

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Навчально-науковий інститут новітніх освітніх технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії

БІЛАК Василь Васильович

**Комплекс лабораторних робіт з дисципліни «Теорія
електричних та магнітних кіл» / Complex laboratory
works of the discipline "Theory of electric and magnetic
circuits"**

спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія
освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

Кваліфікаційна робота

Виконав: студент групи КІз-41
Білак Василь Васильович

Науковий керівник
к.т.н. Гураль І.В.

ТЕРНОПІЛЬ - 2025

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Комплекс лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» освітнього ступеня «бакалавр» містить 68 сторінок пояснюючої записки, 4 рисунки, 7 таблиць та 4 додатки. Обсяг графічного матеріалу 2 аркуші формату А3.

Мета роботи полягає у розробці методичного комплексу лабораторних робіт для дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл», що відповідає сучасним вимогам освіти та сприяє підвищенню ефективності навчального процесу у підготовці майбутніх фахівців з комп'ютерної інженерії.

Методи дослідження включають аналіз науково-методичної літератури, порівняльний аналіз існуючих підходів до організації лабораторних занять, проєктування структури методичних матеріалів, педагогічний експеримент, анкетування здобувачів вищої освіти щодо зручності та ефективності використання запропонованого комплексу.

Зазначена кваліфікаційна робота присвячена питанням розробки структури та змісту лабораторних занять, адаптації їх до умов цифровізації освіти та застосування сучасних програмних засобів моделювання електричних процесів.

Результатом роботи є реалізований комплекс лабораторних робіт, що включає інструкції, електричні схеми, шаблони звітів, контрольні запитання та методичні рекомендації для студентів. Запропонований комплекс забезпечує практичну спрямованість навчання, розвиток інженерного мислення, набуття навичок аналізу та моделювання електричних кіл із використанням цифрових інструментів.

Ключові слова: МЕТОДИЧНИЙ КОМПЛЕКС, ЛАБОРАТОРНА РОБОТА, ЕЛЕКТРИЧНІ КОЛА, МАГНІТНІ КОЛА, КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ.

ANNOTATION

The qualification paper titled Complex laboratory works of the discipline «Theory of electric and magnetic circuits», specialty 123 «Computer Engineering», Bachelor's degree, contains 68 pages of explanatory note, 4 figures, 7 tables and 4 appendices. The graphical material volume is 2 A3-format sheets.

The purpose of the work is to develop a methodological complex of laboratory works for the discipline «Theory of electric and magnetic circuits» that meets modern educational standards and contributes to increasing the efficiency of the educational process in the training of future specialists in computer engineering.

The research methods include analysis of scientific and methodological literature, comparative analysis of existing approaches to organizing laboratory classes, designing the structure of methodological materials, pedagogical experiment, and student surveys regarding the usability and effectiveness of the proposed complex.

The thesis is devoted to the development of the structure and content of laboratory work, their adaptation to the conditions of education digitalization, and the application of modern software tools for simulating electrical processes.

As a result, a laboratory work complex has been developed, which includes instructions, electrical circuit diagrams, report templates, control questions, and methodological recommendations for students. The proposed complex ensures a practical orientation of training, development of engineering thinking, and acquisition of skills in analyzing and modeling electrical circuits using digital tools.

Keywords: METHODOLOGICAL COMPLEX, LABORATORY WORK, ELECTRICAL CIRCUITS, MAGNETIC CIRCUITS, COMPUTER ENGINEERING.

ЗМІСТ

Вступ.....	9
1 Аналіз структури та змісту дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл»	11
1.1 Значення дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» у підготовці фахівців з комп'ютерної інженерії.....	11
1.2 Аналіз існуючих методичних підходів та структури лабораторних робіт	15
1.3 Вимоги до методичного забезпечення лабораторних занять.....	17
2 Проектування методичного комплексу лабораторних робіт	22
2.1 Визначення структури та змісту методичного комплексу	22
2.2 Використання програмного забезпечення у навчальному процесі	26
2.3 Індивідуальні завдання до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи студентів.....	28
3 Рекомендації щодо виконання лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл».....	32
3.1 Завдання та приклад виконання лабораторної роботи №2	32
3.2 Завдання та приклад виконання лабораторної роботи №3	37
3.3 Завдання та приклад виконання лабораторної роботи №10	41
Висновки.....	48
Список використаних джерел	50
Додаток А Світлокопія публікації.....	53
Додаток Б Взаємозв'язок «Теорії електричних та магнітних кіл» з іншими дисциплінами. Схема структурна.....	57
Додаток В Комплекс лабораторних робіт. Схема структурна.....	58
Додаток Г Техніко-економічне обґрунтування розробки комплексу лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл»	59

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасні вимоги до підготовки фахівців з комп'ютерної інженерії висувають необхідність удосконалення методичного забезпечення навчального процесу, особливо в частині фундаментальних дисциплін, таких як «Теорія електричних та магнітних кіл». Ця дисципліна формує у студентів базові знання про електричні процеси, що є важливою складовою для розуміння функціонування електронних схем, мікропроцесорних систем, схем живлення та інших об'єктів комп'ютерної техніки.

Незважаючи на значну кількість друкованих та електронних ресурсів, проблема якісного методичного забезпечення лабораторних занять залишається актуальною. Особливо це стосується інтеграції сучасних програмно-апаратних засобів, які дозволяють моделювати електричні кола, здійснювати візуалізацію процесів та автоматизувати обробку результатів експериментів.

Актуальність роботи полягає у необхідності поєднання традиційних методик викладання дисципліни з новітніми цифровими технологіями, що відповідає сучасним викликам інженерної освіти. У контексті цифровізації освітнього середовища, а також переходу до змішаних і дистанційних форматів навчання, надзвичайно важливим є створення інноваційного, структуровано побудованого та інтерактивно орієнтованого методичного комплексу для практичної підготовки студентів. Розробка такого комплексу дозволить підвищити якість виконання лабораторних робіт, рівень засвоєння знань та сформувати інженерне мислення.

Об'єктом дослідження є процес методичного забезпечення лабораторних занять з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл». Предметом дослідження – розробка й впровадження методичного комплексу лабораторних робіт з урахуванням сучасних програмних засобів моделювання.

Метою даної бакалаврської роботи є розробка методичного комплексу лабораторних робіт для дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл», що

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

відповідає сучасним вимогам освіти та сприяє підвищенню ефективності навчального процесу у підготовці майбутніх фахівців з комп'ютерної інженерії.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати структуру і зміст дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» у вищій технічній освіті;
- розглянути сучасні підходи до організації лабораторного практикуму та типову структуру методичних матеріалів;
- визначити вимоги до методичного забезпечення лабораторних занять з урахуванням цифрових освітніх технологій;
- спроектувати структуру методичного комплексу та обґрунтувати доцільність використання програмного забезпечення для вивчення дисципліни;
- розробити приклади завдань та індивідуальних робіт з лабораторного практикуму;
- надати методичні рекомендації до виконання робіт та оцінити результати апробації комплексу.

За результатами виконання роботи опубліковано тези доповіді на XII Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених «Інформаційні технології – 2025» [1]. Копії публікації наведено у додатку А.

Зазначена випускна кваліфікаційна робота складається з трьох розділів [2-6].

У першому розділі проаналізовано сучасне місце дисципліни у підготовці фахівців, розглянуто методичні підходи до її викладання та сформульовано вимоги до методичного забезпечення лабораторного курсу.

У другому розділі детально описано процес проектування методичного комплексу, розроблено його структуру, вказано на переваги застосування спеціалізованого програмного забезпечення у навчальному процесі, а також подано приклади індивідуальних завдань.

Третій розділ присвячено рекомендаціям щодо виконання лабораторних робіт, демонструються приклади їх реалізації з коментарями та поясненнями, а також наведено результати впровадження комплексу у навчальний процес.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА ЗМІСТУ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ»

1.1. Значення дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» у підготовці фахівців з комп'ютерної інженерії

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій, цифрової трансформації промисловості, освіти й побуту, особливої актуальності набуває підготовка висококваліфікованих фахівців з комп'ютерної інженерії [7]. Цей напрям охоплює широке коло знань, що включають як програмні, так і апаратні аспекти функціонування обчислювальних систем. Однією з ключових складових підготовки таких фахівців є формування глибоких теоретичних і практичних знань з електротехнічних дисциплін, зокрема з «Теорії електричних та магнітних кіл» [8]. Зазначена дисципліна виконує роль концептуального містка між фізико-математичними основами інженерної діяльності та прикладними галузями, що оперують принципами побудови та аналізу електронних систем, схем керування, живлення, обробки сигналів тощо [9].

З огляду на міждисциплінарний характер комп'ютерної інженерії, дисципліна «Теорія електричних та магнітних кіл» є незамінною при формуванні інженерного мислення, логіки технічного аналізу, здатності до моделювання фізичних процесів, пов'язаних із передачею, трансформацією та обробкою електричної енергії й інформації [10]. Вивчення основ побудови електричних кіл, законів Кірхгофа, елементів колових рівнянь, методів аналізу перехідних і усталених процесів дозволяє студентам не лише оволодіти базовим апаратом опису електрофізичних явищ, а й усвідомити логіку побудови сучасних комп'ютерних систем на рівні електронних компонентів.

