

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



МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до самостійного вивчення
навчальної дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 3»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання зі спеціальності*

*141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання»,
«Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2023

Методичні рекомендації до самостійного вивчення навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання», «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. – 27 с.

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

Рецензент

О. В. Сенецький, доктор технічних наук, доцент кафедри альтернативної електроенергетики та електротехніки Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою альтернативної електроенергетики та електротехніки, протокол № 13 від 29 червня 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ. МІСЦЕ ДИСЦИПЛІНИ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ.....	6
2 МОДУЛЬ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 3».....	7
2.1 Змістовий модуль 1 Нелінійні електричні і магнітні кола.....	8
Контрольні запитання.....	9
2.2 Змістовий модуль 2 Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами	10
Контрольні запитання.....	11
2.3 Змістовий модуль 3 Основи теорії електромагнітного поля.....	12
Контрольні запитання.....	14
3 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ.....	16
4 ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ	18
5 ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ.....	19
6 ЗАДАЧІ ДО САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ.....	23
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	25

ВСТУП

Підвищення якості підготовки здобувачів вищої освіти тісно пов'язане з вдосконаленням самостійної роботи студентів у період навчання. Треба відзначити, що роль самостійної роботи студентів, обсяг якої становить близько 60 % від загального обсягу годин, необхідних для вивчення дисципліни, суттєво зросла у зв'язку із долученням України до Болонського процесу та переходом на кредитно-модульну систему освіти. Крім того, під час використання дистанційної форми навчання ще більше зростає необхідність постійного аналізу організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти, її форм та методів, ефективності реалізації.

Дисципліна «Теоретичні основи електротехніки» є базовою для студентів усіх форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Студенти освітніх програм «Електротехнічні системи електроспоживання» (далі – ЕСЕ), «Світлотехніка та дизайн світлового середовища» (далі – СДС), «Електромеханіка» (далі – ЕМ), «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії» (далі – НВДЕ) протягом двох семестрів вивчають, відповідно, першу та другу частини дисципліни ТОЕ. В свою чергу, навчальними планами для освітніх програм ЕСЕ та НВДЕ передбачено вивчення третьої частини дисципліни «Теоретичні основи електротехніки» (далі – ТОЕ).

Ці методичні рекомендації підготовлені на основі робочої програми дисципліни «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» для зазначених освітніх програм і дозволять ще більшою мірою інтенсифікувати навчальний процес, врахувати сучасні тенденції розвитку вищої освіти, для якої характерно перенесення центру ваги в навчанні на самостійну роботу студентів.

Розподіл загального обсягу навчальної роботи студента у межах семестру за типом навчальної роботи для денної та заочної форм навчання відповідно до навчальних планів 2023–2024 н. р. наведено у таблиці 1. Але треба мати на увазі, що в майбутньому можливі деякі зміни зазначених у таблицях цифр, про що викладач повідомляє студентам у робочому порядку.

Таблиця 1 – Розподіл обсягу навчальної роботи студента

Освітні програми	Всього кредитів / годин	Семестри	Години					
			Аудиторні	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Самостійна робота (у тому числі диференційований залік, далі – ДЗ)	
Денна форма навчання								
ЕСЕ, НВДЕ	4 / 120	5 (3)	60	30	16	14	60 (15)	
Заочна форма навчання								
світні програми	Всього кредитів / годин	Семестри	Години					
			Аудиторні	Лекції	Практичні заняття	Лабораторні роботи	Самостійна робота, у тому числі	
ЕСЕ, НВДЕ	4 / 120	5	12	4	4	4	Контрольна робота	Диференційований залік
							30	15
							108	

Дисципліна «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» відноситься до обов'язкової частини освітньо-професійних програм «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії», затверджених в 2021 році, і викладається в п'ятому або третьому (для студентів прискореної форми навчання) семестрах.

Обсяг дисципліни становить 4 кредити ЄКТС (120 годин).

