

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійного вивчення
дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ»

*(для студентів усіх форм навчання напрямів
6.050701 – Електротехніка та електротехнології,
6.050702 – Електромеханіка
та спеціальності*

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2017

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 – Електротехніка та електротехнології», 6.050702 – Електромеханіка та спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова, Н. О. Сабалаєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 38 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Я. Б. Форкун,
канд. техн. наук, доц. М. Л. Глебова,
канд. техн. наук, доц. Н. О. Сабалаєва

Рецензент д-р техн. наук, проф. А. Г. Сосков

*Рекомендовано кафедрою теоретичної та загальної електротехніки,
протокол № 8 від 28.02.2017 р.*

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 5 |
| РОЗДІЛ 1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ». ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА..... | 7 |
| 1.1 Мета і завдання дисципліни «Теоретичні основи електротехніки». | 7 |
| 1.2 Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця... | 9 |
| РОЗДІЛ 2 МОДУЛЬ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ, ЧАСТИНА І..... | 10 |
| 2.1 ЗМ 1 – Лінійні електричні кола постійного струму..... | 10 |
| 2.2 ЗМ 2 – Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму..... | 13 |
| РОЗДІЛ 3 МОДУЛЬ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ, ЧАСТИНА ІІ..... | 17 |
| 3.1 ЗМ 3 – Лінійні електричні кола періодичного змінного струму..... | 17 |
| 3.2 ЗМ 4 – Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах..... | 21 |
| РОЗДІЛ 4 МОДУЛЬ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ, ЧАСТИНА ІІІ..... | 24 |
| 4.1 ЗМ 5 – Нелінійні електричні і магнітні кола..... | 24 |
| 4.2 ЗМ 6 – Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами..... | 26 |
| 4.3 ЗМ 7 – Основи теорії електромагнітного поля..... | 28 |
| РОЗДІЛ 5 ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ | 33 |
| Задача № 1, 2 | 33 |
| Задача № 3, 4..... | 34 |
| Задача № 5, 6, 7..... | 35 |
| РОЗДІЛ 6 КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ | 36 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... | 37 |

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 зросла у зв'язку із вступом України в Болонський процес та переходом на кредитно-модульну систему освіти, тому що обсяг її складає 60 % від загального обсягу необхідних для вивчення дисципліни годин.

Дисципліна «Теоретичні основи електротехніки» (ТОЕ) є базовою для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 – Електротехніка та електротехнології», 6.050702 – Електромеханіка та спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Студенти фахових спрямувань «Електротехнічні системи електроспоживання» (ЕСЕ), «Світлотехніка та джерела світла» (СДС), «Електричні системи і комплекси транспортних засобів» (СТ), «Електричний транспорт» (ЕТ), «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод» (СА) усіх форм навчання протягом двох семестрів вивчають відповідно першу та другу частини дисципліни ТОЕ (перший та другий модуль). Навчальними планами для фахового спрямування «Електротехнічні системи електроспоживання» передбачено вивчення третьої частини ТОЕ, що становить третій модуль.

Ці методичні вказівки дозволять ще в більшій мірі інтенсифікувати навчальний процес, переносючи центр тяжіння у навчанні на самостійну роботу студентів і таким чином врахувати сучасні тенденції розвитку вищої освіти.

Методичні вказівки підготовлені на основі робочих програм дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» для вказаних фахових спрямувань. Загальний розподіл обсягу навчальної роботи студента та розподіл у межах семестру за типом навчальної роботи для студентів денної та заочної форм навчання відповідно до навчальних планів 2016–2017 н. р. наведено у таблицях 1, 2. Але треба мати на увазі, що кожен навчальний рік можливі деякі зміни вказаних у таблицях цифр, про що викладач повідомляє студентів у робочому порядку.

Деякі відмінності в годинах при вивченні першого та другого модуля дисципліни для різних фахових спрямувань спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка в подальшому, ймовірно, будуть усунені про розробці навчальних планів.

Таблиця 1 – Розподіл обсягу навчальної роботи студента

| Фахові спрямування | 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 | 16/480 | 3,4,5 | 220 | 94 | 47 | 79 | 260 | – | – | 3,4,5/60 | 3,4,5 | – |
| СДС | 10/300 | 3,4 | 145 | 64 | 32 | 49 | 155 | – | – | 3,4/40 | 3,4 | – |
| ЕТ, СА, СТ | 7/210 | 3,4 | 145 | 64 | 49 | 32 | 65 | | | 3,4/30 | 3,4 | |
| Заочна форма навчання | | | | | | | | | | | | |
| ЕСЕ | 13,5/480 | 3,4,5 | 48 | 22 | 16 | 10 | 432 | – | – | 3,4/60 | 3,4,5 | – |
| СДС | 10/300 | 3,4 | 30 | 12 | 8 | 10 | 270 | – | – | 4,5/40 | 3,4 | – |
| ЕТ, СА, СТ | 7/210 | 3,4 | 24 | 8 | 8 | 8 | 186 | | | 3,4/30 | 3,4 | |

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 | 4,5/135 | 3 | 60 | 30 | 15 | 15 | 75 | – | – | 20 | 3 | – |
| | 5,5/165 | 4 | 85 | 34 | 17 | 34 | 80 | – | – | 20 | 4 | – |
| | 6/180 | 5 | 60 | 30 | 15 | 30 | 105 | – | – | 20 | 5 | – |
| СДС | 4,5/135 | 3 | 60 | 30 | 15 | 15 | 75 | – | – | 20 | 3 | – |
| | 5,5/165 | 4 | 85 | 34 | 17 | 34 | 80 | – | – | 20 | 4 | – |
| ЕТ, СА, СТ | 3/90 | 3 | 60 | 30 | 15 | 15 | 30 | – | – | 15 | 3 | – |
| | 4/120 | 4 | 85 | 34 | 34 | 17 | 35 | – | – | 15 | 4 | – |
| Заочна форма навчання | | | | | | | | | | | | |
| ЕСЕ | 4,5/135 | 3 | 16 | 6 | 4 | 6 | 119 | – | – | 20 | 3 | – |
| | 5,5/165 | 4 | 14 | 6 | 4 | 4 | 151 | – | – | 20 | 4 | – |
| | 6/180 | 5 | 18 | 10 | 8 | - | 162 | – | – | 20 | 5 | – |
| СДС | 4,5/135 | 3 | 16 | 6 | 4 | 6 | 119 | – | – | 20 | 3 | – |
| | 5,5/165 | 4 | 14 | 6 | 4 | 4 | 151 | – | – | 20 | 4 | – |
| ЕТ, СА, СТ | 3/90 | 3 | 12 | 4 | 4 | 4 | 78 | – | – | 15 | - | 3 |
| | 4/120 | 4 | 12 | 4 | 4 | 4 | 108 | – | – | 15 | 4 | – |

РОЗДІЛ 1

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ». ЇЇ МІСЦЕ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ДЖЕРЕЛА

1.1 МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ».

Метою викладання навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» є опанування фундаментальними поняттями, теорією й методологією дослідження і розрахунку електричних кіл; засвоєння фундаментальних знань, що є необхідною базою для подальшого вивчення різних електротехнічних дисциплін.