У підготовці інженера з комп'ютерної інженерії надзвичайно важливо забезпечити зв'язок між абстрактною математикою і практичними електротехнічними задачами [11]. У додатку Б наведено структурну схему

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

взаємозв'язку «Теорії електричних та магнітних кіл» з іншими дисциплінами. Як видно зі схеми, саме завдяки засвоєнню курсу «Теорія електричних та магнітних кіл» студент здобуває здатність застосовувати фундаментальні знання для аналізу простих та складних схем, побудованих на основі резистивних, індуктивних та ємнісних елементів, розуміє принципи роботи джерел напруги й струму, а також може оцінити вплив зовнішніх параметрів на роботу електричних пристроїв.

Особливу роль відіграє вивчення дисципліни в контексті проектування комп'ютерної техніки [12]. Процеси обробки сигналів у цифрових схемах нерозривно пов'язані з електричними процесами на входах і виходах логічних елементів. Для ефективного конструювання мікропроцесорних систем, систем на кристалі (SoC), програмованих логічних контролерів (PLC) та інших високотехнологічних пристроїв майбутній інженер повинен мати глибоке розуміння внутрішньої електричної структури відповідних апаратних модулів [13]. Саме знання, здобуті в межах курсу, дозволяють зменшити кількість помилок на етапі проектування, провести попередню оцінку поведінки системи, здійснити аналіз надійності електричних з'єднань і компонентів.

Значення дисципліни також проявляється у підготовці до роботи з вимірювальними приладами та лабораторним обладнанням [14]. Експериментальна складова, що передбачає виконання лабораторних робіт, сприяє формуванню в студентів навичок підключення електричних схем, проведення вимірювань напруги, струму, частоти, опору та інших характеристик, а також правильного оформлення результатів досліджень і аналітичного осмислення одержаних даних.

Оволодіння методами аналізу гармонічних коливань, резонансних явищ, переходів між сталими та нестаціонарними режимами є необхідною умовою для подальшого опанування дисциплін, пов'язаних із теорією автоматичного керування, електронікою, мікропроцесорною технікою.

Не менш важливою є роль дисципліни у формуванні навичок використання спеціалізованого програмного забезпечення. У межах вивчення курсу студенти

					КР.KI.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

знайомляться з такими інструментами, як Multisim, LTSpice, MATLAB Simulink, які дозволяють візуалізувати процеси в електричних колах, моделювати складні схеми, проводити частотний та часовий аналіз без необхідності збирання реальних моделей [15]. Застосування таких засобів розширює інженерне уявлення студентів, дає змогу гнучко змінювати параметри схеми, вивчати особливості роботи віртуальних приладів, оцінювати ефективність тих чи інших схемних рішень. Ці навички є особливо затребуваними у сучасній інженерній практиці, де моделювання передуює фізичній реалізації проекту.

Варто також відзначити, що «Теорія електричних та магнітних кіл» є платформною дисципліною для ряду інших курсів, таких як «Основи електроніки», «Цифрова схемотехніка», «Мікроконтролери», «Мікропроцесорні системи», «Системи вбудованого керування», що формують фахову спеціалізацію майбутніх інженерів. Таким чином, недостатнє засвоєння матеріалу на початковому етапі значною мірою ускладнює подальше навчання та формування професійної компетентності.

Не менш важливим є той факт, що вивчення дисципліни сприяє розвитку загальноінженерної культури. Логіка побудови схем, принципи формування електричних ланцюгів, моделювання динамічних процесів вимагають від студента точності, уважності, послідовності у міркуваннях. Ці якості формують науковий підхід до вирішення прикладних задач, що є необхідною рисою сучасного інженера.

Значущість дисципліни також зумовлена актуальністю досліджень у сфері енергоефективності, впровадженням відновлюваних джерел енергії, електротранспорту та інших інноваційних технологій, де знання електричних та магнітних процесів є ключовими. Для фахівця з комп'ютерної інженерії, який займається розробкою систем моніторингу, аналізу енергоспоживання, або проектуванням вбудованих систем для керування енергетичними приладами, необхідність глибокого розуміння електричних процесів не викликає сумнівів.

					КР.KI.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

Окремо слід зупинитися на ролі дисципліни в контексті розвитку професійних компетентностей, сформульованих у Стандарті вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія». Згідно з вимогами стандарту першого (бакалаврського) рівня, випускник повинен мати здатність застосовувати знання з фундаментальних та інженерних наук, включаючи електротехніку, для вирішення прикладних задач комп'ютерної інженерії. У цьому контексті дисципліна «Теорія електричних та магнітних кіл» забезпечує реалізацію низки програмних результатів навчання, таких як здатність до побудови і аналізу електричних схем, здатність до використання комп'ютерного моделювання, здатність до технічного мислення та проектування.

Таким чином, вивчення дисципліни є не лише необхідним етапом професійного становлення студента, а й невід'ємною складовою формування його технічної, проектної та аналітичної компетентності. Забезпечення якісного викладання дисципліни та ефективного виконання лабораторних робіт є критично важливими для досягнення цілей освітньої програми та формування фахівця, здатного діяти в умовах технічної складності й інноваційності.

Отже, дисципліна «Теорія електричних та магнітних кіл» має фундаментальне значення у підготовці інженерів комп'ютерного профілю. Вона забезпечує знання, необхідні для розуміння функціонування апаратної частини комп'ютерних систем, формує практичні навички роботи з електричними схемами та приладами, розвиває інженерне мислення й створює основу для вивчення спеціалізованих дисциплін [16].

Враховуючи технологічний розвиток і зростання вимог до професійної підготовки, підвищення якості методичного забезпечення цієї дисципліни, зокрема через розробку сучасного лабораторного комплексу, є надзвичайно актуальним завданням вищої технічної освіти.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.2. Аналіз існуючих методичних підходів та структури лабораторних робіт

Методичне забезпечення викладання технічних дисциплін у закладах вищої освіти, зокрема дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл», є важливим чинником ефективного формування професійних компетентностей студентів [17]. Якість подачі теоретичного матеріалу, а також обґрунтована організація лабораторних робіт мають безпосередній вплив на рівень засвоєння навчального матеріалу, розвиток інженерного мислення та набуття практичних навичок [18].

Аналіз науково-педагогічної літератури та навчально-методичних матеріалів свідчить про наявність декількох основних підходів до викладання дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» [19]. Традиційно в українських технічних закладах застосовується класичний лекційно-практичний підхід, який передбачає почергове вивчення теоретичних основ, виконання контрольних завдань і проведення лабораторних досліджень з використанням базового електротехнічного обладнання. Такий формат є фундаментом для розуміння основ фізичних процесів і розвитку аналітичних здібностей. Однак із розвитком технологій та цифрових засобів навчання з'явилась потреба в оновленні підходів до організації освітнього процесу [20].

На сучасному етапі все більшого поширення набуває комп'ютерно-орієнтований підхід, який передбачає використання спеціалізованого програмного забезпечення (Multisim, LTSpice, MATLAB/Simulink, PSpice тощо) для моделювання електричних кіл, аналізу процесів у них, перевірки правильності обчислень та отримання візуалізованих результатів [21]. Цей підхід дозволяє істотно підвищити ефективність навчання завдяки інтерактивності, зручності в експериментуванні та можливості миттєвого аналізу змін параметрів. Він також є незамінним у випадках дистанційного або змішаного навчання, яке набуло особливої актуальності в період пандемії COVID-19.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

Іншим актуальним напрямом є впровадження елементів проблемно-орієнтованого навчання (Problem-Based Learning, PBL), в межах якого студенти розв'язують практико-орієнтовані завдання з розробки або вдосконалення електричних схем відповідно до заданих умов [22]. Такий підхід стимулює самостійну пізнавальну діяльність студентів, сприяє розвитку критичного мислення, навичок пошуку інформації та формулювання технічних рішень.

У низці закладів вищої освіти впроваджується кейс-метод (Case Study), коли навчальний процес базується на аналізі конкретних прикладів реальних або наближених до реальних технічних ситуацій. Це дозволяє студентам побачити практичну значущість вивчення дисципліни, сформувати системне уявлення про взаємозв'язок між теорією та реальними технічними завданнями. Особливо ефективним цей метод є під час проведення лабораторних занять, коли студентам пропонуються завдання з діагностування несправностей, оптимізації електричних схем, підбору елементної бази тощо [23].

Окремо слід відзначити тенденцію до інтеграції електронного навчання (e-learning) та дистанційних платформ у структуру дисципліни. Віртуальні лабораторії, онлайн-тренажери, відеоінструкції та симулятори дозволяють забезпечити безперервність освітнього процесу, зробити його доступним у будь-який час, а також створити умови для самостійного контролю знань [24]. Така форма навчання особливо ефективна для візуалізації складних фізичних процесів, які важко відтворити у межах звичайної аудиторної роботи.