1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ, ЇЇ МІСЦЕ В СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНІЙ СХЕМІ ПІДГОТОВКИ БАКАЛАВРА

Метою викладання навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» є опанування фундаментальними поняттями, теорією й методологією сучасної теоретичної електротехніки; засвоєння фундаментальних знань, що є необхідною базою для подальшого вивчення різних електротехнічних дисциплін, формування наукового світогляду та електротехнічної культури студентів, безпосередньо пов'язаної з їх фахом.

Вивчення цієї дисципліни базується на таких дисциплінах: «Загальна фізика», «Вища математика», «Електротехнічні матеріали», «Теоретичні основи електротехніки. Частина 1, 2». Своєю чергою, відповідно до структурно-логічної схеми у формі графа, що представлена у вказаних вище освітньо-професійних програмах, дисципліна передує дисциплінам «Спеціальні електричні машини», «Техніка високих напруг» тощо.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- *знати* основні закони та методи розрахунку нелінійних кіл постійного та змінного струму;
- *вміти* проводити розрахунок електричних кіл з розподіленими параметрами та аналізувати процеси в них;
- *знати* основи теорії електромагнітного поля, в якій розглядаються електромагнітні явища у нерухомих ізотропних середовищах;
- *вміти* раціонально обирати необхідний метод з переліку існуючих для дослідження і розрахунку електромагнітних полів;
- *мати* здатність до розв'язання практичних задач електропостачання промислових підприємств та вміти коректно інтерпретувати одержані після розрахунків результати;
- *мати певні компетентності*, а саме: здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг, із роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу, з проблемами виробництва, передачі та розподілення електричної енергії.

2 МОДУЛЬ «ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 3»

Модуль «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» містить три змістові модулі (далі – ЗМ):

- ЗМ1 Нелінійні електричні і магнітні кола;
- ЗМ2 Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами;
- ЗМ3 Основи теорії електромагнітного поля.

Кожний змістовий модуль містить декілька тем. Нумерація тем в межах модуля наскрізна, як і в робочій програмі дисципліни. Упродовж вивчення цього модуля передбачаються для денної форми навчання лекції (2 години на тиждень); практичні заняття (1 година на тиждень); лабораторні заняття (1 година на тиждень), самостійна робота (60 годин на семестр, що містить 15 тижнів). Для студентів заочної форми навчання передбачена контрольна робота. Форма підсумкового контролю – диференційований залік.

Таблиця 2 – Структура модуля і розподіл часу

Змістові модулі	Кількість годин				
	усього	лекції	практичні заняття	лабораторні заняття	самостійна робота
Денна форма навчання					
МОДУЛЬ (семестр 5 (3))	120	30	16	14	60
Змістовий модуль 1	30	10	6	8	16
Змістовий модуль 2	45	10	6	6	23
Змістовий модуль 3	30	10	4	–	16
Підсумковий контроль (ДЗ)	15	–	–	–	15
Заочна форма навчання					
МОДУЛЬ (семестр 5)	120	4	4	4	108
Змістовий модуль 1	30	2	1	2	25
Змістовий модуль 2	30	1	2	2	25
Змістовий модуль 3	15	1	1	–	13
Індивідуальне завдання	30	–	–	–	30
Підсумковий контроль ДЗ)	15	–	–	–	15

2.1 Змістовий модуль 1 Нелінійні електричні і магнітні кола

У ЗМ 1 передбачено вивчення двох тем.

Тема 1 «Основні властивості і методи розрахунку нелінійних електричних і магнітних кіл при постійних струмах і напругах» розглядає наступні питання (6 годин лекцій):

- визначення та основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму;
- графоаналітичний метод розрахунку при послідовному, паралельному і змішаному з'єднанні елементів;
- розрахунок нелінійного кола з двома вузлами;
- статичний та диференціальний 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.

