

ЛІТЕРАТУРА



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА
ПУЛЮЯ

Кафедра електричної інженерії



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для самостійної роботи студентів
з КУРСУ

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

для здобувачів вищої освіти
за ОПІ Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка
першого рівня вищої освіти

ID 965

Тернопіль 2024

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

ЗМІСТ

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ	4
2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЗГІДНО ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	5
3. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ	7
4. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЯКІ ВИНОСЯТЬСЯ НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ	10
5. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ	11
6. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	13

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ

2.1. **Мета вивчення навчальної дисципліни:** засвоїти основні положення теорії електричних апаратів стосовно до апаратів високої й низької напруги, особливості роботи апаратів у нормальних та аварійних режимах, призначення, принцип дії, будову, режими роботи апаратів і окремих їх частин, експлуатаційні характеристики.

2.2. **Завдання навчальної дисципліни:** вивчення основ теорії, принципу дії, конструкції, особливостей експлуатації і вимог до електричних апаратів різного функціонального призначення; надбання навичок розв'язання завдань електроапаратобудування.

В результаті вивчення дисципліни студент повинен:

– знати: принцип роботи, будову та призначення основних типів електричних апаратів; основні методи кількісного та якісного оцінювання фізичних явищ в електричних апаратах; причини виникнення та хід теплових процесів у електричних апаратах; причини виникнення електродинамічних сил; найважливіші експлуатаційні характеристики основних типів електричних апаратів; основні принципи проектування електричних апаратів.

– вміти: розраховувати теплові режими провідників та апаратів, здійснювати вибір струмоведучих частин та електричних апаратів різного призначення; вибрати необхідний електричний апарат, ураховуючи особливості його роботи та особливості електричної схеми.

Курс базується на знаннях з «Фізики», «Вищої математики», «теоретичних основ електротехніки» та «Технічна термодинаміка» і є одним з основних при підготовці фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр.

За результатами вивчення дисципліни студент повинен продемонструвати такі **програмні результати навчання:**

ПРН2. Знати і розуміти теоретичні основи метрології та електричних вимірювань, принципи роботи пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики, мати навички здійснення відповідних вимірювань і використання зазначених пристроїв для вирішення професійних завдань.

ПРН3. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та вміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів **компетентностей**:

ІК:

Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів фізики та інженерних наук і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК06. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ФК:

ФК14. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики

ФК15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу

ФК18. Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища

ФК19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

ФК21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЗГІДНО ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Класифікація електричних апаратів та основні вимоги до них. Основні поняття стосовно електричних апаратів та їх класифікація. Вимоги до електричних апаратів. Кліматичне виконання та категорії розміщення електричних апаратів. Основні матеріали в електроапаратобудуванні.

Тема 2. Теплові процеси в електричних апаратах. Режим роботи електричних апаратів. Втрати в деталях електричних апаратів. Втрати в деталях з магнітних матеріалів. Способи передачі тепла всередині нагрітих тіл і з їх поверхні. Нагрівання і охолодження однорідного провідника в часі при тривалому режимі роботи. Нагрівання й охолодження однорідного провідника при короткочасному навантаженні. Нагрівання й охолодження електрообладнання при повторно-короткочасному навантаженні. Нагрівання однорідного електрообладнання при короткому замиканні. Нагрівання струмопровідної частини змінного перерізу. Нагрівання котушок електромагнітів електрообладнання. Допустима температура нагрівання конструктивних частин електрообладнання. Термічна стійкість.

Тема 3. Основи розрахунку електродинамічних сил. Основні поняття. Методи розрахунку електродинамічних сил. Розрахунок електродинамічних сил між паралельними провідниками. Розрахунок електродинамічних сил між взаємно перпендикулярними провідниками. Розрахунок електродинамічних сил в кільцевому витку і між кільцевими витками. Розрахунок електродинамічних сил у провідниках змінного перетин.

Тема 4. Електричні контакти. Фізичні явища в електричному контакті. Перехідний опір контактів. Температура ділянки контактування. Основні конструкції контактів. Параметри контактних конструкцій. Зазор, провал, контактний натиск. Процес розмикання контактів. Зношення контактів при розмиканні. Процес замикання контактів. Зношення контактів при замиканні. Робота контактних систем в умовах короткого замикання. Матеріали для контактних з'єднань.

