного перерізу. Змінний магнітний потік у плоскому листі. Поверхневий ефект в циліндричному проводі.	2	4	РГР №3, частина 3	1	Л.4, с. 166-171	10	О. під час тестування, га за 33, під час прийому РГР №3ч.2

Продовження табл. 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	3.3	Застосування теореми Умова – Пойтинга для визначення активного та внутрішнього опору провідників змінному струму. Практичне застосування поверхневого ефекту та ефекту близькості у техніці. Технічні засоби зменшення ефектів у разі їх негативного впливу на роботу електротехнічних пристроїв.	2	4	РГР №3, частина 3	1	Л.4, с. 171-172	10	О. під час тестування, га за 33, під час прийому РГР №3ч.2
18	3.3	Екранування в змінному електромагнітному полі. Зіставлення принципів екранування в електростатичному, магнітному та електромагнітному полях. Високочастотний нагрів металевих деталей та недовершених діелектриків.	2	4	РГР №3, частина 3	1	Л.4, с. 172-173	10	О. під час тестування, га за 33, під час прийому РГР №3ч.2
Всього:			14	22	-	10	-	54	-

РОЗДІЛ 5

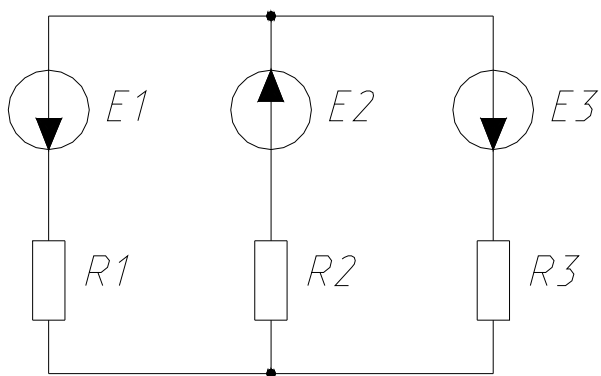
ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Нижче наведені типові задачі, які дозволяють глибше вивчити теоретичний матеріал, представлений в модулях 1, 2.

ЗАДАЧА № 1

за темою "Розрахунок складного кола постійного струму"

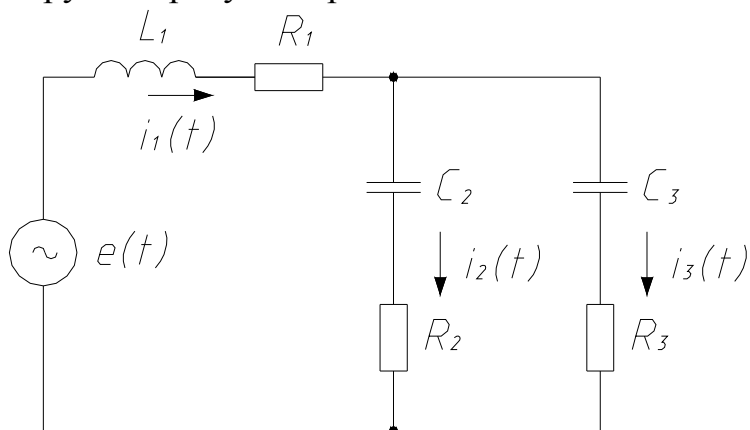
У складному колі постійного струму діють ЕРС: $E_1 = 125$ В, $E_2 = 75$ В, $E_3 = 200$ В. Задані опори у вітках кола: $R_1 = 75$ Ом, $R_2 = 100$ Ом, $R_3 = 150$ Ом. Знайти струми віток кола за законами Кірхгофа, методами контурних струмів, накладання, двох вузлів; методом еквівалентного генератора визначити один із струмів. Провести баланс потужностей і побудувати потенціальну діаграму зовнішнього контуру.



ЗАДАЧА № 2

за темою "Розрахунок розгалуженого кола синусоїдного струму"

У розгалуженому колі діє синусоїдна ЕРС: $e = 10 \cdot \sin(\omega t + 90^\circ)$, В. Частота мережі $f = 50$ Гц. Задані параметри кола $R_1 = 3$ Ом, $R_2 = 8$ Ом, $R_3 = 5$ Ом, $L_1 = 25$ мГн, $C_2 = 800$ мкФ, $C_3 = 800$ мкФ. Визначити $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$; активну P , реактивну Q та повну \tilde{S} потужності. Побудувати векторно-топографічну діаграму струмів і напруг. Розрахунок проводити комплексним методом.