Тема 2 «Аналіз сталих процесів у колах змінного струму з нелінійними елементами» розглядає наступні питання (4 години лекцій):

- загальні властивості нелінійних елементів при змінному струмі;
- апроксимація нелінійних вольт-амперних характеристик (далі – ВАХ) графоаналітичним методом трьох ординат та ступеневим поліномом;
- кусково-лінійна апроксимація;
- одно- й двопівперіодне випрямлення змінного струму;
- ферорезонанс напруги та струму.

Після вивчення матеріалу ЗМ 1 студент повинен відповісти на наведені нижче контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Охарактеризуйте основні властивості нелінійних електричних кіл постійного струму.
2. Поясніть, як проводять розрахунок нелінійних кіл постійного струму графоаналітичним методом: при послідовному, паралельному і змішаному з'єднанні елементів.
3. У чому полягає розрахунок нелінійного кола з двома вузлами?
4. Що таке статичний та диференціальний опори нелінійних елементів?
5. Охарактеризуйте порядок заміни нелінійного елемента лінійним опором і джерелом електрорушійної сили (далі – ЕРС).
6. Охарактеризуйте області практичного застосування нелінійних елементів постійного струму.
7. Наведіть основні поняття та закони магнітних кіл.
8. У чому полягає розрахунок нерозгалуженого магнітного кола при постійному струмі?
9. У чому полягає розрахунок розгалуженого магнітного кола при постійному струмі?
10. Охарактеризуйте властивості нелінійних елементів при змінному струмі.
11. Як проводять апроксимацію нелінійних вольт-амперних характеристик графоаналітичним методом трьох ординат?
12. Як проводять апроксимацію нелінійних вольт-амперних характеристик ступеневим поліномом?
13. Охарактеризуйте кусково-лінійну апроксимацію.
14. Що таке ферорезонанс напруги та струму?

2.2 Змістовий модуль 2 Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами

У ЗМ 2 передбачено вивчення двох тем.

Тема 3 «Лінії з розподіленими параметрами без втрат, без спотворень та при узгодженому навантаженні» розглядає наступні питання (6 годин лекцій):

- основні визначення, первинні параметри;
- диференціальні рівняння однорідної двопровідної;
- рівняння однорідної лінії при усталеному синусоїдному процесі;
- рівняння однорідної лінії в гіперболічних функціях;
- вторинні параметри однорідної лінії: коефіцієнт розповсюдження, хвильовий опір;
- визначення напруги та струму в будь якій точці лінії при відомих комплексах напруги та струму на початку лінії або при відомих напрузі та струму наприкінці лінії;
- характеристики лінії (фазова швидкість та довжина хвилі).

Тема 4 «Лінії з розподіленими параметрами без втрат, без спотворень та при узгодженому навантаженні» розглядає наступні питання (4 години лекцій):

- падаючі та відображені хвилі, коефіцієнт відбиття хвилі;
- лінія без спотворень;
- узгоджене навантаження: визначення напруги та струму при узгодженому навантаженні, коефіцієнт корисної при узгодженому навантаженні;
- лінія без втрат: визначення напруги та струму;
- вхідний опір в режимі холостого ходу та при короткому замиканні наприкінці лінії;
- застосування ліній без втрат;
- визначення електромагнітних хвиль, що стоять.

Після вивчення матеріалу ЗМ 2 студент повинен відповідати на нижче наведені контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення електричного та магнітного кола (лінії) з розподіленими параметрами.
2. Що таке однорідна лінія з розподіленими параметрами?
3. Що відносять до первинних параметрів однорідної двопровідної лінії?
4. Запишіть диференціальні рівняння однорідної двопровідної лінії.
5. Зробіть вивід рівнянь при усталеного режиму в однорідній лінії.
6. Як визначити напругу та струм в будь-якій точці ліній при відомих напрузі та струмі на початку лінії (рівняння в гіперболічній формі).
7. Як визначити напругу та струм в будь-якій точці ліній при відомих напрузі та струмі на кінці лінії (рівняння в гіперболічній формі).
8. Що відносять до вторинних параметрів однорідної двопровідної лінії?
9. Дайте визначення фазовій швидкості та довжині хвилі.
10. Дайте визначення вхідного опору лінії та коефіцієнта відбиття хвилі.
11. Охарактеризуйте однорідну лінію при узгодженому навантаженні.
12. Що таке лінія без втрат і де вона знаходить застосування?
13. Як визначають напругу та струм в лінії без втрат?
14. Де знаходить практичне застосування лінія без втрат?
15. Надайте визначення лінії без спотворень.
16. Що таке вхідний опір і як його визначають в режимі холостого ходу та при короткому замиканні наприкінці лінії?
17. Що таке падаючі та відображені електромагнітні хвилі та хвилі, що біжать, стоять?