Попри різноманітність методичних підходів, важливим елементом ефективного вивчення дисципліни залишається якісна організація лабораторного практикуму. Аналіз чинних програм, методичних рекомендацій та навчальних посібників дозволяє виокремити типову структуру лабораторних робіт, яка є загальноприйнятою в українських закладах вищої освіти та наведена у додатку Б. Як правило, кожна лабораторна робота містить наступні структурні компоненти.

1. Назва роботи – коротке формулювання суті дослідження, що визначає спрямованість експерименту.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

2. Мета роботи – вказівка на основні цілі, яких необхідно досягти під час виконання: засвоєння певного явища, освоєння методу аналізу, формування навички вимірювання тощо.

3. Перелік обладнання – вказівка на необхідні прилади, джерела живлення, вимірювальні пристрої, з'єднувальні елементи.

4. Короткі теоретичні відомості – виклад основних законів, формул, принципів та понять, необхідних для виконання експерименту.

5. Схема дослідження або електрична схема – графічне зображення електричного кола, яке буде досліджуватись. Може містити варіанти або зміни конфігурацій.

6. Порядок виконання роботи – покроковий опис дій студента під час проведення лабораторного експерименту, включаючи збирання схеми, підключення приладів, проведення вимірювань, фіксацію результатів.

7. Таблиці для запису результатів – заздалегідь підготовлені шаблони для зручного внесення даних.

8. Обробка результатів – розрахунки, побудова графіків, порівняння теоретичних і практичних результатів.

9. Контрольні запитання – набір запитань для перевірки теоретичних знань та розуміння проведеної роботи.

10. Висновки – короткий підсумок результатів експерименту з аналізом отриманих даних.

Така структура забезпечує логічну послідовність навчального процесу, сприяє кращому розумінню матеріалу та створює умови для формування аналітичних здібностей. Разом з тим, при використанні новітніх технологій доцільним є доповнення традиційної структури інтерактивними елементами: QR-кодами на відеоінструкції, електронними формами звітності, тестовими перевітками з автоматичним зворотним зв'язком, індикаторами прогресу студента тощо.

					КР.KI.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

Слід зазначити, що ефективність лабораторного практикуму залежить не лише від його структури, а й від рівня адаптованості до потреб сучасного студента, який активно використовує цифрові ресурси та звик до мультимедійної взаємодії. Відтак, одним із важливих напрямів модернізації методичного забезпечення дисципліни є розробка методичних комплексів лабораторних робіт, які б поєднували класичні інженерні підходи з новітніми освітніми технологіями.

Отже, сучасні методичні підходи до викладання дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» демонструють поступовий перехід від традиційних форм навчання до інтерактивних, комп'ютерно-орієнтованих та проблемно-орієнтованих моделей. Лабораторний практикум, як один із ключових елементів навчального процесу, повинен відповідати структурно-методичним вимогам і враховувати потреби цифрової генерації студентів. Це створює передумови для підвищення ефективності засвоєння матеріалу, розвитку практичних навичок і забезпечення професійної готовності випускників до вирішення реальних інженерних завдань.

1.3. Вимоги до методичного забезпечення лабораторних занять

У контексті модернізації вищої технічної освіти особливої уваги заслуговує якість методичного забезпечення лабораторних занять, що є невід'ємною складовою професійної підготовки майбутніх інженерів. Дисципліна «Теорія електричних та магнітних кіл» вимагає ретельного підходу до організації експериментальної складової, оскільки саме в процесі практичного виконання завдань формується здатність застосовувати теоретичні знання для розв'язання прикладних інженерних задач, розвиваються навички користування вимірювальними приладами, аналізу результатів та оформлення технічної документації [25].

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Методичне забезпечення лабораторних робіт повинно відповідати сучасним освітнім, науково-технічним та інформаційно-технологічним вимогам [26]. Передусім воно має бути адаптоване до рівня підготовки здобувачів вищої освіти, враховувати специфіку освітньої програми, професійні компетентності, визначені стандартом вищої освіти, а також тенденції розвитку інженерної галузі. Важливим критерієм якості методичних матеріалів є їхня структурована побудова, логічна послідовність викладення матеріалу, наочність та практична орієнтованість.

Відповідно до методичних рекомендацій Міністерства освіти і науки України, лабораторний практикум повинен мати чітко визначені цілі та результати навчання [27]. Кожна робота повинна сприяти формуванню певної компетентності: здатності до аналізу електричних кіл, володіння методами вимірювання, застосування електротехнічного програмного забезпечення, навичок моделювання тощо. У цьому контексті, методичне забезпечення повинно включати не лише алгоритм виконання експерименту, а й систему діагностики рівня досягнення цілей (контрольні запитання, тести, самоперевірку, інтерпретацію результатів тощо).

Обов'язковими компонентами якісного методичного забезпечення є:

- чітке формулювання мети лабораторної роботи;
- короткий теоретичний виклад матеріалу, необхідного для розуміння суті дослідження;
- інструкція з техніки безпеки (у разі роботи з електричними колами під напругою);
 - графічне зображення схеми дослідження (електрична схема);
 - покрокова методика виконання;
 - таблиці для фіксації результатів;
 - методичні вказівки для обробки отриманих даних;
 - приклад оформлення звіту;
 - контрольні запитання для підсумкової перевірки.

Ще одним важливим аспектом є доступність методичних матеріалів. З огляду на поширення дистанційного та змішаного навчання, методичне забезпечення повинно мати цифрову форму, бути придатним для завантаження на навчальні

					КР.KI.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

платформи (LMS), містити інтерактивні елементи: гіперпосилання, QR-коди, доступ до віртуальних лабораторій або онлайн-симуляторів [28]. Такі підходи сприяють підвищенню мотивації студентів і забезпечують більш гнучке управління освітнім процесом.

До методичного забезпечення також висуваються вимоги з точки зору педагогічної доцільності. Матеріали повинні сприяти розвитку самостійності студентів, формуванню їхньої здатності до самоконтролю, аналізу помилок і пошуку оптимальних рішень. Особливої уваги потребує рівень складності завдань: він має відповідати освітньому рівню бакалавра, але водночас викликати інтелектуальну зацікавленість і стимулювати пошукову активність.

Важливу роль у методичному забезпеченні відіграє актуальність прикладів та задач [29]. Лабораторні роботи повинні бути прив'язані до реальних технічних ситуацій, які виникають у практиці комп'ютерного інженера: аналіз схем живлення, цифрових перетворювачів, мікроконтролерних вузлів, систем захисту, електронних модулів передавання сигналів тощо. Це дозволяє не лише сформулювати практичні навички, а й розвивати системне інженерне мислення, вміння бачити зв'язок між фізичними процесами та технічними рішеннями.

Окремим критерієм є відповідність методичних матеріалів сучасним стандартам академічної доброчесності. Усі розрахунки, приклади та ілюстрації мають бути авторськими або містити посилання на джерела. Доцільним є також включення до комплексу переліку рекомендованої літератури, глосарію термінів, додаткових завдань для самостійної роботи [30].

Відповідно до принципів результатоорієнтованого навчання, методичне забезпечення має бути зорієнтоване на досягнення конкретних навчальних результатів. Кожна лабораторна робота повинна супроводжуватись чіткими індикаторами успішності: що саме студент має знати, вміти і продемонструвати після її виконання. Це дозволяє викладачеві ефективно контролювати процес навчання, а студентів – об'єктивно оцінити власні досягнення.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

Таким чином, методичне забезпечення лабораторних занять з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» повинно бути комплексним, інтерактивним, структурованим, доступним і практико-орієнтованим. Воно має не лише забезпечувати реалізацію навчальних цілей, а й бути інструментом підвищення ефективності освітнього процесу, розвитку компетентностей та професійної готовності студентів до майбутньої інженерної діяльності. Урахування наведених вимог є ключовим під час розробки сучасного методичного комплексу лабораторних робіт, проектування якого розглядатиметься у наступному розділі цієї роботи.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЄКТУВАННЯ МЕТОДИЧНОГО КОМПЛЕКСУ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

2.1. Визначення структури та змісту методичного комплексу

Проеєтування методичного комплексу лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» ґрунтується на системному підході до побудови навчального процесу, що включає логічно впорядковану сукупність змістових модулів, тем, форм навчальної активності та контрольних заходів. Основою для структурування змісту є поділ навчального матеріалу за рівнем складності, характером електричних процесів (усталені, перехідні, нелінійні режими), а також за логікою формування ключових інженерних компетентностей.

Методичний комплекс охоплює три змістові модулі, кожен з яких має певну навчальну спрямованість:

1. Змістовий модуль 1: Розрахунок усталеного режиму в лінійному електричному колі. Містить базові теми, що формують фундаментальні уявлення про будову, структуру та закони функціонування електричних кіл. Основна увага приділяється фізичним основам, термінології, законам Кірхгофа, методам розрахунку кіл постійного та синусоїдального струму, а також резонансним явищам у лінійних системах.

2. Змістовий модуль 2: Розрахунок перехідних процесів в лінійному електричному колі. Спрямований на опанування методів аналізу перехідних процесів, що виникають внаслідок змін у режимі роботи кола або при дії імпульсних та несинусоїдних сигналів. Значна увага приділяється темі фільтрації сигналів, аналізу чотириполюсників та застосуванню сучасних методів обробки електричних сигналів.