Основними **завданнями вивчення дисципліни** «Теоретичні основи електротехніки» є формування у студентів належного рівня знань про методи аналізу та дослідження електричних та магнітних кіл, електричних та магнітних полів та застосування цих знань при виконанні виробничих завдань.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні

знати:

- основні закони електротехніки та співвідношенням між електричними величинами в електричних та магнітних колах;
- теорію й методологію аналізу електричних кіл постійного та змінного (синусоїдного й несинусоїдного) струмів;
- теорію й методологію аналізу симетричних і несиметричних трифазних кіл з синусоїдними та несинусоїдними джерелами енергії;
- теорію й методологію аналізу перехідних процесів в електричних колах;
- основні закони та методи розрахунку нелінійних кіл постійного та змінного струму;
- теорію й методологію аналізу кіл з розподіленими параметрами;
- теорію електромагнітного поля, у якій розглядаються електромагнітні явища у нерухомих ізотропних середовищах;
- методи дослідження і розрахунку електромагнітних полів.

вміти:

- формувати схеми заміщення і топологічні структури електротехнічних об'єктів;
- обчислювати відповідні параметри та координати сталих режимів електричних кіл на підставі різних методів аналізу;
- обчислювати параметри електромагнітних пристроїв – опорів, індуктивностей, ємностей;
- досліджувати методами математичного аналізу та фізичного експерименту явище резонансу, сталі режими багатofазних кіл;

- досліджувати методами математичного аналізу та фізичного експерименту сталі режими кіл несинусоїдного струму;
- досліджувати перехідні процеси в електричних колах із зосередженими параметрами;
- досліджувати проводити розрахунок кіл з розподіленими параметрами,
- розраховувати та досліджувати електромагнітні поля різних електротехнічних пристроїв.

мати компетентності:

- здатність проводити інженерні розрахунки, що пристосовуються до широкого класу сучасних електротехнічних пристроїв;
- здатність до подальшого вдалого вивчення наступних спеціальних електротехнічних дисциплін;
- здатність розраховувати потрібні електротехнічні величини на ділянках електричних кіл будь-якої складності;
- здатність аналізувати та розраховувати електромагнітні поля різних пристроїв за рахунок набуття потужного математичного апарату та формування наукового кругобігу;
- здатність до розв'язання практичних задач електропостачання промислових підприємств;
- здатність правильно поставити та розв'язати електротехнічне завдання;
- здатність правильно скласти та уточнити розрахункову модель електротехнічного пристрою;
- здатність вибору найбільш раціонального рішення електротехнічної задачі;
- здатність коректно інтерпретувати одержані після розрахунків результати.

Дисципліна складається з таких змістових модулів (ЗМ), причому будемо застосовувати наскрізну їх нумерацію, незалежно від нумерації модулів дисципліни (семестрів):

ЗМ 1 Лінійні електричні кола постійного струму;

ЗМ 2 Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму;

ЗМ 3 Лінійні електричні кола періодичного змінного струму;

ЗМ 4 Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах;

ЗМ 5 Нелінійні електричні і магнітні кола;

ЗМ 6 Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами;

ЗМ 7 Основи теорії електромагнітного поля.

Треба відзначити наступне, що у планах-графіках самостійного вивчення змістових модулів, а також у тексті:

- посилення на джерела, йдуть з літерою Л, а посилення на методичні вказівки – з літерою М;
- скорочення ДФН, ЗФН, ЛК, ПЗ, ЛР, РГР означають відповідно – «денна форма навчання», «заочна форма навчання», «лекція», «практичне заняття»,

«лабораторна робота» «розрахунково-графічна робота»;

– скорочення О, ОпП, ЗМ, КП, означають «опитування» «опитування при прийомі», «змістовий модуль», «контрольні питання»;

– цифра в стовпчику «Номер теми» – це номер теми відповідного змістового модуля в Програмі та в Робочій програмі навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка;

– номери лабораторних робіт та практичних занять відповідають планам практичних занять та лабораторних робіт, що розроблені викладачами кафедри в Робочій програмі навчальної дисципліни ТОЕ для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

– нумерація лекцій, практичних занять та лабораторних робіт починається з цифри «1» в кожному модулі дисципліни.

– нумерація розрахунково-графічних робіт наступна: у першому семестрі – РГР № 1, у другому семестрі – РГР № 2, у третьому семестрі – РГР № 3;

– ЗМ 1 та ЗМ 2 відносяться до першого модуля, ЗМ 3 та ЗМ 4 – до другого модуля, а ЗМ 4, ЗМ 5, ЗМ 6 – до третього модуля дисципліни.

1.2 МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦЯ

Таблиця 3 – Місце дисципліни в навчальному процесі

| Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на такі дисципліни: | На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються такі дисципліни: |
|---|--|
| Фізика: розділи електрика та магнетизм | Електричні машини |
| | Основи метрології та електричних вимірювань |
| Електротехнічні матеріали | Електричне обладнання рухомого складу |
| Вища математика: розділи: системи лінійних алгебраїчних рівнянь, теорія матриць, похідна та інтеграл, диференційні рівняння, функціональні ряди, інтегральні перетворення Лапласа, векторна алгебра, комплексні числа | Теорія електроприводу |
| | Електричні апарати |
| | Перехідні процеси в електроенергетиці |
| | Електричні системи та мережі |
| | Інформаційна електроніка |
| Вступ до фаху | Електронні перетворювальні пристрої |
| Вступ до світлотехніки | Мікропроцесорна техніка |
| | Електрична частина станцій та підстанцій |
| | Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем |

РОЗДІЛ 2 Модуль 1. Теоретичні основи електротехніки, частина I

В першому модулі дисципліни вивчають лінійні електричні кола постійного і синусоїдного струму, а саме: основні закони, поняття електричних кіл постійного та однофазного синусоїдного струму; методи розрахунку електричних кіл постійного та однофазного синусоїдного струму електричних кіл та їх особливості; резонансні явища в колах синусоїдного струму; методику побудови векторних і кругових діаграм; основи теорії чотириполюсників.

Модуль 1 складається з двох змістових модулів. В таблицях 4 та 5 наведений зміст самостійної роботи за кожним з цих змістових модулів.

2.1 ЗМ 1 – Лінійні електричні кола постійного струму

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 1 наведений в таблиці 4.

Після вивчення ЗМ1 студент повинен знати:

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

Контрольні питання

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. Теорема взаємності й теорема компенсації.
10. Лінійні співвідношення в електричних колах з постійними параметрами.
11. Принцип та метод накладання. Порядок розрахунку методом накладання.
12. Перетворення зірки опорів в еквівалентний трикутник опорів і навпаки.
13. Двополюсник: активний і пасивний. Теорема Тевенена про еквівалентний генератор. Метод еквівалентного генератора.
14. Передача енергії постійного струму від активного двополюсника до навантаження. Узгодження навантаження.
15. Передача енергії постійного струму від активного двополюсника до навантаження. Передача енергії постійного струму по лініях передачі.
16. Порівняльна характеристика методів розрахунку.

Після вивчення ЗМ 1 максимальний процент набраних балів складає 25 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал ЗМ у повному обсязі, виконати та 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 та захистити першу частину розрахунково-графічної роботи (РГР) № 1 «Розрахунок складного кола постійного струму і розгалуженого кола синусоїдного струму» – «Аналіз складного кола постійного струму». Процент набраних балів за першу частину розрахунково-графічної роботи № 1 нараховується окремо та складає 10 % (max). Максимальний процент набраних балів за виконання двох частин РГР складає 20 %, що відображається в накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості.