2.3 Змістовий модуль 3 Основи теорії електромагнітного поля

У ЗМ 3 передбачено вивчення трьох тем.

Тема 5 «Електростатичне поле» розглядає наступні питання (4 години лекцій):

- закон Кулона;
- напруженість електричного поля;
- електричне поле об'ємного, поверхневого та лінійного заряду;
- лінії вектора напруженості (\vec{E}), потік вектора, 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;

Тема 6 «Електричне і магнітне поле постійного струму» розглядає наступні питання (3 години лекцій):

- електричний струм у провідному середовищі, густина електричного струму;
- закони Ома і Джоуля-Ленца в диференціальній формі, 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 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 взаємоіндуктивність, енергія магнітного поля.

Тема 7 «Електричне і магнітне поле змінного струму» розглядає наступні питання (3 години лекцій):

– визначення змінного електромагнітного поля, струм зсуву;

– рівняння неперервності змінного струму, електричний струм у провідному середовищі, густина електричного струму;

– перше та друге рівняння Максвелла, повна система рівнянь Максвелла;

– граничні умови в електромагнітному полі;

– баланс енергії електромагнітного поля;

– вектор Пойнтінга, теорема Умова – Пойнтінга;

– електродинамічні потенціали;

– рівняння Максвелла в комплексній формі запису, теорема Умова – Пойнтінга в комплексній формі;

– рівняння електромагнітного поля в провідному середовищі;

– плоскі електромагнітні хвилі;

– поверхневий ефект.

Після вивчення матеріалу ЗМ 3 студент повинен відповісти на наведені нижче контрольні запитання.

Контрольні запитання

1. Надайте визначення електростатичного поля.
2. Сформулюйте закон Кулона.
3. Надайте визначення напруженості електростатичного поля.
4. Що таке об'ємний, поверхневий і лінійний заряди та електричне поле об'ємного, поверхневого і лінійного заряду?
5. Що таке лінії вектору напруженості, потік вектору напруженості, дивергенція вектору напруженості?
6. Сформулюйте теорему Гауса для однорідного середовища.
7. Що таке робота сил електричного поля, потенціал?
8. Наведіть зв'язок потенціалу з напруженістю поля.
9. Напишіть рівняння Пуассона та Лапласа.
10. Поясніть явище поляризації діелектриків.
11. Що таке вектор електричної індукції \vec{D} ?
12. Сформулюйте теорему Гауса в інтегральній формі та диференціальній формі для неоднорідного середовища.
13. Охарактеризуйте поле всередині провідного тіла в умовах електростатики.
14. Проаналізуйте граничні умови в електростатичному полі та умови на межі розподілу провідника та діелектрика.
15. Охарактеризуйте поле зарядженої осі, двопровідної лінії, наведіть поняття ємності.
16. Дайте визначення енергії електростатичного поля.
17. Що таке густина струму і струм в провідному середовищі?
18. Сформулюйте закон Ома, закони Кірхгофа та закон Джоуля-Ленца в диференціальній формі.
19. Наведіть зв'язок основних величин, які характеризують магнітне поле.
20. Напишіть закон повного струму в інтегральній та диференціальній формах.