Тема 5. Процеси в дуговому проміжку та способи гасіння електричної дуги. Процеси в дуговому проміжку. Вольт-амперні характеристики електричної дуги. Умови гасіння дуги постійного струму. Умови гасіння дуги змінного струму. Гасіння дуги в повздовжніх щілинах. Полум'я дуги і боротьба з ним. Газодинамічні явища у закритих дугогасильних камерах. Гасіння електричної дуги високим тиском. Гасіння електричної дуги в маслі. Гасіння електричної дуги повітряним дуттям. Гасіння електричної дуги в елегазі. Гасіння електричної дуги у вакуумі

Змістовний модуль 2.

Тема 6. Електромагнітні механізми апаратів. Основні поняття. Енергія магнітного поля й індуктивність системи. Робота, що проводиться якорем електромагніту при переміщенні. Обчислення сил електромагніту. Електромагніти змінного струму. Короткозамкнений виток. Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів.

Динамічні характеристики електромагнітів . Сповільнення й прискорення дії електромагніту. Гальмівні пристрої.

Тема 7. Апарати низької напруги контактні. Вимикачі автоматичні. Рубильники і перемикачі. Вимикачі і перемикачі пакетні. Запобіжники плавкі. Резистори, реостати, контролери. Магнітні пускачі і схеми їх включення. Електромагнітні реле. Пристрої релейного захисту низьковольтних мереж.

Тема 8. Апарати низької напруги безконтактні. Загальні відомості. Підсилювачі транзисторні. Принцип роботи тиристорів. Принципи створення безконтактних вимикачів. Вимикачі тиристорні.

Тема 9. Використання електричних апаратів у автоматизованих системах керування освітленням.

Принципи роботи пристроїв автоматичного керування освітлювальними установками. Використання релейного керування в освітлювальній установці довгого коридору.

Тема 10. Вимикачі високовольтні. Загальні відомості. Масляні вимикачі. Вимикачі повітряні. Вимикачі повітряні . Вимикачі елегазові . Вимикачі електромагнітні. Вимикачі вакуумні.

3. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Електричні апарати» є самостійна робота студентів з вітчизняною і зарубіжною літературою з питань побудови вимірювальних перетворювачів за напрямом підготовки «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Самостійна робота є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом у час, вільний від нормованих навчальних занять, тобто лекційних, лабораторних і практичних занять (аудиторної роботи).

Основні види самостійної роботи, на які повинні звертати увагу студенти:

- вивчення лекційного матеріалу;
- робота з опрацювання та вивчення рекомендованої літератури;
- підготовка до практичних занять;
- підготовка до лабораторних занять;
- підготовка до дискусій та інших пропонуваніх викладачем

завдань;

- робота над індивідуальним завданням;
- самоперевірка студентом власних знань за запитаннями для самодіагностики;
- підготуватися до дискусії в аудиторії щодо розуміння вивченого матеріалу;
- підготовка до поточного та підсумкового контролю.

Опрацювання лекційного матеріалу. У системі різних форм навчально-виховної роботи особливе місце належить лекції, де викладач надає студенту основну інформацію, навчає розмірковувати, аналізувати, допомагає опанувати ключові знання, а також спрямовує самостійну роботу студента.

Зв'язок лекції і самостійної роботи студента розглядається в таких напрямках:

- лекція як головна початкова ланка, що визначає зміст і обсяг самостійної роботи студента;
- методичні прийоми читання лекцій, що активізують самостійну роботу студентів;
- самостійна робота, яка сприяє поглибленому засвоєнню теми на базі прослуханої лекції.

Перший етап самостійної роботи починається з процесу слухання і записування лекції. Правильно складений конспект лекції – найефективніший засіб стимулювання подальшої самостійної роботи студентів. Студент повинен чітко усвідомити, що конспект – це короткий тезовий запис головних положень навчального матеріалу. Складання і вивчення конспекту – перший етап самостійної роботи студента над вивченням теми чи розділу. Конспект допомагає в раціональній підготовці до практичних занять, заліку, у визначенні напрямку і обсягу подальшої роботи з літературними джерелами.

Під час підготовки до лекції студент повинен опрацювати матеріал попередньої лекції з використанням підручників та інших джерел літератури. На лекціях висвітлюють тільки основні теоретичні положення та найбільш актуальні проблеми, тому більшість питань виноситься на самостійне опрацювання.

Підготовка до практичних занять. Підготовка до практичних занять розпочинається з опрацювання лекційного та методичного матеріалу до заданого заняття. Студент повинен самостійно ознайомитися з відповідним розділом робочої програми, підготувати відповіді на контрольні запитання, які подані в програмі у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Практичні заняття збагачують і закріплюють теоретичні знання студентів, розвиваючи їх творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи за предметом навчальної дисципліни.