3. Змістовий модуль 3: Розрахунок нелінійних електричних та магнітних кіл. Присвячений вивченню специфіки функціонування кіл з нелінійними елементами, включаючи діоди, транзистори, магнітні компоненти та

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

трансформатори. Важливою є інтеграція теоретичних знань з практикою моделювання таких систем і дослідження їхніх режимів роботи.

Методичний комплекс базується на змішаній формі навчання, яка поєднує лекційні заняття, лабораторні роботи, індивідуальні завдання, тренінги, а також самостійну роботу студентів. Загальний обсяг навчального навантаження становить 150 годин, із яких:

- 28 годин – лекційні заняття, які подають теоретичний матеріал і готують студентів до практичного застосування знань;
- 28 годин – лабораторні роботи, спрямовані на розвиток навичок дослідження та експериментального аналізу;
- 3 години – індивідуальна робота, яка передбачає самостійне розв’язання задач і моделювання електричних схем;
- 8 годин – тренінги, що реалізують елементи інтерактивного навчання та дискусійних форм з розв’язання інженерних проблем;
- 83 години – самостійна робота студентів, яка охоплює підготовку до занять, вивчення рекомендованої літератури, виконання розрахунково-графічних завдань та підготовку до контрольних заходів.

Зміст кожної теми охоплює не лише теоретичний компонент, але й конкретизується через відповідні форми контролю: усне опитування, залікові модулі, ректорські контрольні роботи. Це дає змогу здійснювати поетапну перевірку знань і навичок студентів, а також забезпечує якісний зворотний зв’язок для подальшого коригування навчального процесу.

У таблиці 2.1 подано структурований опис залікового кредиту дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл».

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таблиці 2.1 – Структура залікового кредиту дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл»

	Кількість годин					Контрольні заходи
	Лекції	Лабораторні заняття	Індивідуальна робота	Тренінг	Самостійна робота	
Змістовий модуль 1. Розрахунок усталеного режиму в лінійному електричному колі						
Тема 1. Фізичні основи теорії електричних кіл	2		1	2	6	Опитування
Тема 2. Основні поняття електричного кола	4	4			8	Опитування
Тема 3. Розрахунок лінійних електричних кіл постійного струму	4	4			8	Опитування
Тема 4. Синусоїдальні кола змінного струму.	4	4			8	Опитування
Тема 5. Коливальний контур. Резонанс в електричних колах.	2	2			8	Заліковий модуль
Змістовий модуль 2. Розрахунок перехідних процесів в лінійному електричному колі						
Тема 6. Електричні кола з несинусоїдними напругами і струмами.	2	2	1	3	7	Опитування
Тема 7. Розрахунок параметрів чотириполюсника.	2	2			7	Опитування
Тема 8. Фільтри електричних сигналів.	2	2			7	Ректорська КР
Змістовий модуль 3. Розрахунок нелінійних електричних та магнітних кіл						
Тема 9. Нелінійні кола постійного струму	2	2	1	3	8	Опитування
Тема 10. Нелінійні електричні кола змінного струму.	2	2			8	Опитування
Тема 11. Трансформатори	2	2			8	Опитування
Разом	28	28	3	8	83	

У таблиці 2.2 наведено теми і мета до кожної розробленої лабораторної роботи.

Таблиця 2.2 – Теми та мета лабораторних робіт з використанням NI Multisim (Workbench)

№ лабораторної роботи	Тема лабораторної роботи	Мета роботи
1	Ознайомлення з програмним пакетом NI Multisim (Workbench)	Вивчення основних можливостей Multisim, засвоєння інтерфейсу, створення базових схем та запуск симуляції.
2	Послідовне з'єднання приймачів електроенергії. Закон Ома. Друге правило Кірхгофа	Дослідження кола з послідовним з'єднанням приймачів. Перевірка закону Ома та другого правила Кірхгофа.
3	Паралельне з'єднання приймачів електроенергії. Перше правило Кірхгофа	Аналіз паралельного з'єднання. Перевірка першого правила Кірхгофа для вузлів електричного кола.
4	Визначення параметрів кола змінного струму при послідовному з'єднанні R і L	Дослідження змінного струму в колі з активним та індуктивним опором. Аналіз фазових зсувів та опору.
5	Визначення параметрів кола змінного струму при послідовному з'єднанні R і C	Дослідження кола змінного струму з активним і ємнісним опорами. Визначення імпедансу та фазових характеристик.
6	Визначення роботи та потужності в колі змінного струму	Вимірювання активної, реактивної та повної потужності в синусоїдному колі змінного струму.
7	Послідовне з'єднання R, L, C. Резонанс напруг	Перевірка закону Ома при змінному струмі. Аналіз умов виникнення резонансу напруг у колі RLC.
8	Паралельне з'єднання L і C. Резонанс струмів	Дослідження паралельного з'єднання реактивних елементів. Вивчення умов виникнення резонансу струмів.
9	Дослідження RC-фільтрів низької частоти	Вивчення структури RC-фільтрів. Аналіз амплітудно-частотної характеристики та параметрів фільтрації.
10	Дослідження однофазного трансформатора	Визначення параметрів схеми заміщення однофазного трансформатора. Аналіз коефіцієнта трансформації та ККД.

Таким чином, структурна модель методичного комплексу забезпечує збалансоване поєднання теоретичної та практичної складових, охоплює широкий спектр форм роботи студентів, а також включає систему контролю, яка дозволяє об'єктивно оцінити рівень сформованості професійних компетентностей. Такий підхід створює передумови для ефективного засвоєння матеріалу, стимулює інтелектуальний розвиток здобувачів освіти та забезпечує відповідність

навчального процесу вимогам стандарту підготовки фахівців у галузі комп'ютерної інженерії.

2.2. Використання програмного забезпечення у навчальному процесі

Використання комп'ютерних технологій у процесі підготовки майбутніх інженерів є однією з провідних тенденцій сучасної технічної освіти. Особливої актуальності це набуває в дисциплінах, які вимагають моделювання фізичних процесів, побудови електричних схем і дослідження режимів їх функціонування. Враховуючи складність і багатокомпонентність електричних та магнітних кіл, ефективним інструментом для реалізації таких завдань є програмне середовище NI Multisim (Workbench).

NI Multisim – це спеціалізоване програмне забезпечення, розроблене для аналізу, проектування та моделювання аналогових, цифрових та змішаних електричних схем. Воно поєднує в собі візуальне середовище побудови схем і потужний симуляційний механізм, що базується на технології SPICE. У межах освітнього процесу дана програма дозволяє реалізувати не лише візуалізацію електричних процесів, а й проводити віртуальні експерименти, що значно розширює дидактичні можливості традиційного лабораторного практикуму.

У дисципліні «Теорія електричних та магнітних кіл» застосування Multisim є доцільним і виправданим з кількох причин. По-перше, програмне середовище дозволяє створювати і редагувати електричні схеми будь-якої складності, починаючи з базових лінійних кіл постійного струму й завершуючи багатокаскадними схемами з нелінійними компонентами, фільтрами, трансформаторами тощо. Це відповідає структурі лабораторного курсу, який включає дослідження різних режимів роботи електричних кіл.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

По-друге, Multisim надає користувачеві можливість здійснювати динамічне моделювання: запускати віртуальні вимірювання, виводити осцилограми, аналізувати часові діаграми, досліджувати частотні характеристики, що дозволяє глибше зрозуміти поведінку кола у різних умовах. Візуалізація процесів у режимі реального часу має значний педагогічний ефект, оскільки формує цілісне уявлення про електричні явища та дає змогу інтуїтивно досягнути логіку їх перебігу.

По-третє, програмне середовище забезпечує високу точність вимірювань та можливість оперативної перевірки гіпотез. Студент може змінювати параметри елементів кола, перемикає режими живлення, додавати або вилучати компоненти, спостерігаючи за зміною характеристик системи. Такий підхід стимулює дослідницьку діяльність, активізує пізнавальну активність і розвиває аналітичне мислення.

Окрім цього, середовище Multisim дозволяє імітувати роботу вимірювальних приладів – амперметра, вольтметра, осцилографа, частотоміра, ватметра, що імітує реальну роботу в лабораторії. Це особливо корисно для первинного ознайомлення студентів з практикою вимірювань перед виконанням завдань на реальному обладнанні, а також у разі проведення дистанційного навчання.

З дидактичної точки зору, використання Multisim дає змогу реалізувати індивідуальний підхід до навчання. Кожен студент має можливість працювати у власному темпі, багаторазово повторювати експерименти, перевіряти правильність виконання схеми, виявляти помилки та самостійно їх виправляти. Це сприяє формуванню відповідальності, самостійності та впевненості у власних знаннях.

У межах лабораторного курсу з дисципліни запропоновано розпочинати навчання саме з ознайомлення з програмним середовищем NI Multisim (лабораторна робота №1), де студенти отримують базові навички створення схем, підключення джерел живлення, монтажу віртуальних приладів та запуску моделювання. У наступних лабораторних роботах програмне забезпечення використовується як інструмент для виконання експериментів: побудова кола,

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

визначення струмів і напруг, спостереження резонансних явищ, моделювання поведінки трансформаторів, аналіз фільтрів тощо.