21. Дайте визначення індукції магнітного поля, сформулюйте закон Біо – Савара.
22. Що таке скалярний та векторний потенціал магнітного поля?
23. Наведіть аналогію між електричним полем постійного струму й електростатичним полем.
24. Подайте формулювання магнітного потоку та його неперервності.
25. Охарактеризуйте сили магнітного поля, які діють на рухомий заряд та сили магнітного поля, що діють на провідник із струмом.
26. Що таке ротор векторної величини та вектор-потенціал магнітного поля?
27. Сформулюйте теорему Остроградського – Стокса.
28. Що таке намагнічування середовища та напруженість магнітного поля?
29. Надайте загальні відомості про індуктивність і взаємодуктивність.
30. Охарактеризуйте енергію магнітного поля.
31. Що таке граничні умови в магнітному полі?
32. Надайте визначення змінного електромагнітного поля.
33. Охарактеризуйте струм зсуву, наведіть рівняння неперервності змінного струму.
34. Сформулюйте перше та друге рівняння Максвелла.
35. Наведіть повну систему рівнянь Максвелла.
36. Охарактеризуйте граничні умови в електромагнітному полі.
37. В чому полягає баланс енергії електромагнітного поля?
38. Сформулюйте теорему Умова – Пойнтінга.
39. Охарактеризуйте електродинамічні потенціали.
40. Наведіть рівняння Максвелла в комплексній формі запису.
41. Наведіть рівняння електромагнітного поля в провідному середовищі.
42. Що таке плоскі електромагнітні хвилі?
43. В чому полягає поверхневий ефект та ефект близькості?
44. Проаналізуйте практичне застосування поверхневого ефекту у техніці.

3 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ І ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

Навчальними планами під час вивчення дисципліни передбачені лабораторні й практичні заняття. У таблицях 3 та 4 наведені теми практичних, лабораторних занять і кількість аудиторних годин, що заплановані на них для денної форми навчання.

Таблиця 3 – Теми практичних занять

Тема	Зміст (план)	Кількість ауд. годин
1	2	3
Модуль Теоретичні основи електротехніки. Частина 3		
Змістовий модуль 1 Нелінійні електричні і магнітні кола		
Тема 1 Основні властивості і методи розрахунку нелінійних електричних і магнітних кіл при постійних струмах і напругах	Методи розрахунку нелінійних електричних і магнітних кіл при постійних струмах і напругах	4
Тема 2 Аналіз сталих процесів у колах змінного струму з нелінійними елементами	Розрахунок кіл змінного струму з нелінійними елементами	2
Змістовий модуль 2 Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами		
Тема 3 Основні поняття та рівняння електричного кола з розподіленими параметрами	Основні поняття, первинні та вторинні параметри, характеристики, рівняння кола з розподіленими параметрами	4
Тема 4 Лінії з розподіленими параметрами без втрат, без спотворень та при узгодженому навантаженні	Розрахунок лінії з розподіленими параметрами без втрат та лінії з розподіленими параметрами без спотворень	2

Продовження таблиці 3

1	2	3
Змістовий модуль 3 Основи теорії електромагнітного поля		
Тема 5 Електро-статичне поле	Закон Кулона. Напруженість електричного поля. Робота сил поля	2
Тема 6 Електричне і магнітне поле постійного струму Тема 7 Електричне і магнітне поле змінного струму	Електричний струм у провідному середовищі. Магнітний потік і його неперервність. Сили магнітного поля, які діють на заряд, що рухається та на провідник зі струмом. Повна система рівнянь Максвелла. Поверхневий ефект	2

Таблиця 4 – Теми лабораторних занять

Тема	Зміст (план)	Кількість ауд. годин
1	2	3
Модуль Теоретичні основи електротехніки. Частина 3		
Змістовий модуль 1 Нелінійні електричні і магнітні кола		
Тема 1 Основні властивості і методи розрахунку нелінійних електричних і магнітних кіл при постійних струмах і напругах	Інструктаж з правил техніки безпеки в лабораторії теоретичних основ електротехніки. Лабораторна робота (далі – ЛР) № 1 – «Дослідження нелінійних кіл постійного струму»	4
Тема 2 Аналіз сталих процесів у колах змінного струму з нелінійними елементами	ЛР № 2 – Дослідження роботи нелінійних елементів в колах змінного струму: виконання, захист, розв’язання контрольного завдання до лабораторної роботи	4