Таблиця 4 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 1 Лінійні електричні кола постійного струму

| Номер з/п | Номер теми | Питання, що вивчаються | Лекції, практичні заняття | | Лабораторні заняття | | Індивідуальне завдання (РГР) | | | Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела) | Форма контролю |
|-----------|------------|---|------------------------------------|--|---------------------|---------------|------------------------------|-----------------|---------------|---|---|
| | | | № ЛК, № ПЗ | МВ | №ЛР | МВ | Номер, частина | МВ | Обсяг, години | | |
| 1 | 1.1 | Предмет курсу теоретичних основ електротехніки, його місце у загальній системі електротехнічної освіти бакалавра. Електричне коло, схема та їх елементи. Основні топологічні поняття для електричних кіл: вузли, вітки, контури. Закон Ома. Джерело енергії, представлення реальних генераторів джерелами струму і напруги, їх взаємне перетворення. Закони Кірхгофа. Енергетичний баланс та потенціальна діаграма. | ЛК: № 1,2 ПЗ: № 1 | М 1, с. 8-14 М 11, с. 4-16 | №1 | М 4, с. 8-14 | РГР №1, ч.1 | М 6, с. 6-25 | 3 | Л 1, с. 28-40 Л 2 с. 9-20 Л 7 с. 5-6, 23-32 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№1, ч.1 |
| 2 | 1.2 | Метод контурних струмів. Метод вузлових потенціалів і двох вузлів. Особливості застосування методів. Заміна кількох паралельних віток, які містять ЕРС та опори, однією еквівалентною. Теорема про еквівалентний генератор. Метод еквівалентного генератора для розрахунку струму в одній вітці. | ЛК: № 3,4,5 ПЗ: № 2,3 | М 1, с. 15-19; 25-27 М 11, с. 17-29; с. 34-40 | №2 | М 4, с. 15-18 | РГР №1, ч.1 | М 6, с. 6-25 | 4 | Л 1, с. 40-44, с. 53-63, с. 64-70; Л 2 с. 24-35, с 39-44, с 56-61 Л 7 с. 32-49, | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№1, ч. |
| 3 | 1.3 | Поняття вхідних і взаємних провідностей. Принцип взаємності. Теорема про компенсацію. Принцип та метод накладання для розрахунку електричних кіл. Еквівалентне перетворення трикутника опорів в зірку опорів (і навпаки). Умови передачі максимальної потужності від джерела енергії до навантаження. Передача енергії по лініях передачі. | ЛК: № 6,7 ПЗ: № 4 | М 1, с. 19-24; 27-29 М 11, с. 30-33 | №2 | М 4, с. 15-18 | РГР №1, ч.1 | М 6, с. 6-25 | 3 | Л 1, с. 44-52 Л 2 с. 46-55 Л 7 с. 41-50 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№1, ч. |

2.2 ЗМ 2 – Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму

План-графік самостійного вивчення ЗМ 2 наведений в таблиці 5.

Після вивчення ЗМ 2 студент повинен знати:

- основні величини й закони, що характеризують синусоїдний струм і коло синусоїдного струму;
- методи розрахунку кіл синусоїдного струму: тригонометричний та символічний, а також порядок проведення балансу активних і реактивних потужностей;
- графоаналітичні методи аналізу кіл синусоїдного струму (побудову векторно-топографічних діаграм напруги й струму, побудову кругових і лінійних діаграм);
- процеси в послідовному й паралельному коливальному контурах (явище резонансу напруг і струмів);
- принципи розрахунку кіл зі взаємною індуктивністю;
- основні положення теорії чотиріполюсників: основні рівняння, первинні й вторинні параметри.

Контрольні питання

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 індуктивно зв'язаних котушок. Векторні діаграми при узгодженому й зустрічному включенні котушок.

15. Трансформатор без феромагнітного осердя. Основні його рівняння. Векторні діаграми.

16. Розрахунок електричних кіл з двома індуктивно 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.

Після вивчення ЗМ 2 максимальний процент набраних балів складає 25 %. 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 електричного кола синусоїдного струму», а також виконати другу частину розрахунково-графічної роботи № 1 – «Розрахунок розгалуженого кола синусоїдного струму». Процент набраних балів за другу частину розрахунково-графічної роботи № 1 нараховується окремо та складає 10 % (max). Максимальний процент набраних балів за виконання двох частин РГР №1 складає 20 %, що відображається в накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості.

Таблиця 5 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 2 Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму

| Номер з/п | Номер теми | Питання, що вивчаються | Лекції, практичні заняття | | Лабораторні заняття | | Індивідуальне завдання (РГР) | | | Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела) | Форма контролю |
|-----------|------------|--|--|---|---------------------|------------------|------------------------------|------------------|---------------|---|---|
| | | | № ЛК, № ПЗ | МВ | №ЛР | МВ | Номер, частина | МВ | Обсяг, години | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 2.1 | Визначення синусоїдного струму. Діюче, середнє значення синусоїдних величин. Синусоїдний струм резистивного, індуктивного і ємнісного елементів. Тригонометричний метод розрахунку кіл синусоїдного струму. Активна, реактивна, повна потужності. Основи комплексного (символічного) методу розрахунку. Залежності між опором та провідністю ділянки кола. Закони Ома і Кірхгофа для кіл синусоїдного струму у комплексній формі. Векторні і топографічні діаграми. Вирази потужності в комплексній формі. Баланс потужностей. Умови передачі максимальної потужності, узгодження навантаження. Падіння і втрата напруги в лінії | ЛК: № 8,9,10,11 ПЗ: № 5,6 | М 1, с. 30-43; с. 49-50 М 12, с. 4-27 | № 2,3 | М 4, с. 15-32 | РГР №1, ч.2 | М 6, с. 26-50 | 6 | Л 1, с. 81-106, Л 2 с. 61-68, 71-92, 92-100 Л 7 с. 62-90 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№1, ч.2 |
| 2 | 2.2 | Резонанс при послідовному і паралельному з'єднанні елементів кола. Характеристичний опір, хвильова провідність, добротність контуру. Частотні характеристики і фазочастотні характеристики. Поняття про резонанс у складних колах. Практичне застосування резонансу. | ЛК: № 11,12 ПЗ: № 7 | М 1, с. 44-49 М 12, с. 28-33 | № 2,3 | М 4, с. 15-32 | | | | Л 1, с. 106-116, Л 2 с. 105-114, Л 7 с. 126-160 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР |

Продовження таблиці 5

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----|---|----------------------------------|------------------|---|---|----------------|------------------|----|--|--|
| 3 | 2.3 | Індуктивно зв'язані елементи кола. Поняття взаємної індуктивності. Розрахунок кіл із взаємною індуктивністю. Визначення взаємної індуктивності дослідом. Розв'язання індуктивно зв'язаних електричних кіл. Трансформатор, схема заміщення. | ЛК: № 13 ПЗ: № 8 | М 1, с. 74-77 | - | - | - | - | - | Л 1, с. 117-128, Л 2 с. 114-131, Л 7 с. 168-183 | О. за КП під час тестування |
| 4 | 2.4 | Визначення і класифікація чотириполюсників. Основні рівняння чотириполюсника (А-форма). Коефіцієнти чотириполюсника. Способи визначення коефіцієнтів чотириполюсника. Схеми заміщення пасивного чотириполюсника. Годографи (кругові й лінійні діаграми). Кругова діаграма для двох послідовно з'єднаних опорів. | ЛК: № 14,15 ПЗ: № 8 | М 1, с. 50-60 | - | - | РГР №1, ч.2 | М 6, с. 26-50 | 4 | Л 1, с. 135-143, 146-148, 159-166 Л 2 с. 146-150, 159-168 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№1, ч.2 |

РОЗДІЛ 3 Модуль 2. Теоретичні основи електротехніки, частина II

В другому модулі дисципліни 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 двох змістових модулів. В таблицях 6 та 7 наведений зміст самостійної роботи за кожним з цих змістових модулів.