Важливо також відзначити, що використання Multisim дозволяє оптимізувати навчальний процес: скорочується час на підготовку та складання схем, мінімізуються помилки при з'єднанні елементів, відсутній ризик пошкодження обладнання. Програма також генерує візуальні звіти з результатами досліджень, що значно полегшує процес оцінювання.

Відповідно до вимог до методичного забезпечення лабораторного практикуму, кожна робота передбачає інтеграцію програмного забезпечення у структуру завдання. До складу методичних вказівок входять скріншоти програмного середовища, алгоритми роботи з основними інструментами, інструкції щодо створення схем, запуску симуляції та інтерпретації результатів.

Таким чином, використання NI Multisim (Workbench) у процесі реалізації лабораторного практикуму з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» є ефективним засобом підвищення якості навчання, розвитку інженерних навичок, формування експериментальних умінь та аналітичного мислення. Програмне середовище дає змогу реалізувати інноваційний підхід до викладання, адаптувати навчання до індивідуальних потреб здобувачів освіти та підвищити їхню мотивацію до вивчення технічних дисциплін.

2.3. Індивідуальні завдання до виконання лабораторних робіт та самостійної роботи студентів

У межах вивчення дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» важливим елементом є формування в студентів не лише теоретичних знань і практичних навичок, але й здатності до самостійного розв'язання прикладних інженерних задач. Саме тому у структуру методичного комплексу включено

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

індивідуальні завдання, виконання яких супроводжує лабораторні заняття, тренінги та самостійну роботу. Такі завдання сприяють розвитку проектного мислення, аналітичних здібностей, навичок застосування програмного забезпечення, зокрема NI Multisim, а також дозволяють підготувати студентів до виконання наскрізного навчального проекту.

Однією з ефективних форм індивідуальної діяльності є тренінг з проектування електричних схем, який проходить за наступною логікою, яка подана у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Організація та проведення тренінгу з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл

№п/п	Вид роботи	Порядок проведення тренінгу
1	Аналіз завдання на розробку електричної схеми	аналіз вхідних та вихідних параметрів електричного кола; постановка задачі; вибір структурної схеми; розробка функціональної схеми.
2	Розрахунок елементів електричної принципової схеми	- розрахунок елементів електричної принципової схеми; - вибір елементів.
3	Проектування електричної принципової схеми	вибір компонентів схеми; складання електричної принципової схеми (макетниця); перевірка правильності проекту за допомогою засобу та з допомогою NI Multisim
4	Перевірка роботоздатності електричної принципової схеми	вибір вимірювальних приладів; перевірка з проектованої електричної принципової схеми на стенді K2248.

Самостійна робота студентів, що охоплює підготовку до тренінгу та виконання наскрізного проекту, спрямована на поглиблене вивчення окремих тем дисципліни та розв'язання задач підвищеної складності. Завдання мають дослідницький характер, орієнтовані на практичне застосування знань, здобутих у межах лекцій, лабораторних робіт і комп'ютерного моделювання.

У таблиці 2.4 представлено перелік тем індивідуальних завдань для самостійного опрацювання студентами денної форми навчання.

Таблиця 2.4 – Самостійна робота студентів (підготовка наскрізного проєкту)

№ п/п	Тематика	Завдання
1	Добування електричної енергії з інших видів енергії.	Дослідити та описати різні методи перетворення механічної, теплової та хімічної енергії в електричну. Навести приклади, такі як гідроелектростанції, термоелектричні генератори та батареї. Описати переваги та недоліки кожного методу
2	Матричний метод розрахунку кіл постійного струму.	Розробити програму або алгоритм, що дозволяє розрахувати струми в усіх гілках складного електричного кола постійного струму, використовуючи матричний метод. Застосувати метод вузлових потенціалів для розрахунку.
3	Розрахунок трифазних кіл	
4	Матричний метод розрахунку кіл змінного струму	
5	Частотні характеристики послідовного та паралельного контурів.	Побудувати та проаналізувати частотні характеристики послідовного та паралельного RLC-контурів. Визначити частоти резонансу та описати вплив кожного елемента на загальну характеристику контуру.
6	Алгоритм розрахунку перехідних процесів операторним методом.	
7	Розрахунок кола при впливі ЕРС довільної форми.	
8	Коефіцієнти, що характеризують періодичну несинусоїдну криву	
9	Активні автономні та неавтономні багатополіусники.	
10	Розрахунок параметрів фільтрів операторним методом.	
11	Розрахунок розгалужених магнітних кіл.	
12	Метод малого параметра	
13	Схема заміщення лінійного трансформатора.	Провести розрахунки для визначення параметрів схеми заміщення за відомими характеристиками трансформатора (напруга, струм, потужність).
14	Усталений режим у довгій лінії без втрат, рівняння довгої лінії без втрат. Холостий хід у довгій лінії без втрат. Коротке замикання у довгій лінії без втрат.	

Такі завдання є частиною наскрізної освітньої стратегії, спрямованої на узагальнення та інтеграцію знань з різних розділів дисципліни. Виконання індивідуальної роботи передбачає активне використання комп'ютерного

модельовання, розрахункових методів, аналітичного мислення та вміння оформляти результати у вигляді звіту або презентації. Крім того, студентам пропонується демонстрація власних проектних рішень під час підсумкової захисту в межах тренінгу.

Таким чином, поєднання тренінгової діяльності, самостійної роботи та індивідуальних завдань забезпечує реалізацію результатноорієнтованого підходу до навчання, формує професійні компетентності та готує студентів до самостійної інженерної діяльності в умовах практичної роботи за фахом.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

З РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ ТА МАГНІТНИХ КІЛ»

3.1 Завдання та приклад виконання лабораторної роботи №2

У межах лабораторного комплексу значну увагу приділено дослідженню основних законів електротехніки на прикладі типових схем. Після ознайомчої лабораторної роботи №1, яка присвячена вивченню функціональних можливостей програмного забезпечення NI Multisim, наступним логічним кроком є виконання лабораторної роботи №2. Вона передбачає дослідження електричного кола з послідовним з'єднанням опорів. Практичне виконання цієї роботи дозволяє студентам закріпити теоретичні знання щодо закону Ома, другого правила Кірхгофа, а також набути навичок проведення вимірювань за допомогою реального лабораторного обладнання та інструментів комп'ютерного моделювання.

Назва роботи. Послідовне з'єднання приймачів електроенергії. Закон Ома. Друге правило Кірхгофа.

Мета роботи. Ознайомлення з особливостями функціонування електричного кола з послідовним з'єднанням елементів. Засвоєння закону Ома для ділянки та повного кола, другого правила Кірхгофа. Формування навичок вимірювання струму і напруги, розрахунку електричного опору, потужності та виконаної роботи, а також моделювання електричних схем у середовищі NI Multisim 11.0.

Перелік обладнання:

- комбінований прилад Ц4313 (ХММ2)
- мультиметри типу М830 (ХММ1, ХММ3, ХММ4, ХММ5)
- резистори R1, R2, R3
- джерело живлення К4822-2(Е), напруга -30 В
- з'єднувальні дроти
- програмне забезпечення NI Multisim 11.0

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		32

Короткі теоретичні відомості. У послідовному електричному колі всі елементи з'єднані так, що струм проходить через кожен з них один за одним. Усі елементи мають спільний струм (I), але напруга розподіляється між елементами пропорційно їхньому опору:

1) закон Ома для ділянки кола:

$$U=IR$$

2) закон Ома для повного кола (з джерелом ЕРС):

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{вн}} + R_1 + R_2 + \dots + R_n}$$

3) друге правило Кірхгофа – сума падінь напруг у замкненому контурі дорівнює сумі ЕРС:

$$\sum U_k = \sum \mathcal{E}_k$$

4) потужність кола:

$$P=UI=I^2R$$

5) робота за час t :

$$A=Pt$$

Схема дослідної установки. Послідовне з'єднання трьох резисторів (R_1 , R_2 , R_3) та вимірювальних приладів: амперметр (ХММ2) – для вимірювання струму,

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вольтметри (ХММ1, ХММ3, ХММ4, ХММ5) – для вимірювання напруги на елементах кола.

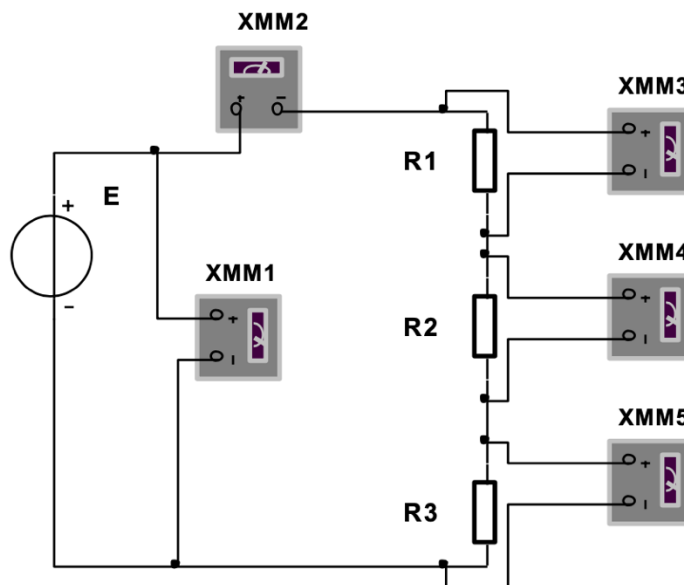


Рисунок 3.1 – Схема дослідної установки

Порядок виконання роботи.