Продовження таблиці 4

1	2	3
Змістовий модуль 2 Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами		
Тема 3 Основні поняття та рівняння електричного кола з розподіленими параметрами	ЛР № 3 – «Дослідження симетричного чотири-полюсника та лінії з розподіленими параметрами (довгої лінії)»	6

4 ТЕМАТИКА КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Навчальними планами перелічених у вступі освітніх програм для студентів заочної форми навчання в межах дисципліни (модуля) передбачено виконання контрольної роботи (індивідуального завдання), назва якої – «Розрахунок нелінійного електричного кола та магнітної нелінійної системи постійного струму».

Мета виконання – аналіз нелінійного електричного кола постійного струму та розрахунок магнітних нелінійних систем постійного струму, а саме:

- вивчення методики дослідження нелінійного електричного кола постійного струму;
- вивчення правил отримання результуючих вольт-амперних характеристик нелінійних елементів;
- оволодіння методами розрахунку нелінійних електричних кіл, а саме, графоаналітичним методом;
- вивчення методики розрахунку магнітних нелінійних систем постійного струму;
- оволодіння прийомами складання схеми заміщення магнітних нелінійних систем постійного струму;
- вивчення методики розрахунку графоаналітичним методом магнітних нелінійних систем постійного струму.

На виконання контрольної роботи програмою дисципліни виділяється 30 годин у межах самостійної роботи.

5 ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ТА МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ

При проведенні контролю якості отриманих знань у межах модуля передбачено:

– усне та письмове опитування під час захисту лабораторних робіт та контрольної роботи (для студентів заочної форми навчання) на основі контрольних запитань наведених у методичних рекомендаціях до виконання лабораторних робіт і до контрольної роботи;

– тестування за матеріалом кожного змістового модулю у віртуальному освітньому середовищі на платформі MOODLE;

– письмовий контроль у вигляді контрольних робіт за матеріалом кожного змістового модуля;

– підсумковий контроль у вигляді диференційованого заліку, що проводиться у письмовій формі та забезпеченні комплектами залікових білетів та задач.

У таблиці 5 наведена структура навчальної дисципліни і розподіл балів.

Таблиця 5 – Структура навчальної дисципліни і розподіл балів

Змістові модулі	Максимальна кількість балів				
	Всього	Практичні заняття	Лабораторні заняття	сам. роб.	
				завдання	модульний контроль
МОДУЛЬ 1 (семестр 3 (5))	100				
Змістовий модуль 1	25	4	8	4	9
Змістовий модуль 2	25	4	8	3	10
Змістовий модуль 3	20	6	–	4	10
Підсумковий контроль	30	–	–	–	–

У таблиці 6 наведені види завдань, засоби контролю і максимальна кількість балів за них.

Таблиця 6 – Види завдань, засоби контролю і максимальна кількість балів

Види завдань та засоби контролю	Розподіл балів
1	2
Модуль «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3»	
Змістовий модуль 1	25
Лабораторна робота № 1 – проведення інструктажу з правил техніки безпеки в лабораторії теоретичних основ електротехніки. Виконання лабораторної роботи «Дослідження нелінійних кіл постійного струму»	2
Лабораторна робота № 2 – захист звіту з ЛР, усне опитування за теоретичними питаннями, наведеними в методичних рекомендаціях до ЛР	2
Лабораторна робота № 3 – виконання лабораторної роботи «Дослідження нелінійних елементів в колах змінного струму»	2
Лабораторна робота № 4 – захист звіту з ЛР, усне опитування за теоретичними питаннями, наведеними в методичних рекомендаціях до ЛР	2
Практичне заняття № 1 – усне опитування «Розрахунок нелінійного електричного кола методом еквівалентного генератора»	2
Практичне заняття № 2 – письмове опитування «Властивості нелінійних елементів при змінному струмі. Апроксимація нелінійних характеристик»	2
Завдання до самостійної роботи ЗМ1 – виконання письмового індивідуального завдання «Розрахунок магнітної нелінійної системи постійного струму»	4
Модульний контроль ЗМ1 – тестування у віртуальному освітньому середовищі на платформі MOODLE	9
Змістовий модуль 2	25
Лабораторна робота № 5 – виконання лабораторної роботи «Дослідження симетричного чотириполюсника та лінії з розподіленими параметрами (довгої лінії)»: визначення коефіцієнтів чотириполюсника	2