3.1 ЗМ 3 Лінійні електричні кола періодичного змінного струму

План-графік самостійного вивчення ЗМ 3 наведений в таблиці 6.

Після вивчення ЗМ 3 студент повинен знати:

- основні схеми з'єднання трифазних кіл, визначення лінійних і фазних величин;
- методику розрахунку трифазних кіл при симетричному і несиметричному навантаженні в нормальному режимі та під час аварійних режимів роботи;
- методику проведення балансу потужностей в трифазних колах;
- графоаналітичний метод розкладання періодичної несинусоїдної кривої в ряд Фур'є;
- порядок розрахунку однофазних кіл з періодичними несинусоїдними джерелами напруги та струму;
- особливості розрахунку трифазних електричних кіл, що живляться негармонійними джерелами напруги;
- особливості розрахунку кіл, де діють джерела енергії з періодичною обвідною.

Контрольні питання

1. Трифазна система ЕРС. Переваги трифазних систем. Основні поняття. Оператор трифазної системи, його властивості. Співвідношення між лінійними і фазними напругами.
2. Розрахунок схеми «зірка-зірка» з нульовим проводом при симетричному й несиметричному навантаженні.
3. Розрахунок трифазного кола «зірка-трикутник» при симетричному й несиметричному навантаженні без урахування опорів у лініях.
4. Розрахунок трифазного кола «зірка-трикутник» при симетричному й несиметричному навантаженні з урахуванням опорів у лініях.
5. Активна, реактивна та повна потужності трифазного кола. Комплекс повної потужності трифазної системи.

6. Принцип роботи фазопоказчиків.
7. Отримання кругового обертового магнітного поля.
8. Визначення періодичних несинусоїдних струмів і напруг та вкажіть режими роботи електричних кіл, що призводять до виникнення несинусоїдних струмів і напруг.
9. Розкладання у ряд Фур'є кривих геометрично неправильної форми.
10. Особливості періодичних несинусоїдних кривих, що мають деякі види симетрії.
11. Середні й діючі значення несинусоїдного струму і напруги. Вимірювання несинусоїдних струмів і напруг амперметрами й вольтметрами різних систем.
12. Активна, реактивна, повна потужність і потужність викривлення несинусоїдного струму.
13. Порядок розрахунку струмів й напруг у колах, де діють несинусоїдні джерела напруги або струму. Особливості розрахунку.
14. Заміна несинусоїдних струмів і напруг еквівалентними синусоїдними.
15. Резонансні явища в колах при несинусоїдних струмах.
16. 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).
17. Особливості роботи трифазних систем, що викликані гармоніками, кратними трьом: розрахунок схеми «зірка-зірка» з нульовим проводом (симетричне й несиметричне навантаження).
18. Несинусоїдні криві з періодичною обвідною: биття.
19. Несинусоїдні криві з періодичною обвідною: модульовані коливання.

Після вивчення ЗМ 3 максимальний процент набраних балів складає 25 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити лабораторні роботи «Дослідження трипровідних та чотирипровідних трифазних кіл «зірка-зірка», «Дослідження трифазних кіл «зірка – трикутник», «Дослідження впливу характеру опору на форму кривої струму в колах несинусоїдного періодичного струму», а також першу частину РГР № 2 за темою «Розрахунок трифазних кіл, що живляться негармонійними джерелами напруги». Процент набраних балів за першу частину РГР № 2 нараховується окремо та складає 10 % (max). Максимальний процент набраних балів за виконання двох частин РГР№2 складає 20 %, що відображається в накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості.

Таблиця 6 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 3. Лінійні електричні кола періодичного змінного струму

| Номер з/п | Номер теми | Питання, що вивчаються | Лекції, практичні заняття | | Лабораторні заняття | | Індивідуальне завдання (РГР) | | | Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела) | Форма контролю |
|-----------|------------|---|--|--|---------------------|------------------|------------------------------|-----------------|---------------|--|---|
| | | | № ЛК, № ПЗ | МВ | №ЛР | МВ | Номер, частина | МВ | Обсяг, години | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 3.1 | Основні поняття та визначення. Переваги трифазних кіл. Основні схеми з'єднання трифазних кіл та співвідношення між лінійними і фазними величинами. Розрахунок симетричних та несиметричних режимів трифазних кіл для різних схем («зірка-зірка», «зірка-трикутник»). Активна, реактивна, повна потужності в трифазних колах. Вимір потужності. Оператор трифазної системи. Обертове магнітне поле. | ЛК: № 1,2,3 ПЗ: № 1 | М 2, с. 8-21 М 13, с. 5-11 | № 1,2 | М 5, с. 8-25 | – | – | – | Л 1, с. 184-203 Л 2 с. 169-199, Л 7 с. 119-126 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР |
| 2 | 3.2 | Визначення періодичних несинусоїдних струмів і напруг. Зображення несинусоїдних струмів і напруг за допомогою рядів Фур'є. Деякі властивості періодичних кривих, що мають симетрію. Розкладання в ряд Фур'є кривих геометрично правильної та неправильної форми. Особливості розрахунку кіл з несинусоїдними струмами. Діючі й середні значення несинусоїдних струмів та напруг. Коефіцієнти, що характеризують несинусоїдні періодичні криві. Активна, реактивна, повна та потужність викривлення. Еквівалентні синусоїди. Несинусоїдні криві з періодичною обвідною: биття. Несинусоїдні криві з періодичною обвідною: модульовані коливання. | ЛК: № 4,5,6,7 ПЗ: № 2,3,4 | М 2, с. 22-36; с. 42-45 М 13, с. 12-29 | № 3 | М 5, с. 26-37 | РГР №2, ч.1 | М 7, с. 4-49 | 5 | Л 1, с. 204-216; с. 221-226 Л 2 с. 200-219 Л 7 с. 195-205 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№2, ч.1 |

Продовження таблиці 6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----|--|--------------------------------|---|---|---|----------------|-----------------|----|-----------------------------------|---|
| 3 | 3.3 | Вищі гармоніки в трифазних колах. Особливості роботи трифазних систем, що викликані гармоніками, кратними трьом. Розрахунок схеми «зірка-зірка» без нульового проводу. Розрахунок схеми «зірка-зірка» з нульовим проводом. | ЛК: № 8,9 ПЗ: № 5 | М 2, с. 36-42 М 13, с. 30-38 | – | – | РГР №2, ч.1 | М 7, с. 4-49 | 5 | Л 1, с. 216-221 Л 2 с. 219-221 | О. за КП під час тестування, ОпП РГР№2, ч.1 |

3.2 ЗМ 4. Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 4 наведений в таблиці 7.

Після вивчення ЗМ 4 студент повинен знати:

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

Контрольні питання

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 4 максимальний процент набраних балів складає 25 %. 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». Процент набраних балів за другу частину РГР № 2 нараховується окремо та складає 10 % (max). Максимальний процент набраних балів за виконання двох частин РГР № 2 складає 20 %, що відображається в накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості.