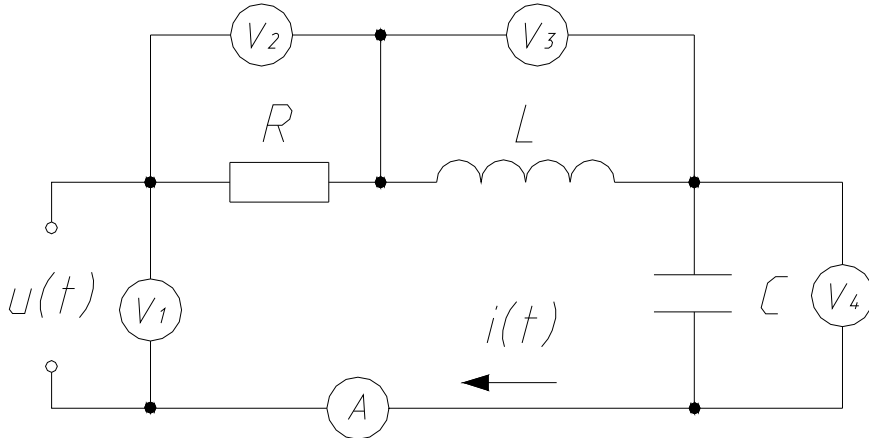


ЗАДАЧА № 3

за темою "Однофазні кола з несинусоїдними джерелами живлення"

До затискачів однофазного кола з параметрами $X_L^{(1)} = 50 \text{ Ом}$, $X_C^{(2)} = 40 \text{ Ом}$, $R = 50 \text{ Ом}$ прикладена несинусоїдна напруга:

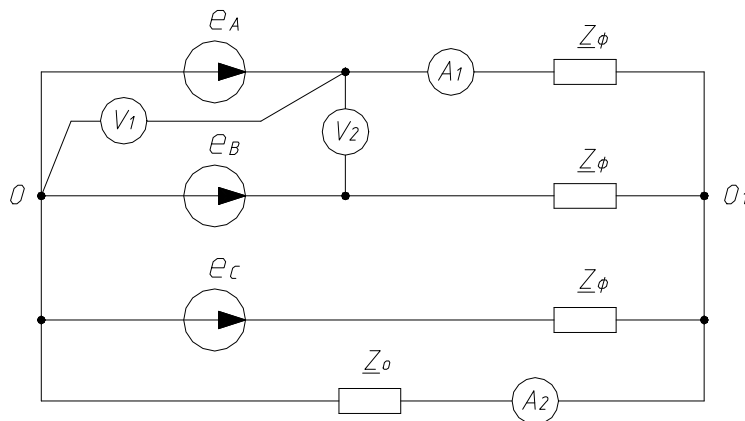
$u(t) = 50 + 200 \cdot \sin(\omega t - 30^\circ) - 150 \cdot \sin(2\omega t + 60^\circ)$, В. Знайти покази приладів електродинамічної системи. Записати миттєві значення $i(t)$, $u_R(t)$, $u_L(t)$, $u_C(t)$. Визначити потужності (активну, реактивну, повну й потужність викривлення).



ЗАДАЧА № 4

за темою "Трифазні кола з негармонічними джерелами живлення"

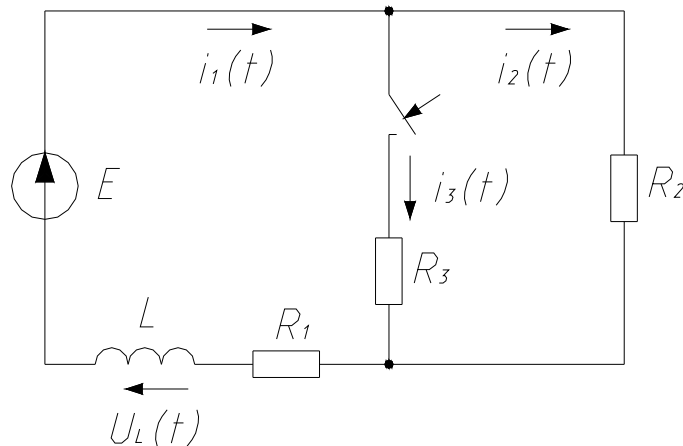
У трифазному колі діє несинусоїдна періодична ЕРС, що задана рядом Фур'є: $e_A = 20 \cdot \sin(\omega t - 15^\circ) - 10 \cdot \sin(3\omega t + 10^\circ) + 5 \cdot \sin(5\omega t - 25^\circ)$, В. Задані параметри кола: $Z_\phi^{(1)} = (15 - j \cdot 15) \text{ Ом}$, $Z_0^{(1)} = j \cdot 2 \text{ Ом}$. Знайти покази приладів електродинамічної системи.