Продовження таблиці 6

1	2
Лабораторна робота № 6 – виконання лабораторної роботи «Дослідження симетричного чотириполюсника та лінії з розподіленими параметрами (довгої лінії)»: визначення опорів чотириполюсника в режимі холостого ходу та короткого замикання	1
Лабораторна робота № 7 – виконання лабораторної роботи «Дослідження симетричного чотириполюсника та лінії з розподіленими параметрами (довгої лінії)»: дослідження лінії з розподіленими параметрами	2
Лабораторна робота № 8 – захист звіту з ЛР, усне опитування за теоретичними питаннями, наведеними в методичних рекомендаціях до лабораторних робіт	3
Практичне заняття № 3 – усне опитування «Первинні та вторинні параметри лінії з розподіленими параметрами»	2
Практичне заняття № 4 – письмове опитування «Характеристики однорідної лінії. Коефіцієнт відбиття хвилі»	2
Завдання до самостійної роботи ЗМ2 – оформлення звіту з ПЗ «Розрахунок хвильового опору та постійної розповсюдження лінії з розподіленими параметрами»	3
Модульний контроль ЗМ2 – виконання письмового індивідуального завдання «Дослідження лінії з розподіленими параметрами»	10
Змістовий модуль 3	20
Практичне заняття № 7 – усне опитування за теоретичним матеріалом «Електростатичне поле»	3
Практичне заняття № 8 – письмове опитування «Електричне та магнітне поле постійного струму»	3
Завдання до самостійної роботи ЗМ3 – виконання письмового індивідуального завдання	4
Модульний контроль ЗМ3 – тестування за ЗМ3 «Основні рівняння і закони електромагнітного поля»	10

Закінчення таблиці 6

1	2
Підсумковий контроль – диференційований залік	30
Теоретичне питання № 1	8
Теоретичне питання № 2	8
Задача	14
Всього за модулем	100

У таблиці 7 наведена шкала оцінювання знань студентів.

Таблиця 7 – Шкала оцінювання знань студентів

100-бальна шкала	Рівень компетентності	Чотирибальна шкала
		диференційований залік
90–100	високий	відмінно
82–89	достатній	добре
74–81		
64–63	середній	задовільно
60–63		
35–59	низький	незадовільно

6 ЗАДАЧІ ДО САМОСТІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ

ЗАДАЧА № 1

за ЗМ 1 «Нелінійні електричні і магнітні кола»

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.

Таблиця 8 – Дані до побудови ВАХ нелінійного елемента

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

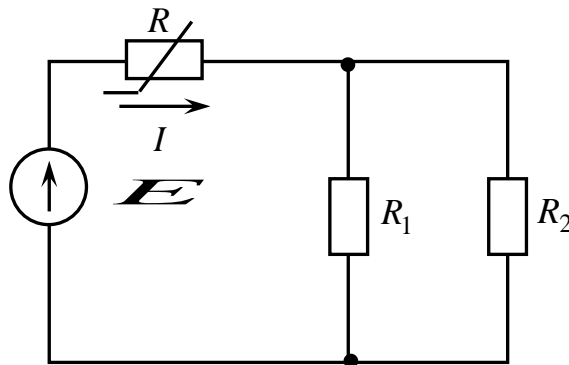


Рисунок 1 – Схема до задачі 1

ЗАДАЧА № 2

за ЗМ 2 «Лінійні електричні кола з розподіленими параметрами»

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

Визначити четвертий первинний параметр, вторинні параметри, довжину хвилі та фазову швидкість.