У процесі підготовки до практичних занять самостійна робота студентів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе. Це свідчить про необхідність керування самостійною роботою студентів з боку викладача завдяки проведенню цілеспрямованих організаційних і контрольних заходів.

Відповідно до навчального плану з кожної теми курсу проводяться практичні заняття. Щороку викладачі уточнюють тематичний план проведення семінарських і практичних занять і ознайомлюють з ним студентів на першому занятті.

Викладач у вступній лекції рекомендує студентам основну і додаткову літературу, а також методичні рекомендації до самостійної роботи та до організації практичних занять з дисципліни. У методичних вказівках з кожної теми наведено перелік питань для теоретичної підготовки до заняття.

У разі, коли студент не може самостійно розібратися в якомусь питанні, він може отримати консультацію у викладача (згідно з графіком проведення консультацій викладачами кафедри). Добре організовані консультації дозволяють спрямувати самостійну роботу в потрібному напрямі, зробити раціональною і підвищити її ефективність.

Підготовка до лабораторних занять. Підготовка до лабораторних занять розпочинається з опрацювання лекційного матеріалу та теоретичних відомостей методичних вказівок до заданої роботи. Студент повинен самостійно ознайомитися з теоретичними відомостями, послідовністю виконання роботи та підготувати відповіді на контрольні запитання у певній послідовності згідно з логікою засвоєння навчального матеріалу.

Виконання лабораторних робіт збагачують і закріплюють теоретичні знання студентів, розвиваючи їх творчу активність, допомагають у набутті практичних навичок роботи.

У процесі підготовки до лабораторних робіт самостійна робота студентів є обов'язковою частиною навчальної роботи, без якої успішне і якісне засвоєння навчального матеріалу неможливе.

В таблиці 2.1 представлено перелік тем лабораторних робіт та практичних робіт

Таблиця 2.1 – Перелік тем лабораторних робіт

№	Тема заняття	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1.	Вступне заняття. Правила техніки безпеки та охорони праці в лабораторії. Ознайомлення із темами лабораторних робіт. Умови виконання лабораторних робіт, форма звітності та порядок захисту.	2	0,5
2.	Лабораторна робота № 1. Дослідження електромагнітних реле і реле часу з електромагнітним уповільненням.	2	0,5
3.	Лабораторна робота № 2. Магнітні пускачі і схеми їх ввімкнення	2	1
4.	Захист лабораторних робіт 1-2	2	1
5.	Лабораторна робота № 3. Електромагнітні реле струму та напруги	2	0,5
6.	Лабораторна робота № 4. Дослідження запобіжників і автоматичних вимикачів	2	1
7.	Лабораторна робота № 5. Механічні реле часу	2	0,5
8.	Захист лабораторних робіт 3-5	4	1
Усього годин		18	6

4. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ

№	Найменування робіт	Кількість годин	
		ДФН	ЗФН
1.	Теплові розрахунки. Віддача теплоти нагрітим тілом. Теплопровідність. Конвекція. Теплове випромінювання.	2	5
2.	Розрахунок електродинамічних сил взаємодії між провідником із струмом і феромагнітною масою.	4	8
3.	Електричні контакти. Залежність перехідного опору від контактного натискання й температури. Залежність перехідного опору від стану контактної поверхні, властивостей матеріалу контакту й умовної ділянки контактування.	2	5

4.	Процеси в дуговому проміжку та способи гасіння електричної дуги. Полум'я дуги й боротьба з ним. Газодинамічні явища в закритих дугогасильних камерах.	2	5
5.	Електромагнітні механізми апаратів. Поляризовані електромагнітні системи. Принцип дії. Розрахунок тягових сил. Форми поляризованих магнітних систем. Область застосування.	2	5
6.	Апарати низької напруги контактні. Реле часу з пневматичним уповільнювачем. Моторне реле часу. Реле часу постійного струму з електромагнітним сповільненням і демпфуючою короткозамкненою обмоткою.	2	6
7.	Апарати низької напруги безконтактні. Підсилювачі на біполярних транзисторах. Підсилювачі на польових транзисторах.	2	6
9.	Підготовка до лабораторних занять	30	40
10.	Підготовка та складання тестування	20	20
Усього годин		66	104

5. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання знань, вмінь і навичок студентів включає ті види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни «Електричні апарати» передбачають лекційні, лабораторні заняття, самостійну роботу.

