

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
Кафедра енергозбереження та
енергетичного менеджменту**



ЛІТЕРАТУРА

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для самостійної роботи студентів
та модульного контролю знань

з курсу

Електричні апарати

для студентів напрямку
6.050701 «Електротехніка та електротехнології»
усіх форм навчання

укладач:
к.т.н. Коваль В.П.

Тернопіль – 2015

Коваль В.П. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів та модульного контролю знань з курсу «Електричні апарати» / В.П.Коваль [Текст]. – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – 14 с.

Укладачі: Коваль Вадим Петрович,
доцент

Відповідальний за випуск Коваль Вадим Петрович,
доцент

Методичні вказівки призначені для самостійного освоєння деяких питань тем курсу «Електричні апарати». Вони враховують модульну систему навчання, рекомендації до самостійної роботи і індивідуальні завдання, теми лабораторних занять, тестів, екзаменаційних питань та містять узагальнену інформацію по всьому курсу, його мету, завдання та перелік питань та відповідних літературних джерел, які виносяться для самостійної підготовки.

Методичні вказівки призначені для студентів напряму "Електротехніка та електротехнології".

Розглянуто й затверджено на засіданні кафедри енергозбереження та енергетичного менеджменту Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 6 від 28.02.2015 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної комісії електромеханічного факультету Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № 5 від 24.03.2015 р.

ЗМІСТ

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ	4
2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЗГІДНО ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	5
3. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ	6
4. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ	9
5. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ	10
6. ПЕРЕЛІК КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ	11
7. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	14

1. МЕТА І ЗАВДАННЯ КУРСУ

Мета: 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 та методику їх визначення, методику розрахунків, вибору та перевірки електричних апаратів і струмоведучих частин.

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

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: принцип роботи, будову та призначення основних комутаційних, захисних, контрольних, струмообмежуючих та регулюючих апаратів; виникнення та хід теплових процесів у електричних апаратах із магнітоелектричною системою; причини виникнення електродинамічних сил.

вміти: розраховувати теплові режими провідників та апаратів; визначити їх термічну та динамічну стійкість; здійснювати вибір струмоведучих частин та електричних апаратів різного призначення; аналізувати роботу електричних апаратів та їх елементів у нормальних та аварійних режимах; розраховувати експлуатаційні характеристики апаратів на основі вимірів.

Вивчення дисципліни «Електричні апарати» передбачає засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час у формі самостійної роботи, призначеної формувати практичні навички роботи студентів із спеціальною літературою, орієнтувати їх на інтенсивну роботу, критичне осмислення здобутих знань і глибоке вивчення теоретичних і практичних проблем для підвищення якості професійної підготовки.

Самостійна робота над засвоєнням навчального матеріалу з дисципліни може виконуватися в бібліотеці, навчальних кабінетах та лабораторіях, в домашніх умовах. Згідно з навчальним планом дисципліни «Електричні апарати» на самостійну роботу студентів відведено 44 години (90 год. для заочної форми навчання).

Виконання завдань із самостійної роботи є обов'язковим для кожного студента. Перевірка результатів виконання завдань із самостійної роботи здійснюється як засобами тестування так і в усній формі.

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів включають: тематичний план навчальної дисципліни; загальні рекомендації до організації самостійної роботи з дисципліни, систему поточного й підсумкового контролю знань студентів; список рекомендованої літератури.

2. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЗГІДНО ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Фізичні процеси в електричних апаратах.

Тема 1. Теплові розрахунки.

Класифікація електричних апаратів. Загальні вимоги до електричних апаратів. Теплопередача в усталеному режимі. Нагрів і охолодження однорідного провідника в часі при довгочасовому режимі роботи. Нагрів і охолодження провідника при короткочасовім і повторно-короткочасовім режимі роботи. Нагрів однорідного провідника при короткому замиканні. Нагрів однорідного провідника змінного перетину. [1, С. 8-26], [2, С. 34-68]

Тема 2. Основи розрахунку електродинамічних сил.

Виникнення електродинамічних сил. Основні поняття. Методи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили між паралельними провідниками. Електродинамічні сили між взаємно перпендикулярними провідниками. [1, С. 26-41], [2, С. 9-34]

Змістовний модуль 2. Функціонування та процеси в електричних апаратах.