Таблиця 7 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 4. Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах

| Номер з/п | Номер теми | Питання, що вивчаються | Лекції, практичні заняття | | Лабораторні заняття | | Індивідуальне завдання (РГР) | | | Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела) | Форма контролю |
|-----------|------------|--|--|---|---------------------|------------------|------------------------------|------------------|---------------|---|---|
| | | | № ЛК, № ПЗ | МВ | №ЛР | МВ | Номер, частина | МВ | Обсяг, години | | |
| 1 | 4.1 | Визначення перехідних процесів. Закони комутації. Незалежні і залежні початкові умови. Складання характеристичного рівняння: методи визначника і вхідного опору. Характер вільного процесу в залежності від коренів характеристичного рівняння. Визначення постійних інтегрування у класичному методі. Порядок розрахунку перехідних процесів класичним методом. Аналіз перехідних процесів при увімкненні $R-L$ та $R-C$ кола на постійну та синусоїдну напругу. Перехідні процеси у послідовному коливальному контурі. | ЛК: № 10,11,12,13 ПЗ: № 6,7 | М 2, с. 47-70 М 13, с. 39-41; 43-44; 46-48; 51-54 | № 4 | М 5, с. 38-49 | РГР №2, ч.2 | М 7, с. 50-78 | 5 | Л 1, с. 226-249; 252-258, Л 2 с. 234-258, Л 7 с. 112-239 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№2, ч.2 |
| 2 | 4.2 | Перетворення Лапласа, основні положення операторного методу. Зображення постійної, показової, похідної, інтеграла; напруги на ємкості та індуктивності. Закони Ома і Кірхгофа в операторній формі. Формула розкладання. Порядок розрахунку перехідних процесів операторним методом. | ЛК: № 14,15 ПЗ: № 8 | М 2, с. 70-80 М 13, с. 41-42; 44-45; 48-51 | № 4 | М 5, с. 38-49 | РГР №2, ч.2 | М 7, с. 50-78 | 5 | Л 1, с. 258-282, Л 2 с. 278-288, Л 7 с. 251-274 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№2, ч.2 |
| 3 | 4.3 | Перехідна провідність і перехідна функція по напрузі. Розрахунок перехідних процесів при підключення джерела, напруга чи струм якого змінюється за відомим аналітичним виразом за допомогою інтегралу Дюамеля. | ЛК: № 16,17 ПЗ: № 9 | М 2, с. 80-83 | – | – | – | – | – | Л 1, с. 283-292, Л 2 с. 258-263, Л 7 с. 239-244 | О. за КП під час тестування |

РОЗДІЛ 4 Модуль 3. Теоретичні основи електротехніки, частина III

В третьому модулі дисципліни 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 складається з трьох змістових модулів. В таблицях 8, 9, 10 наведений зміст самостійної роботи за кожним з цих змістових модулів.

4.1 ЗМ 5. Нелінійні електричні і магнітні кола

План-графік самостійного вивчення ЗМ 5 наведений в таблиці 8.

Після вивчення ЗМ 5 студент повинен знати:

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

Контрольні питання

1. Визначення та основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму.
2. Графоаналітичний метод розрахунку нелінійних 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.
5. Заміна нелінійного елемента лінійним опором і ЕРС.
6. Практичне застосування нелінійних елементів постійного струму.
7. Основні поняття та закони магнітних кіл.
8. Розрахунок нерозгалуженого магнітного кола при постійному струмі.
9. Розрахунок розгалуженого магнітного кола при постійному струмі.
10. Властивості нелінійних елементів при змінному струмі.
11. Апроксимація нелінійних вольт-амперних характеристик графоаналітичним методом трьох ординат, ступеневим поліномом і методом трьох ординат
12. Одно- й двопівперіодне випрямлення змінного струму в постійний.

Після вивчення ЗМ5 максимальний процент набраних балів складає 15 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, написати контрольну роботу за матеріалом змістового модуля, виконати й захистити лабораторну роботу «Дослідження нелінійних електричних кіл постійного струму».

Таблиця 8 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 5. Нелінійні електричні і магнітні кола

| Номер з/п | Номер теми | Питання, що вивчаються | Лекції, практичні заняття | | Лабораторні заняття | | Індивідуальне завдання (РГР) | | | Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела) | Форма контролю |
|-----------|------------|--|------------------------------------|--|---------------------|------------------|------------------------------|----|---------------|---|---|
| | | | № ЛК, № ПЗ | МВ | №ЛР | МВ | Номер, частина | МВ | Обсяг, години | | |
| 1 | 5.1 | Визначення та основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму. Графоаналітичний метод розрахунку нелінійних електричних кіл постійного струму: при послідовному, при паралельному і змішаному з'єднанні елементів. Розрахунок нелінійного кола з двома вузлами. Статичний та диференційний опори нелінійних елементів. Заміна нелінійного елемента лінійним опором і ЕРС. Практичне застосування нелінійних елементів постійного струму. Основні поняття та закони магнітних кіл. Пряма та зворотна задачі розрахунку нерозгалуженого та розгалуженого магнітного кола при постійному струмі. | ЛК: № 1,2 ПЗ: № 1,2,3 | М 2, с. 84-98 М 13, с. 55-67 | № 1 | М 5, с. 50-56 | – | – | – | Л 1, с. 404-449, Л 2 с. 386-408, 418-430 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР |
| 2 | 5.2 | Деякі загальні властивості нелінійних елементів при змінному струмі. Апроксимація нелінійних вольт-амперних характеристик графоаналітичним методом трьох ординат та ступеневим поліномом. Одно- й двопівперіодне випрямлення змінного струму. Ферорезонанс напруги та струму. | ЛК: № 3,4 ПЗ: № 4,5 | М 2, с. 98-102 М 13, с. 67-70 | № 2 | М 5, с. 50-56 | – | – | – | Л 1, с. 449-461, 492-509 Л 2 с. 430-436, 455-458 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР |

4.2 ЗМ 6. Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 6 наведений в таблиці 9.

Після вивчення ЗМ 6 студент повинен знати:

- основні визначення кіл з розподіленими параметрами;
- рівняння та характеристики однорідної двопровідної лінії;
- поняття вхідного опору лінії та коефіцієнту відбиття хвилі;
- поняття лінія без спотворень та лінії без втрат.

Контрольні питання

1. Визначення електричного кола (лінії) з розподіленими параметрами.
2. Визначення магнітного кола з розподіленими параметрами.
3. Визначення первинних та вторинних параметрів однорідної двопровідної лінії.
4. Диференціальні рівняння однорідної двопровідної лінії.
5. Визначення та характеристик усталеного режиму в однорідній лінії.
6. Визначення напруги та струму в будь-якій точці ліній при відомих напрузі та струмі на початку лінії (рівняння в гіперболічній формі).
7. Визначення напруги та струму в будь-якій точці ліній при відомих напрузі та струмі на кінці лінії (рівняння в гіперболічній формі).
8. Визначення фазової швидкості та довжини хвилі.
9. Визначення вхідного опору лінії та коефіцієнта відбиття хвилі.
10. Визначення та характеристики узгодженого навантаження лінії.
11. Визначення лінії без спотворень та хвилі, що стоїть.
12. Практичне застосування лінії без втрат.

Після вивчення ЗМ 6 максимальний процент набраних балів складає 15 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, виконати й захистити розрахунково-графічну роботу № 3 за темою «Розрахунок ємності та індуктивності ліній передачі». Процент набраних балів за РГР № 3 нараховується окремо та складає 20 % (максимальний процент), що відображається в накопичувальній заліково-екзаменаційній відомості.