ЗАДАЧА № 3

за ЗМ 3 «Основи теорії електромагнітного поля»

Електричне поле створено двома точковими зарядами: $q_1 = 30$ нКл і $q_2 = -10$ нКл. Відстань d між зарядами дорівнює 20 см. Визначити напруженість електричного поля в точці А (рис. 2), що знаходиться на відстані $r_1 = 15$ см від першого і на відстані $r_2 = 10$ см від другого заряду.

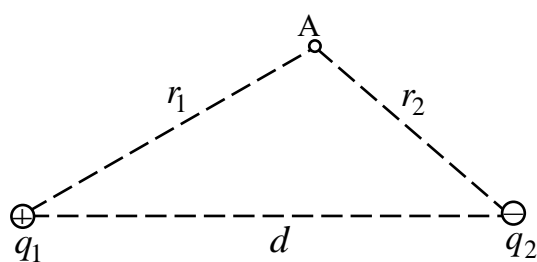


Рисунок 2 – Схема до задачі 3

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соколов С. В. Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ : навч. посіб. / С. В. Соколов, Л. Д. Писаренко, В. О. Журба ; за заг. ред. Г. С. Воробйова. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 393 с.
2. Збірник задач з теоретичних основ електротехніки : навчальний посібник для студентів електротехнічних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів / А. Ю. Воробкевич, В. С. Маляр, Р. Я. Совин, М. О. Соколовський, П. Г. Стахів, О. І. Шегедин; за редакцією А. Ю. Воробкевича, О. І. Шегедина. – Львів : Новий Світ-2000, 2020. – 224 с.
3. Карпов Ю. О. Теоретичні основи електротехніки. Електромагнітне поле : підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук ; за ред. проф. Ю. О. Карпова. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. – 338 с.
4. Маляр В. С. Теоретичні основи електротехніки. Електричні кола : навч. посіб. / В. С. Маляр. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 312 с.
5. Форкун Я. Б. Теоретичні основи електротехніки. Частина 1, 2. Теоретичні основи електротехніки. Частина 3 [Електрон. ресурс] : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 111 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61748/>, вільний (дата звернення: 12.07.2023). – Назва з екрана.
6. Форкун Я. Б. Текст лекцій з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» (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, 2013. – 115 с.
7. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,

освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання», «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії» [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 35 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61746/>, вільний (дата звернення: 26.07.2023). – Назва з екрана.

8. Методичні рекомендації до практичних занять з навчальних дисциплін «Теоретичні основи електротехніки. Частина 1, 2», «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти усіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, М. Л. Глебова. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 76 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61747/>, вільний (дата звернення: 18.07.2023). – Назва з екрана.

9. Методичні рекомендації до виконання контрольної роботи з навчальної дисципліни «Теоретичні основи електротехніки. Частина 3» за темою «Розрахунок нелінійного електричного кола та магнітної нелінійної системи постійного струму» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання», «Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії» [Електрон. ресурс] / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Я. Б. Форкун, О. Б. Єгоров. – Електрон. текст. дані. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 23 с. – Режим доступу: <https://eprints.kname.edu.ua/61745/>, вільний (дата звернення: 27.07.2023). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації

до самостійного вивчення
навчальної дисципліни

«ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ. ЧАСТИНА 3»

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
всіх форм навчання зі спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка,
освітні програми «Електротехнічні системи електроспоживання»,
«Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії»)*

Укладачі : **ФОРКУН** Яна Борисівна,
ГЛЄБОВА Марина Леонідівна

Відповідальний за випуск *Я. Б. Форкун*
За авторською редакцією
Комп'ютерне верстання *Я. Б. Форкун*

План 2023, поз. 206 М

Підп. до друку 03.08.2023. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 1,6.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.