Тема 3. Електричні контакти.

Фізичні явища в електричному контакті. Перехідний опір контактів. Температура ділянки контактування. Параметри контактних конструкцій. Зазор, провал, контактний натиск. Процес розмикання контактів. Знос контактів при розмиканні. Процес замикання контактів. Знос контактів при замиканні. [1, С.41-68], [2, С. 68-96]

Тема 4. Способи гасіння електричної дуги.

Гасіння дуги в повздовжніх щілинах. Рух відкритої дуги. Широкі та вузькі щілини. 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. [1, С.84-112], [2, С. 96-130]

Тема 5. Електромагнітні механізми апаратів.

Основні поняття. Енергія магнітного поля й індуктивність системи. Робота, що проводиться якором електромагніту при переміщенні. Обчислення сил електромагніта. Електромагніти змінного струму. Короткозамкнений виток. Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів. Сповільнення й прискорення дії електромагніта. Гальмівні пристрої. [1, С.131-148], [2, С. 130 - 189]

Змістовний модуль 3. Будова та принцип дії електричних апаратів низької напруги.

Тема 6. Апарати низької напруги контактні.

Вимикачі автоматичні. Вимикачі неавтоматичні. Вимикачі і перемикачі пакетні. Запобіжники плавкі. Резистори, реостати. Магнітні пускачі і схеми їх включення. Поняття реле. Їх класифікація. Електромагнітні реле. Реле максимального струму РТ-40. Котушки електромагнітів. [1, С. 185-264], [2, С.261 - 353]

Тема 7. Апарати низької напруги безконтактні.

Апарати низької напруги безконтактні. Загальні відомості. Принцип роботи тиристорів. Вольтамперна характеристика тиристора. Вимикачі тиристорні змінного струму. Вимикачі тиристорні постійного струму. [1, С. 264- 278], [2, С.353-406]

Змістовний модуль 4. Будова та принцип дії електричних апаратів високої напруги.

Тема 8. Вимикачі високовольтні.

Високовольтні масляні вимикачі. Принцип дії, характеристики. Вимикачі високовольтні повітряні. Принцип дії, характеристики. Вимикачі електромагнітні. Принцип дії, характеристики. [1, С.148-165], [2, сС. 487-536]

3. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ОРГАНІЗАЦІЇ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ

Обов'язковим елементом успішного засвоєння навчального матеріалу дисципліни «Вимірювальні перетворювачі біофізичних величин та електроди» є самостійна робота студентів з вітчизняною і зарубіжною

літературою з питань побудови вимірювальних перетворювачів за напрямом підготовки «Біомедична інженерія».

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 пропонованих 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 біотехнічних систем). 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 та практичних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження електромагнітних реле і реле часу з електромагнітним уповільненням.	6
2	Магнітні пускачі і схеми їх включення	4
3	Електромагнітні реле струму та напруги	4
4	Дослідження запобіжників і автоматичних вимикачів	4
5	Механічні реле часу	4
6	Напівпровідникові реле часу	4
7	Електронні комутатори і регулятори	6

4. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ЯКІ ВІНОСЯТЬСЯ НА САМОСТІЙНУ РОБОТУ

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Теплові розрахунки. Віддача теплоти нагрітим тілом. Теплопровідність. Конвекція. Теплове випромінювання. Допустима температура нагріву частин апарату. Термічна стійкість. [1, С. 8-26], [2, С. 34-68]	4
2	Основи розрахунку електродинамічних сил. Електродинамічні сили в провідниках змінного перетину. Сили взаємодії між провідником із струмом і феромагнітною масою. [1, С. 26-41], [2, С. 9-34]	4
3	Електричні контакти. Залежність перехідного опору	4