Таблиця 9 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 6. Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами

| Номер з/п | Номер теми | Питання, що вивчаються | Лекції, практичні заняття | | Лабораторні заняття | | Індивідуальне завдання (РГР) | | | Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела) | Форма контролю |
|-----------|------------|--|--------------------------------------|------------------|---------------------|----|------------------------------|-----------------|---------------|---|--|
| | | | № ЛК, № ПЗ | МВ | №ЛР | МВ | Номер, частина | МВ | Обсяг, години | | |
| 1 | 1.1 | Основні визначення. Первинні параметри. Рівняння однорідної двопровідної лінії. Рівняння однорідної лінії при усталеному синусоїдному процесі. Вторинні параметри однорідної лінії: коефіцієнт розповсюдження, хвильовий опір. Рівняння однорідної лінії гіперболічних функціях. Визначення напруги та струму в будь якій точці лінії при відомих комплексах напруги та струму на початку лінії. Визначення напруги та струму в будь якій точці лінії при відомих комплексах напруги та струму наприкінці лінії. | ЛК: № 5,6,7 ПЗ: № 6,7,8 | М 3, с. 8-18 | № 3 | | РГР №3 | М 8, с. 5-31 | 10 | Л 1, с. 350-368, Л 2 с. 344-350 | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№3 |
| 2 | 1.2 | Падаючі та відображені хвилі. Коефіцієнт відбиття хвилі. Фазова швидкість та довжина хвилі. Лінія без спотворень. Узгоджене навантаження. Визначення напруги та струму при узгодженому навантаженні. ККД при узгодженому навантаженні. Лінія без втрат: визначення напруги та струму. Вхідний опір при неробочому ході та при короткому замиканні наприкінці лінії. Застосування ліній без втрат. Визначення електромагнітних хвиль, що стоять. | ЛК: № 8,9 ПЗ: № 9,10 | М 3, с. 18-26 | № 4 | | РГР №3 | М 8, с. 5-31 | 10 | Л 1, с. 359-369 Л 2 с. 351-364,. | О. за КП під час тестування, захисту ЛР, ОпП РГР№3 |

4.3 ЗМ 7. Основи теорії електромагнітного поля

План-графік самостійного вивчення змістового модуля 7 наведений в таблиці 10.

Після вивчення ЗМ 7 студент повинен знати:

- основні поняття, визначення та закони електростатичного поля;
- основні поняття, визначення та закони електричного поля постійного струму в провідному середовищі;
- основні поняття, визначення та закони магнітного поля постійного струму.
- рівняння Максвелла у комплексно-векторній формі для середовищ з діелектричними, електропровідними та магнітопровідними властивостями;
- поняття про основні параметри електромагнітних явищ: довжину, швидкість, глибину проникності тощо в електропровідних та діелектричних середовищах;
- основне рівняння плоского електромагнітного поля в комплексно-векторній формі;
- явища поверхового ефекту й ефекту близькості.

Контрольні питання

1. Визначення електростатичного поля. Закон Кулона.
2. Напруженість електростатичного поля.
3. Поняття про об'ємний, поверхневий і лінійний заряди. Електричне поле об'ємного, поверхневого і лінійного заряду..
4. Лінії вектора напруженості, потік вектора \vec{E} , дивергенція вектора \vec{E} .
5. Теорема Гауса для однорідного середовища.
6. Робота сил електричного поля. Потенціал. Зв'язок потенціалу з напруженістю поля.
7. Рівняння Пуассона та рівняння Лапласа.
8. Вільні та пов'язані заряди. Поляризація діелектриків. Вектор електричної індукції \vec{D} .
9. Теорема Гауса в інтегральній формі для неоднорідного середовища.
10. Теорема Гауса в диференціальній формі для неоднорідного середовища.
11. Поле всередині провідного тіла в умовах електростатики.
12. Граничні умови в електростатичному полі. Умови на межі розподілу провідника та діелектрика.
13. Поле зарядженої осі, двопровідної лінії. Поняття ємності.
14. Енергія електростатичного поля
15. Густина струму і струм.
16. Закон Ома та другий закон Кірхгофа в диференціальній формі.

17. Перший закон Кірхгофа в диференціальній формі.
18. Диференціальна форма закону Джоуля-Ленца.
19. Зв'язок основних величин, які характеризують магнітне поле. Механічні сили в магнітному полі.
20. Інтегральна форма закону повного струму. Диференціальна форма закону повного струму.
21. Індукція магнітного поля. Закон Біо-Савара-Лапласа.
22. Скалярний потенціал магнітного поля. Векторний потенціал магнітного поля.
23. Аналогія між електричним полем постійного струму й електростатичним полем.
24. Магнітний потік і його неперервність.
25. Сили магнітного поля, які діють на рухомий заряд та сили магнітного поля, що діють на провідник із струмом.
26. Ротор векторної величини. Теорема Остроградського-Стокса.
27. Вектор-потенціал магнітного поля.
28. Намагнічування середовища. Напруженість магнітного поля.
29. Загальні відомості про індуктивність і взаєміндуктивність.
30. Енергія магнітного поля.
31. Граничні умови в магнітному полі
32. Визначення змінного електромагнітного поля.
33. Струм зсуву. Рівняння неперервності змінного струму.
34. Перше та друге рівняння Максвелла.
35. Повна система рівнянь Максвелла.
36. Граничні умови в електромагнітному полі. Баланс енергії електромагнітного поля.
37. Вектор Пойтинга. Теорема Умова – Пойтинга.
38. Електродинамічні потенціали.
39. Рівняння Максвелла в комплексній формі запису.
40. Рівняння електромагнітного поля в провідному середовищі.
41. Плоскі електромагнітні хвилі.
42. Поверхневий ефект та ефекту близькості
43. Практичне застосування поверхневого ефекту у техніці.

Після вивчення ЗМ 7 максимальний процент набраних балів складає 25 %. При цьому студент повинен засвоїти теоретичний матеріал модуля у повному обсязі, написати контрольну роботу, пройти тестування.

Таблиця 10 – План-графік самостійного вивчення ЗМ 7. Основи теорії електромагнітного поля

| Номер з/п | Номер теми | Питання, що вивчаються | Лекції, практичні заняття | | Лабораторні заняття | | Індивідуальне завдання (РГР) | | | Самостійна робота студентів (рекомендовані джерела) | Форма контролю |
|-----------|------------|---|--------------------------------------|------------------|---------------------|----|------------------------------|----|---------------|---|-----------------------------|
| | | | № ЛК, № ПЗ | МВ | №ЛР | МВ | Номер, частина | МВ | Обсяг, години | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | 1.1 | Загальні відомості. Електричне поле нерухомих зарядів. Закон Кулона. Напруженість електричного поля. Електричне поле об'ємного заряду, поверхневого заряду. Лінії вектора напруженості. Потік вектора та дивергенція вектора \vec{E} . Теорема Остроградського та теорема Гауса для однорідного середовища. Робота сил електричного поля. Зв'язок потенціалу з напруженістю поля. Рівняння Пуассона і Лапласа. Поляризація діелектриків. Вектор електричної індукції. Теорема Гауса в диференціальній та в інтегральній формі для неоднорідного середовища. Провідник в електричному полі. Електрична ємність. Енергія електричного поля. | ЛК: № 10,11 ПЗ: № 10,11 | М 3, с. 27-52 | – | – | – | – | – | Л 4, с. 11-42 | О. за КП під час тестування |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----|---|---------------------------------------|-------------------|---|---|---|---|----|-----------------|-----------------------------------|
| 2 | 1.2 | Електричний струм у провідному середовищі. Густина струму. Закони Ома і Джоуля-Ленца в двох формах. Закони Кірхгофа. Рівняння Лапласа для електричного поля у провідному середовищі. Граничні умови. Аналогія між електричним полем постійного струму і електростатичним полем. Електричне і магнітне поле як дві сторони єдиного електромагнітного поля. Індукція магнітного поля. Закон Біо-Савара. Магнітний потік і його неперервність. Сили магнітного поля, які діють на заряд, що рухається та на провідник зі струмом. Ротор векторної величини. Теорема Остроградського-Стокса. Вектор-потенціал магнітного поля. Намагнічування середовища. Напруженість магнітного поля. Закон повного струму в інтегральній формі. Загальні відомості про індуктивність і взаємодуктивність. Енергія магнітного поля. | ЛК: № 12,13 ПЗ: № 12,13 | М 3, с. 53-77 | – | – | – | – | – | Л 4, с. 83-136 | О. за КП під час тестування |
| 3 | 1.3 | Визначення змінного електромагнітного поля. Струм зсуву. Рівняння неперервності змінного струму. Перше та друге рівняння Максвелла. Повна система рівнянь Максвелла. Граничні умови в електромагнітному полі. Баланс енергії електромагнітного поля. Вектор Пойтинга. Теорема Умова – Пойтинга. Електродинамічні потенціали. Рівняння Максвелла в комплексній формі запису. Рівняння електромагнітного поля в провідному середовищі. Плоскі електромагнітні хвилі. Поверхневий ефект. | ЛК: № 14,15 ПЗ: № 14, 15 | М 3, с. 78-106 | – | – | – | – | – | Л 4, с. 139-274 | О. за КП під час тестування |