ЗАДАЧА № 5

за темою "Перехідні процеси в лінійних електричних колах постійного струму"

У розгалуженому колі з одним накопичувачем енергії діє постійна ЕРС $E = 6\text{ В}$. Задані параметри кола $R_1 = 2\text{ Ом}$, $R_2 = 1\text{ Ом}$, $R_3 = 3\text{ Ом}$, $L = 0,5\text{ Гн}$. Знайти закони $i_1(t)$, $i_2(t)$, $i_3(t)$, $u_L(t)$ при переходному процесі.

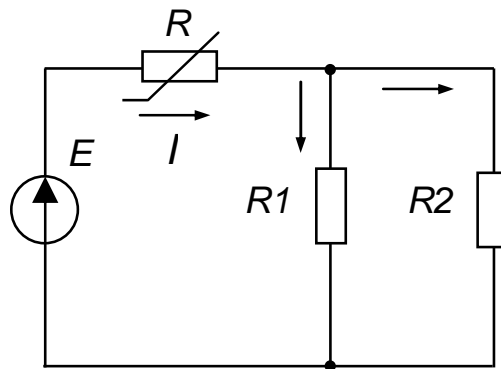


ЗАДАЧА № 6

за темою "Нелінійні кола постійного струму"

Визначити струм I через нелінійний елемент, якщо $E = 36\text{ В}$, $R_1 = 5\text{ Ом}$, $R_2 = 9\text{ Ом}$. Вольт-амперна характеристика нелінійного елемента задана у вигляді таблиці.

$I, \text{ А}$	0	2	4	6	8	10
$U, \text{ В}$	0	4	9	15	23	35



РОЗДІЛ 6.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Відповідь студента оцінюється за національною шкалою **«відмінно»** або за шкалою ECTS **«А»**, якщо він при вивченні модуля набрав більше **90 – 100** включно балів; вільно володіє програмним матеріалом; послідовно дає логічні відповіді на залікові запитання; правильно розв'язує задачу; вільно відповідає на додаткові запитання; володіє логічним мисленням; вільно застосовує ЕОМ при розв'язанні задач.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«В»**, якщо він набрав більше **80 – 90** включно балів; твердо володіє програмним матеріалом; грамотно і логічно дає відповіді на залікові запитання; при викладенні матеріалу припускається деяких помилок з другорядних питань курсу; правильно відповідає на додаткові запитання; правильно розв'язує задачу; впевнено працює з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«добре»** або **«С»**, якщо він набрав більше **70 – 80** включно балів; твердо володіє програмним матеріалом; грамотно і логічно дає відповіді на залікові запитання; при викладенні матеріалу припускається помилок з другорядних питань курсу; правильно відповідає на додаткові запитання; правильно розв'язує практичну задачу, але допускає помилки у одиницях вимірювання або чисто математичні помилки; вміє використовувати готові програмні системи при розв'язанні задач.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«D»**, якщо він набрав більше **60 – 70** включно балів; володіє основним програмним матеріалом; припускає деякі неточності у формулюваннях та виводах основних залежностей; зазнає ускладнень при відповідях на додаткові запитання; правильно, але не до кінця розв'язує задачу; вміє працювати з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«задовільно»** або **«E»**, якщо він набрав більше **50 – 60** включно балів; посередньо володіє основним програмним матеріалом; допускає неточності при формулюванні основних залежностей; не до кінця розв'язує задачу; має слабкі навички роботи з ЕОМ.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з можливістю повторного складання»** або **«FX»**, якщо він набрав більше **25 – 50** включно балів; слабо володіє основним програмним матеріалом; допускає грубі помилки при формулюванні, визначенні й при виведенні основних залежностей; на додаткові запитання відповідає невпевнено і неправильно; практичну задачу не розв'язує до кінця; навички роботи з ЕОМ слабкі.

Відповідь студента оцінюється **«незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»** або **«F»**, якщо він набрав від **0** до **25** включно балів; не володіє основним програмним матеріалом; не розв'язує практичну задачу; навички роботи з ЕОМ слабкі.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до самостійного вивчення
дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ»

(для студентів усіх форм навчання
напряму 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»)

Укладачі: **ФОРКУН** ЯНА БОРИСІВНА,
САМОШКІН ВОЛОДИМИР ПЕТРОВИЧ,
КАПУСТІН ГЕНАДІЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ

Відповідальний за випуск *к.т.н., доц. Я. Б. Форкун*

Редактор *З. І. Зайцева*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2011, поз. 271 М

Підп. до друку 20.12.2011 р.
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 2,8
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.