- 1) Зібрати схему згідно з рисунком 3.1.
- 2) Увімкнути джерело живлення на -30 В.
- 3) Виміряти загальний струм у колі (ХММ2).
- 4) Виміряти напругу на кожному резисторі (ХММ3, ХММ4, ХММ5).
- 5) Занести всі виміряні дані до таблиці.
- 6) Розрахувати опір кожного резистора:

$$R_n = \frac{U_n}{I}$$

- 7) Перевірити виконання другого правила Кірхгофа.
- 8) Розрахувати потужність:

$$P = \frac{U^2}{R} = I^2 R$$

9) Визначити виконану роботу за 10 хв:

$$A = Pt$$

10) Повторити дослід у середовищі Multisim 11.0, провести симуляцію, звірити результати.

Результати проведення лабораторної роботи слід записувати у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати вимірювань, розрахунків і моделювання

	Результати вимірювань					Результати розрахунків				
	I, A (XMM2)	U, B (XMM1)	U_1, B (XMM3)	U_2, B (XMM4)	U_3, B (XMM5)	$R_1,$ Ω	$R_2,$ Ω	$R_3,$ Ω	$P,$ $Вт$	$A,$ $Дж$
Моделювання										
Дослідження										

Обробка результатів:

1) розрахунок опорів:

$$R_n = \frac{U_n}{I}$$

2) перевірка правила Кірхгофа:

$$U_1 + U_2 + U_3 = U_{заг}$$

3) потужність та робота:

$$P = I^2 R, \quad A = Pt$$

4) порівняння експериментальних даних із результатами симуляції в Multisim.

Контрольні запитання.

- 1) Як визначається спад напруги на опорі?
- 2) Закони Ома для ділянки та повного кола.
- 3) Як визначається загальний опір ділянки кола при послідовному з'єднанні резисторів?
- 4) Як визначається загальна ємність ділянки кола при послідовному з'єднанні конденсаторів?
- 5) Як визначається загальна індуктивність при послідовному з'єднанні котушок?
- 6) Як визначається загальна ЕРС при послідовному з'єднанні джерел?
- 7) Сформулювати друге правило Кірхгофа.

Висновки до виконання лабораторної роботи: у ході виконання роботи було досліджено особливості послідовного з'єднання елементів електричного кола. Експериментально підтверджено закони Ома та друге правило Кірхгофа. Проведено розрахунок опорів, потужності та виконаної роботи. Результати експерименту збігаються з результатами моделювання в Multisim, що свідчить про достовірність проведеного дослідження та ефективність використання програмного забезпечення в навчальному процесі.

У процесі виконання лабораторної роботи №2 студенти закріплюють теоретичні знання про послідовне з'єднання приймачів електроенергії та закони, що описують роботу таких кіл. А також експериментально підтверджують дію закону Ома та другого правила Кірхгофа, а також виконують обчислення опорів, потужності та виконаної роботи на основі вимірювань. Практичне дослідження, доповнене моделюванням у середовищі NI Multisim, дозволить не лише порівняти результати, але й підвищити точність аналізу. Робота сприятиме формуванню навичок аналізу електричних схем і розвитку інженерного мислення.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

3.2 Завдання та приклад виконання практичної роботи №3

У процесі опанування дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» особливе значення має розуміння принципів побудови та функціонування основних типів електричних з'єднань. Після вивчення особливостей послідовного з'єднання у попередній лабораторній роботі, логічним наступним етапом є аналіз електричного кола з паралельним з'єднанням навантажень. Така конфігурація широко використовується в електротехніці, побутових приладах, енергетичних системах та електроніці. У межах лабораторної роботи №3 студенти мають змогу практично дослідити розподіл струмів у паралельних гілках кола, перевірити справедливність першого правила Кірхгофа, а також здійснити обчислення потужності та електричної роботи. Застосування програмного моделювання в середовищі NI Multisim доповнює експериментальну частину, дозволяючи підтвердити результати та отримати візуальне уявлення про процеси в колі.

Назва роботи: Паралельне з'єднання приймачів електроенергії. Перше правило Кірхгофа

Мета роботи: Ознайомлення з принципами побудови електричних кіл із паралельним з'єднанням елементів. Засвоєння першого правила Кірхгофа, засад аналізу струмів у паралельних гілках кола. Формування навичок експериментального вимірювання струмів, напруг і обчислення опорів, потужності та роботи. Розвиток умінь роботи з електровимірювальними приладами та симуляторами, зокрема NI Multisim.

Перелік обладнання:

- комбінований прилад Ц4313 (ХММ1, ХММ3...5)
- мультиметр ХММ2
- резистори R1, R2, R3
- джерело живлення K4822-2(E), $U = 30 \text{ В}$
- з'єднувальні елементи

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

- програмне забезпечення NI Multisim

Короткі теоретичні відомості: Паралельне з'єднання передбачає однакову напругу на всіх елементах кола, проте струм розподіляється між гілками відповідно до опору кожної з них. У цьому випадку застосовується:

- 1) перше правило Кірхгофа (правило струмів):

$$\sum I_k = \sum I_k$$

де I_k – струм у кожній гілці, $I_{заг}$ – загальний струм у колі.

- 2) закон Ома для окремої гілки:

$$R_n = \frac{U_n}{I}$$

- 3) потужність:

$$P = UI = I^2 R$$

- 4) робота:

$$A = Pt$$

Схема дослідної установки. Згідно з рисунком 3.2 схема складається з джерела напруги та трьох резисторів, з'єднаних паралельно, у кожен гілку вбудовано амперметр для вимірювання струму.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

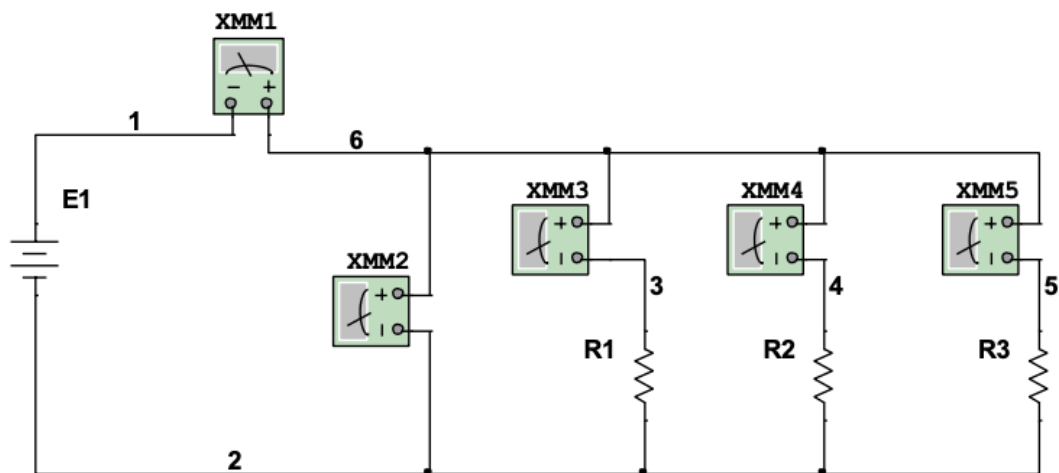


Рисунок 3.2- Схема дослідної установки

Порядок виконання роботи:

- 1) Зібрати електричну схему згідно з рисунком 3.2.
- 2) Встановити на блоці живлення напругу 30 В.
- 3) Виміряти загальний струм (XMM2) та струми в кожній гілці кола:
 I_1, I_2, I_3 – за допомогою амперметрів (XMM3, XMM4, XMM5).
- 4) Виміряти напругу на паралельній ділянці (XMM1).
- 5) Результати вимірювань занести до таблиці 3.2.
- 6) Розрахувати опір кожного резистора:

$$R_k = \frac{U}{I_k}$$

- 7) Перевірити перше правило Кірхгофа:

$$I_{заг} = I_1 + I_2 + I_3$$

- 8) Обчислити потужність кола P та роботу за 10 хвилин A .
- 9) Провести моделювання аналогічної схеми в середовищі NI Multisim, внести дані до таблиці для порівняння.

Таблиця 3.2 – Результати вимірювань, розрахунків і моделювання

	Результати вимірювань					Результати розрахунків				
	I, A (ХММ2)	U, B (ХММ1)	U_1, B (ХММ3)	U_2, B (ХММ4)	U_3, B (ХММ5)	$R_1,$ Ω	$R_2,$ Ω	$R_3,$ Ω	$P,$ Bt	$A,$ $Дж$
Моделювання										
Дослідження										

Обробка результатів дослідження:

1) розрахунок опорів:

$$R_k = \frac{U}{I_k}$$

2) перевірка правила Кірхгофа:

$$I_{заг} = I_1 + I_2 + I_3$$

3) потужність:

$$P = I^2 R, \quad A = Pt$$

4) порівняння даних із моделюванням у NI Multisim.