РОЗДІЛ 5

ЗАДАЧІ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

Нижче наведені типові задачі, які дозволяють глибше вивчити теоретичний матеріал.

ЗАДАЧА № 1

за ЗМ 1 «Лінійні електричні 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.

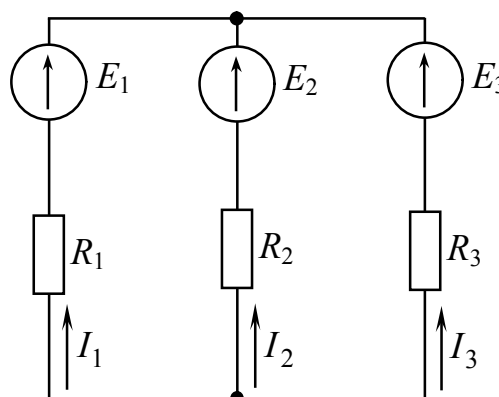


Рисунок 1 – Схема досліджуваного кола

ЗАДАЧА № 2

за ЗМ 2 «Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму»

До затискачів однофазного кола з параметрами $X_L^{(1)} = 50$ Ом, $X_C^{(2)} = 40$ Ом, $R = 50$ 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).

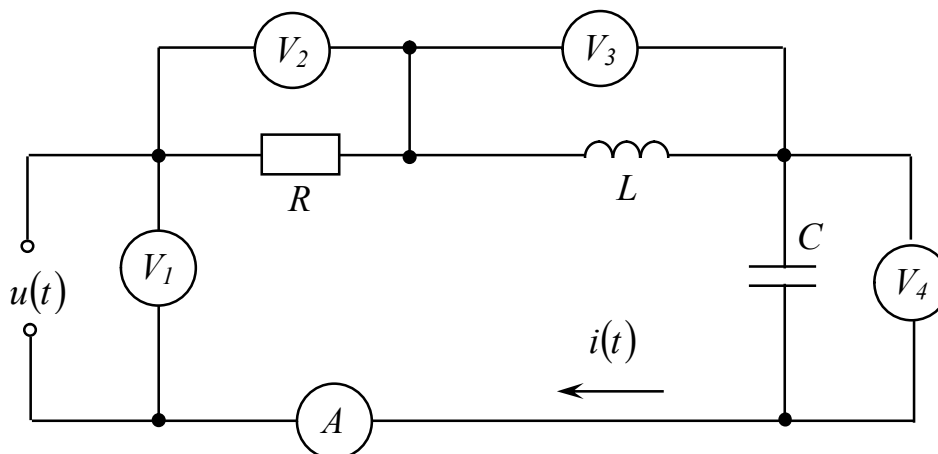


Рисунок 2 – Схема досліджуваного кола

ЗАДАЧА № 3

за ЗМ 2 «Лінійні електричні кола однофазного синусоїдного струму»

У розгалуженому колі на вході – синусоїдна напруга:
 $u = 10 \cdot \sin\left(\omega \cdot t + 90^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ}\right)$, В. Частота мережі $f = 50$ Гц. 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.

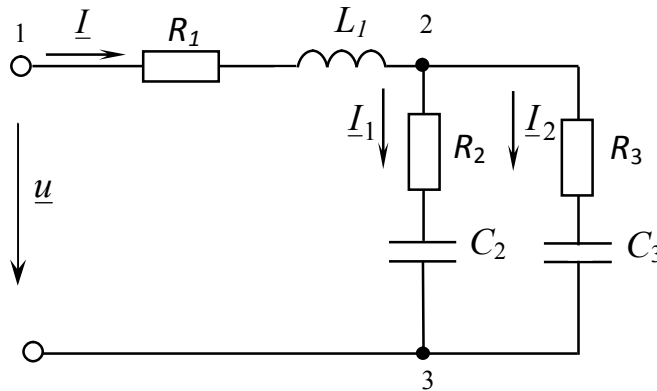


Рисунок 3 – Схема досліджуваного кола

ЗАДАЧА № 4

за ЗМ 3 «Лінійні електричні кола періодичного змінного струму»

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: $\underline{Z}_\phi^{(1)} = (15 - j \cdot 15)$ Ом, $\underline{Z}_0^{(1)} = j \cdot 2$ Ом. Знайти покази приладів електродинамічної системи.

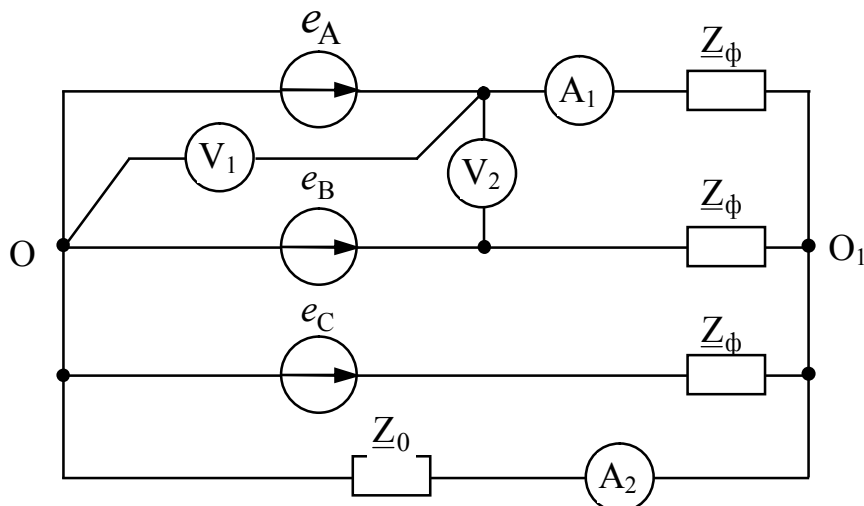


Рисунок 4 – Схема досліджуваного кола

ЗАДАЧА № 5

за ЗМ 4 «Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах»

В розгалуженому електричному колі на рисунку 5 з параметрами $L = 0,1$ Гн, $R_1=R_2=R_3=4$ Ом, $E=12$ В при замиканні ключа K відбувається перехідний процес. Визначити: струми $i(t)$, $i_1(t)$, $i_2(t)$ класичним методом; струм $i(t)$ операторним методом.