Перевірку і оцінювання знань студентів проводять в наступних формах:

- оцінювання виконання і захист лабораторних робіт;
- складання проміжного контролю знань за змістовими модулями;
- складання екзамену.

Для кожного змістовного модуля передбачено певну форму поточного контролю. Результати поточного контролю автоматично, без участі студента, зараховуються при модульному контролі. Студент може покращити результати поточного контролю при модульному контролі через тестування.

Максимальна оцінка при I модульному контролі — 35 балів;

Максимальна оцінка при II модульному контролі — 40 балів.

Підсумковий контроль - екзамен.

Максимальна оцінка за екзамен – 25 балів.

Максимальна оцінка навчальної дисципліни — 100 балів.

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ							
Розподіл балів, які отримують студенти за курс							
Модуль 1			Модуль 2			Підсумковий контроль	Разом з дисципліни
Аудиторна та самостійна робота			Аудиторна та самостійна робота			Одна третя від суми балів, набраних здобувачем впродовж семестру	100
Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота		Теоретичний курс (тестування)	Лабораторна робота			
25	10		25	15			
№ лекції	Види робіт	К-ть балів	№ лекції	Види робіт	К-ть балів		
Тема 1	Лабораторна робота №1	5	Тема 6	Лабораторна робота №3	5		
Тема 2	Лабораторна робота №2	5	Тема 7	Лабораторна робота №4	5		
Тема 3			Тема 8	Лабораторна робота №5	5		
Тема 4			Тема 9				
Тема 5			Тема 10				
Розподіл оцінок							
Сума балів за навчальну діяльність		Шкала ECTS		Оцінка за національною шкалою			
90-100		A		Відмінно			
82-89		B		Добре			
75-81		C		Добре			
67-74		D		Задовільно			
60-66		E		Задовільно			
35-59		FX		Незадовільно з можливістю повторного складання			
1-34		F		Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни			

6. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.
2. Козлов В.Д. Електричні апарати. Модуль 1. Загальні питання електричних апаратів: Посібник – К.: НАУ, 2005. – 92 с.
3. Козлов В.Д., Соломаха М.І. Електричні апарати. Модуль 2. Комутаційні апарати низької та середньої напруги: Посібник – К.: НАУ, 2006. – 84 с.
4. Козлов В.Д., Єнчев С.В. Електричні апарати. Модуль 3. Вимірювальні, контролювальні та захисні апарати: Посібник. – К.: НАУ, 2007. – 72 с.
5. Зелінський В. Ц. Фізичні основи електричних апаратів: навч. посібник для студ. енергет. спец. /; Вінницький держ. технічний ун-т. - Вінниця : ВДТУ, 2001. - 134 с.
6. Енергоощадна інтелектуальна система керування механічною системою / Богдан Оробчук, Іван Сисак, Ярослав Осадца, Вадим Коваль, Сергій Бабюк // МММТЕС, 22-23 листопада 2022 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2022. — С. 128–130.
7. Vadym Koval, Serhii Martsenko, Myroslav Zin (2023). Designing and Implementing Intelligent Lighting Control System. The 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023). Ternopil, Ukraine, June 14-16, Vol. 3468, Pages 241-249
8. Вибір електричних апаратів захисту в мережах до 1000 В. Навчально - методичний посібник до практичних занять та самостійної роботи з дисципліни “Електричні апарати” (для студентів 3 - 4 курсів денної та заочної форм навчання спеціальності 6.090603 "Електротехнічні системи електроспоживання"). Укл.: В.М.Буряк, Н.А. Дейнеко. - Харків: ХНАМГ, 2007. – 62 с.
9. Гладь, І. В. Електричні апарати : конспект лекцій / І. В. Гладь, Я. В. Бацала, О. І. Кіянюк. - Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. - 126 с.
10. Іоффе К. І. Конспект лекцій з дисципліни «Системи керування світлотехнічними пристроями» (для магістрів денної і заочної форм навчання спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (спеціалізація «Світлотехніка і джерела світла»)) / К. І. Іоффе, О. Л. Черкашина; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 57 с.

7. Інформаційні ресурси

1. Коваль В.П. Електричні апарати [електронний ресурс]:
//Інституційний репозитарій Atutor (код дисципліни ID 965): офіційний сайт
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя –
Тернопіль, 2011. – Режим доступу: <https://dl.tntu.edu.ua/index.php>.