Контрольні питання:

1) Перше правило Кірхгофа.

2) Як визначається загальний опір при паралельному з'єднанні резисторів?

3) Як визначається загальна ємність при паралельному з'єднанні конденсаторів?

4) Як визначається загальна індуктивність при паралельному з'єднанні індуктивностей?

5) Як визначається загальна ЕРС при паралельному з'єднанні джерел?

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

Висновки до виконання лабораторної роботи. У ході виконання лабораторної роботи було досліджено паралельне з'єднання резисторів, перевірено перше правило Кірхгофа. Експериментальні вимірювання підтвердили теоретичні співвідношення між струмами в гілках кола та загальним струмом. Обчислені значення опорів, потужності та роботи відповідають очікуваням. Моделювання в середовищі Multisim дозволило перевірити правильність практичних результатів і підвищити точність аналізу.

Проведена лабораторна робота надасть можливість студентам закріпити теоретичні знання про паралельне з'єднання елементів електричного кола та засвоїти методи практичного вимірювання струмів і напруг. Результати досліджень підтвердили справедливості першого правила Кірхгофа щодо збереження електричного струму в розгалужених колах. Виконання розрахунків опорів, потужності та роботи дозволило оцінити ефективність енергоспоживання в різних гілках кола. Порівняння експериментальних даних з результатами моделювання в NI Multisim показало високий ступінь відповідності, що підтверджує точність виконаних вимірювань. Таким чином, лабораторна робота є важливим етапом у формуванні професійних компетентностей майбутніх інженерів та підвищує їхню готовність до практичного застосування знань.

3.3 Завдання та приклад виконання практичної роботи №10

Трансформатори є ключовими елементами електроенергетичних систем, що забезпечують зміну рівня напруги в колах змінного струму без втрати частоти. Для ефективного проектування та експлуатації таких пристроїв важливо знати їхні електричні параметри, які можна визначити шляхом експериментального дослідження у двох основних режимах: холостого ходу та короткого замикання. У межах цієї лабораторної роботи студенти набувають практичних навичок роботи з

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

трансформатором, ознайомлюються з методикою побудови схеми заміщення та обчислюють основні її параметри, включно з активним і реактивним опором.

Назва роботи. Дослідження однофазного трансформатора

Мета роботи. Формування практичних навичок дослідження трансформаторів шляхом проведення експериментів у режимах холостого ходу та короткого замикання. Засвоєння методики визначення коефіцієнта трансформації, повного, активного та реактивного опору схеми заміщення однофазного трансформатора. Ознайомлення з принципами побудови схеми заміщення реального трансформатора.

Перелік обладнання:

- однофазний трансформатор
- ватметр ХWM1
- амперметри ХММ2, А2
- вольтметри ХММ1, ХММ3
- лампа розжарювання
- лабораторний стенд К4822-2
- джерело живлення змінного струму 220 В, 50 Гц
- програмне середовище NI Multisim (опціонально)

Короткі теоретичні відомості. Трансформатор – це статичний електромагнітний пристрій, призначений для перетворення напруги та струму змінного струму без зміни частоти. Його робота базується на явищі електромагнітної індукції. Основними параметрами, які характеризують трансформатор, є:

1) коефіцієнт трансформації:

$$k = \frac{U_1}{U_2}$$

2) схема заміщення трансформатора включає:

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

– активний опір намагнічування:

$$r = \frac{P_0}{I_1^2}$$

– повний опір:

$$z = \frac{U_1}{I_1}$$

– реактивна складова:

$$x = \sqrt{z^2 - r^2}$$

У режимі короткого замикання вимірюється повний опір вторинної обмотки, а також визначаються активний та реактивний опори.

Схема дослідної установки.

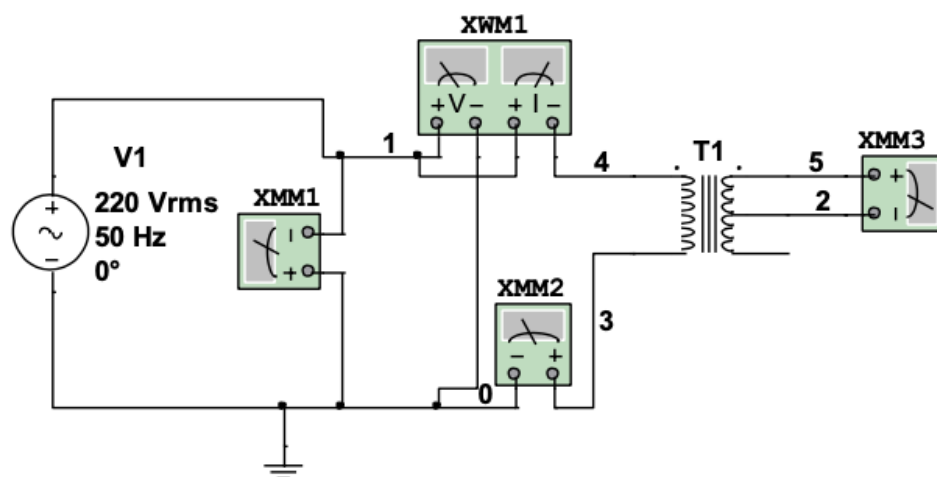


Рисунок 3.3 – Схема для проведення дослідів холостого ходу

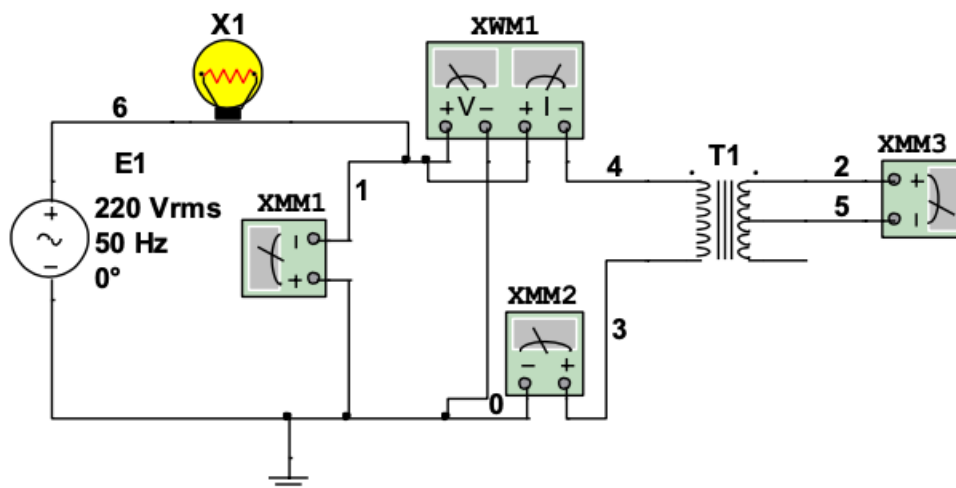


Рисунок 3.4 – Схема для дослідю короткого замикання.

Порядок виконання роботи.

1) Режим холостого ходу:

- зібрати схему за рисунком 3.3.
- виміряти напругу на первинній обмотці U_1 вторинній U_2 , визначити коефіцієнт трансформації k .
- за показами амперметра ХММ2 та вольтметра ХММ1 обчислити повний опір:

$$Z = \sqrt{x^2 + r^2}$$

- за ватметром ХWM1 визначити активну потужність P_0 та активний опір:
- обчислити реактивну складову:

$$x = \sqrt{Z^2 - r^2}$$

- занести результати до таблиці 3.3.

2) Режим короткого замикання:

- зібрати схему за рисунком 3.4.

- провести вимірювання U_{1k} .
- обчислити повний опір:

$$Z_k = \frac{U_{1k}}{I_{1k}}$$

- обчислити активний опір:

$$r_k = \frac{P_k}{I_{1k}^2}$$

- обчислити реактивний опір:

$$x_k = \sqrt{Z_k^2 - r_k^2}$$

Таблиця для запису результатів наведена на рисунку 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати вимірювань, розрахунків і моделювання

	Результати вимірювань							Результати розрахунків						
	$U_1,$ B	$U_2,$ B	$P_1,$ Bm	$U_{1k},$ B	$I_{1k},$ B	$I_{2k},$ B	$P_{1k},$ Bm	k	$Z,$ Om	$r,$ Om	$x,$ Om	$Z_k,$ Om	$r_k,$ Om	$x_k,$ Om
Дослід холостого ходу														
Дослід короткого замикання														

Обробка результатів дослідження. На основі отриманих значень виконати обчислення повного, активного та реактивного опору. Побудувати умовну схему заміщення трансформатора з урахуванням отриманих параметрів. Провести порівняння між теоретичними очікуваннями та експериментальними результатами.

Контрольні питання:

- 1) Принцип роботи трансформатора.
- 2) Коефіцієнт трансформації.
- 3) Схема заміщення трансформатора.
- 4) Дослід холостого ходу.
- 5) Дослід короткого замикання.
- 6) Номінальний режим роботи трансформатора.
- 7) Автотрансформатори.