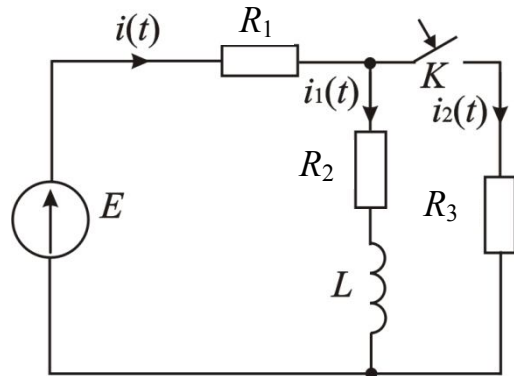


Рисунок 5 – Схема досліджуваного кола

ЗАДАЧА № 6

за ЗМ 6 «Нелінійні електричні і магнітні кола»

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

| | | | | | | |
|---------------|---|---|---|----|----|----|
| I, A | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| U, B | 0 | 4 | 9 | 15 | 23 | 35 |

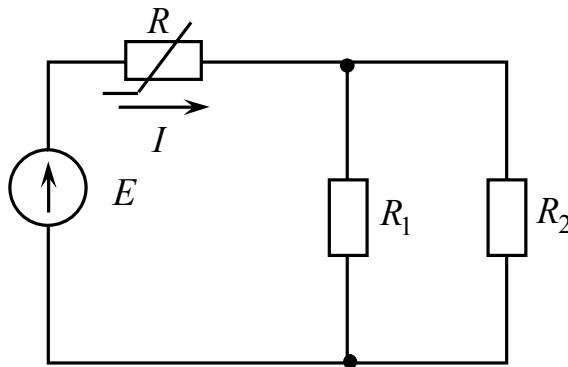


Рисунок 6 – Схема досліджуваного кола

ЗАДАЧА № 7

за ЗМ 7 «Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами»

Трифазна лінія передачі електроенергії довжиною $l=900$ км працює при напрузі $U_{\text{л}}=400$ кВ й частоті $f=50$ Гц. Первинні параметри лінії: $R_0 = 0,8$ Ом/км; $L_0 = 1,336 \cdot 10^{-3}$ Гн/км; $C_0 = 8,6 \cdot 10^{-9}$ Ф/км. Втрати P_0 у ізоляції та на корону складають 2000 Вт/км.

Визначити вторинні параметри, довжину хвилі та фазову швидкість.

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 **82 – 89** 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 **74 – 81** 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 **64 – 73** 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 **60 – 63** 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 **35 – 59** 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 **34** включно балів; не володіє основним програмним матеріалом; не розв'язує практичну задачу; навички роботи з ЕОМ слабкі.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

Основні джерела

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи : учебник / Л. А. Бессонов. – М. : Гардарики, 2002. – 640 с.
2. Основы теории цепей : учебник / [Г. В. Зевеке, П. А. Ионкин, Н. Н. Нетушил та ін]. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
3. Паначевний Б. І. Загальна електротехніка. Теорія і практикум : підручник. / Б. І. Паначевний, Ю. Ф. Свергун. – Київ : Каравела, 2004. – 440 с.
4. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учебник / Л. А. Бессонов. – М. : Гардарики, 2001. – 317 с.
5. Перхач В. С. Теоретична електротехніка. Лінійні кола : підручник / В. С. Перхач. – Київ : Вища школа, 1992. – 439 с.
6. Рибалко М. П. Теоретичні основи електротехніки. Лінійні електричні кола : підручник. / Рибалко М. П., Есауленко В. О., Костенко В. І. – Донецьк : Новий світ, 2003 – 513 с.
7. Шебес М. Р. Задачник по теории линейных электрических цепей. / М. Р. Шебес, М. В. Каблукова. – М. : Высшая школа, 1990. – 544 с.
8. Воробкевич А. Ю. Збірник задач з теоретичних основ електротехніки : навч. посібник: / А. Ю. Воробкевич, О. І. Шегедін. – Київ : Магнолія плюс, 2004. – ч. 1. – 224 с.

Методичне забезпечення

1. Текст лекцій з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», частина I (для студентів усіх форм навчання напрямків 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології», 6.050702 – «Електромеханіка») / Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова, Н. О. Сабалаєва – Харків : ХНАМГ, 2015. – 79 с.
2. Форкун Я. Б. Конспект лекцій з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», частина II : для студентів усіх форм навчання напрямків 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, 6.050702 – Електромеханіка та спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова, Н. О. Сабалаєва ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 105 с.
3. Форкун Я. Б. Текст лекцій з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», частина III : для студентів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології» / Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 115 с.

4. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт за темами «Лінійні електричні кола постійного та синусоїдного струму» з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 – Електротехніка та електротехнології і 6.050702 – Електромеханіка) / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. : Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 44 с.

5. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», ч. 2 (для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, 6.050702 – Електромеханіка та спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Я. Б. Форкун, М. Л. Глєбова, Н. О. Сабалаєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 60 с.

6. Методичні вказівки 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 напрямів 6.050701 «Електротехніка та електротехнології», 6.050702 «Електромеханіка») / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. : Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін; Г. В. Капустін - Харків : ХДАМГ, 2011. – 52 с.

7. Методичні вказівки 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 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології» і 6.050702 – «Електромеханіка») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Д. В. Тугай. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 80 с.

8. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» за темою «Розрахунок ємності та індуктивності ліній передачі» (для студентів всіх форм навчання напрямків 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології» і 6.050702 – «Електромеханіка») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. : Я. Б. Форкун, О. Ф. Білоусов, Д. В. Тугай. – Харків : ХНУМГ, 2013. – 32 с.

9. Методичні вказівки 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 - «Електромеханіка») / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад. : Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, С. М. Юрченко. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 42 с.

10. Методичні вказівки 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 - «Електромеханіка») / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. : Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, С. М. Юрченко. – Харків.: ХНАМГ, 2008. – 42 с.

11. 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 – «Електромеханіка») / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва ; уклад. : Я. Б. Форкун, В. П. Самошкін, Г. В. Капустін, Д. В. Тугай. – Харків : ХНАМГ, 2009. – 43 с.

12. Методичні вказівки 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 – «Електромеханіка») / Харків. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад. : Я. Б. Форкун, / Д. В. Тугай. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 47 с.

13. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» за змістовими модулями «Лінійні електричні кола періодичного змінного струму», «Розрахунок перехідних процесів в лінійних електричних колах», «Сталі процеси в нелінійних колах і методи їх розрахунку» (для студентів усіх форм навчання напрямів 6.050701 – Електротехніка та електротехнології», 6.050702 – Електромеханіка та спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова, Н. О. Сабалаєва. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 72 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки

до самостійного вивчення дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ»,

*(для студентів усіх форм навчання напрямів
6.050701 – Електротехніка та електротехнології,
6.050702 – Електромеханіка
та спеціальності*

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)

Укладачі: **ФОРКУН** Яна Борисівна,
ГЛІБОВА Марина Леонідівна,
САБАЛАЄВА Наталія Олегівна

Відповідальний за випуск *Я. Б. Форкун*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017, поз. 235 М

| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Підп. до друку 20. 04. 2016 р. | Формат 60*84/16 |
| Друк на ризографі | Ум. друк. арк. 2,2 |
| Зам. № | Тираж 50 пр. |

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rektorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014 р.