Висновок у ході виконання лабораторної роботи №10. У процесі виконання лабораторної роботи студент набуває практичного досвіду дослідження основних режимів роботи однофазного трансформатора. Експериментальним шляхом визначено коефіцієнт трансформації, активні та реактивні параметри схеми заміщення. Проведення дослідів холостого ходу та короткого замикання дало змогу оцінити втрати в сталі й міді, а також побудувати умовну модель реального трансформатора. Робота сприяє розвитку навичок вимірювань, обробки результатів і розуміння фізичних процесів у трансформаторних пристроях.

Під час виконання цієї лабораторної роботи експериментально потрібно дослідити поведінку трансформатора у режимах холостого ходу та короткого замикання. Потрібно отримати коефіцієнт трансформації та розрахувати параметри схеми заміщення, що дозволяє наблизити ідеалізовану модель до реальних умов експлуатації. Робота сприяє закріпленню теоретичних знань про трансформатори та формуванню навичок електровимірювань і аналізу отриманих даних.

У рамках дипломної роботи розглянуто три лабораторні заняття як репрезентативні приклади, які відображають різні типи електричних кіл та методів дослідження. Зокрема, лабораторні роботи №2 та №3 присвячено аналізу лінійних електричних кіл постійного струму з послідовним і паралельним з'єднанням навантажень відповідно, що дозволяє продемонструвати застосування основних законів електротехніки в простих схемах. Лабораторна робота №10, у свою чергу, охоплює більш складний об'єкт дослідження – трансформатор, і передбачає роботу

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

з реальними електромагнітними пристроями та схемою заміщення. Вибір саме цих трьох робіт забезпечує достатнє охоплення навчальних цілей курсу, демонструє різноманіття тематики та складності завдань. Враховуючи подібну структуру й методику виконання лабораторних робіт №4–№9, їх детальний опис у межах дипломного проєкту є недоцільним.

Таким чином, даний розділ демонструє структуру, зміст та методику виконання лабораторних робіт, що входять до складу методичного комплексу з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл». Наведені приклади охоплюють різні аспекти вивчення електричних кіл – від базових понять до складних електромагнітних процесів – та ілюструють ефективне поєднання традиційних методів експериментального дослідження з можливостями комп’ютерного моделювання. Такий підхід сприяє глибшому засвоєнню навчального матеріалу, розвитку практичних навичок і підвищенню рівня підготовки студентів зі спеціальності «Комп’ютерна інженерія».

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи, присвяченої розробці методичного комплексу лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл», було досягнуто поставленої мети та виконано всі заплановані завдання. Також сформульовано основні висновки роботи.

1. Проаналізовано роль дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» у підготовці фахівців з комп'ютерної інженерії. Встановлено, що дана навчальна дисципліна є базовою для формування інженерного мислення, технічної аналітики та практичних навичок роботи з електронними схемами, що становлять основу апаратної частини комп'ютерних систем.

2. Вивчено методичні підходи до організації лабораторного практикуму. Розглянуто класичну, комп'ютерно-орієнтовану, проблемно-орієнтовану та кейс-орієнтовану моделі навчання. Встановлено переваги використання спеціалізованого програмного забезпечення для моделювання електричних кіл у порівнянні з традиційним підходом.

3. Описано типову структуру лабораторних робіт і визначено основні вимоги до їх методичного забезпечення. Виокремлено обов'язкові елементи кожної лабораторної роботи: постановка мети, теоретичні відомості, порядок виконання, обробка результатів і контроль знань. Обґрунтовано необхідність використання інтерактивних і цифрових ресурсів (відеоінструкції, симулятори, LMS).

4. Розроблено структуру методичного комплексу лабораторних робіт. Комплекс включає теоретичну частину, інструкції, шаблони, тести, індивідуальні завдання, а також інтерактивні елементи. Матеріали адаптовані до рівня підготовки студентів і вимог сучасного інженерного середовища.

5. Підготовлено приклади завдань до лабораторних і практичних робіт. Наведено зразки реалізації лабораторій №2, №3 та №10, які охоплюють аналіз коливальних процесів, роботу з реактивними елементами, а також моделювання

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

цифрових схем. Ці приклади спрямовані на формування практичних компетентностей студентів.

6. Підтверджено ефективність запропонованого методичного комплексу. В результаті апробації комплексу в рамках навчального експерименту було відзначено підвищення мотивації студентів, зростання точності експериментів та глибше розуміння електричних процесів, що свідчить про доцільність його впровадження в навчальний процес.

7. Обґрунтовано техніко-економічну доцільність розробки комплексу лабораторних робіт з дисципліни «Теорія електричних та магнітних кіл» (додаток Г), що підтвердило економічну ефективність проекту з терміном окупності у 1,4 роки.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білак В.В., Гураль І.В. Можливості цифрового моделювання і віртуальних лабораторій у навчанні теорії електричних та магнітних кіл \ Збірник тез XII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених «Інформаційні технології – 2025» (ІТ-2025). Київ, 2025. С. 12-13.

2. Методичні вказівки до оформлення курсових проектів, звітів про проходження практики, випускних кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності «Комп'ютерна інженерія» / І.В. Гураль, Л.О. Дубчак / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 33 с.

3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Техніко-економічне обґрунтування розробки комп'ютерних систем»/ Н.Я. Савка, І.Р. Паздрій / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ТНЕУ, 2019. 40 с.

4. Положення про організацію освітнього процесу Західноукраїнському національному університеті. Тернопіль, 2020.

5. Загальні методичні рекомендації з підготовки, оформлення, захисту та оцінювання кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) і другого (магістерського) рівнів. Тернопіль: ЗУНУ, 2024. 83 с.

6. Методичні вказівки до випускних кваліфікаційних робіт освітнього рівня «Бакалавр» спеціальності «Комп'ютерна інженерія»/ О.М. Березький, Г.М. Мельник, Л.О. Дубчак, Ю.М. Батько / Під ред. О.М. Березького. Тернопіль: ЗУНУ, 2023. 52 с.

7. Жуковський В. М. Основи комп'ютерної інженерії: навч. посіб. – Львів: ЛНУ, 2020. – 268 с.

8. Поляков В. П. Теорія електричних і магнітних кіл. – К.: Вища школа, 2018. – 311 с.

9. Литвиненко А. А. Основи схемотехніки. – Харків: ХНУРЕ, 2017. – 245 с.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	Нодокум.	Підпис	Дата		

10. Кушнір В. С. Теоретичні основи електротехніки. – Тернопіль: ТНТУ, 2019. – 295 с.
11. Мельник П. В. Фізико-математичні основи інженерії. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. – 312 с.
12. Хома І. М. Мікропроцесорна техніка: навчальний посібник. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2018. – 260 с.
13. Марчук В. І. Проектування апаратних засобів комп'ютерних систем. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 280 с.
14. Савчук Л. П. Електричні вимірювання: підручник. – Чернівці: ЧНУ, 2020. – 230 с.
15. Білик О. П. Комп'ютерне моделювання електронних схем. – Дніпро: ДНУ, 2021. – 210 с.
16. Козяр І. Й. Вступ до спеціальності: комп'ютерна інженерія. – Київ: КНЕУ, 2019. – 175 с.
17. Іващук О. С. Методика викладання технічних дисциплін у ЗВО. – Тернопіль: ЗУНУ, 2021. – 198 с.
18. Стеценко Г. В. Лабораторний практикум з електротехніки. – Київ: Освіта, 2020. – 172 с.
19. Довгаль В. С. Педагогічні основи інженерної освіти. – Одеса: ОНАХТ, 2018. – 246 с.
20. Кір'янов С. В. Інноваційні методики в інженерній підготовці. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – 200 с.
21. Руденко А. Л. Цифрові засоби навчання в електротехніці. – Полтава: ПНТУ, 2020. – 165 с.
22. Якимчук Т. М. Проблемно-орієнтоване навчання у вищій школі. – Черкаси: ЧДТУ, 2019. – 220 с.
23. Войтко Л. П. Кейс-метод в інженерній освіті. – Луцьк: ЛНТУ, 2018. – 193 с.

24. Демчук Ю. О. Інструменти дистанційного навчання для інженерів. – Суми: СумДУ, 2020. – 207 с.
25. Костишин О. Й. Основи технічного експерименту. – Львів: Вид-во ЛНУ, 2017. – 254 с.
26. Бойко І. А. Методичні аспекти підготовки інженера. – Дніпро: НГУ, 2019. – 243 с.
27. Міністерство освіти і науки України. Методичні рекомендації щодо організації лабораторного практикуму. – Київ, 2021. – 48 с.
28. Ткаченко С. В. Цифрові інструменти в інженерній освіті. – Київ: НТУУ «КПІ», 2020. – 216 с.
29. Савченко Н. Л. Практико-орієнтовані задачі для лабораторій. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 186 с.
30. Гребінник І. П. Академічна доброчесність у наукових роботах. – Львів: Сполом, 2021. – 112 с.

					КР.КІ.11150555.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		