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	від контактної натискання й температури. Залежність перехідного опору від стану контактної поверхні, властивостей матеріалу контакту й умовної ділянки контактування. Матеріали для контактних з'єднань. [1, С.41-68], [2, С. 68-96]	
4	Способи гасіння електричної дуги. Полум'я дуги й боротьба з ним. Газодинамічні явища в закритих дугогасильних камерах. [1, С.84-112], [2, С. 96-130]	5
5	Електромагнітні механізми апаратів. Поляризовані електромагнітні системи. Принцип дії. Розрахунок тягових сил. Форми поляризованих магнітних систем. Область застосування. [1, С.131-148], [2, С. 130 - 189]	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. [1, С. 185-264], [2, С.261 - 353]	8
7	Апарати низької напруги безконтактні. Принципи створення безконтактних вимикачів. Підсилювачі на біполярних транзисторах. Підсилювачі на польових транзисторах. [1, С. 264- 278], [2, С.353-406]	8
8	Вимикачі високовольтні. Вимикачі елегазові. Принцип дії, характеристики. Високовольтні вакуумні вимикачі. Принцип дії, характеристики. [1, С.148-165], [2, сС. 487-536]	6
	Разом	44

5. СИСТЕМА ПОТОЧНОГО Й ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Оцінювання знань, вмінь і навичок студентів включає ті види занять, які згідно з програмою навчальної дисципліни «Вимірювальні перетворювачі біофізичних величин та електроди» 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.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

6. ПЕРЕЛІК КОНТРОЛЬНИХ ЗАПИТАНЬ З ДИСЦИПЛІНИ

1. Класифікація електричних апаратів.
2. Загальні вимоги до електричних апаратів.
3. Виникнення електродинамічних сил. Основні поняття.
4. Методи розрахунку електродинамічних сил.
5. Електродинамічні сили між паралельними провідниками.

6. Електродинамічні сили між взаємно перпендикулярними провідниками.
7. Електродинамічні сили в провідниках змінного перетину.
8. Сили взаємодії між провідником із струмом і феромагнітною масою.
9. Фізичні явища в електричному контакті.
10. Перехідний опір контактів. Залежність перехідного опору від контактного натискання й температури.
11. Залежність перехідного опору від стану контактної поверхні, властивостей матеріалу контакту й умовної ділянки контактування.
12. Температура ділянки контактування.
13. Параметри контактних конструкцій. Зазор, провал, контактний натиск.
14. Процес розмикання контактів. Знос контактів при розмиканні.
15. Процес замикання контактів. Знос контактів при замиканні.
16. Матеріали для контактних з'єднань.
17. Умови гасіння дуги постійного струму.
18. Втрати в деталях електричних апаратів. Втрати в провідниках. Поверхневий ефект. Ефект близькості.
19. Втрати в деталях із магнітних матеріалів.
20. Віддача теплоти нагрітим тілом.
21. Теплопровідність. Конвекція. Теплове випромінювання.
22. Теплопередача в усталеному режимі.
23. Нагрів і охолодження однорідного провідника в часі при довгочасовому режимі роботи.
24. Нагрів і охолодження провідника при короткочасовім і повторно-короткочасовім режимі роботи.
25. Нагрів однорідного провідника при короткому замиканні.
26. Нагрів однорідного провідника змінного перетину.
27. Допустима температура нагріву частин апарату. Термічна стійкість.
28. Магнітні пускачі і схеми їх включення
29. Поняття реле. Їх класифікація.
30. Електромагнітні реле.
31. Реле максимального струму РТ-40.
32. Реле часу постійного струму з електромагнітним сповільненням і демпфуючою короткозамкненою обмоткою.
33. Реле часу з пневматичним уповільнювачем.
34. Моторне реле часу.
35. Котушки електромагнітів.
36. Електромагнітні механізми апаратів. Основні поняття.
37. Енергія магнітного поля й індуктивність системи.
38. Робота, що проводитьсяся якорем електромагніту при переміщенні

39. Обчислення сил електромагніта.
40. Електромагніти змінного струму. Короткозамкнений виток.
41. Статичні тягові характеристики електромагнітів і механічні характеристики апаратів.
42. Сповільнення й прискорення дії електромагніта.
43. Гальмівні пристрої.
44. Поляризовані електромагнітні системи. Принцип дії. Розрахунок тягових сил.
45. Форми поляризованих магнітних систем. Область застосування.
46. Вимикачі автоматичні.
47. Вимикачі неавтоматичні.
48. Вимикачі і перемикачі пакетні.
49. Запобіжники плавкі.
50. Резистори, реостати.
51. Гасіння дуги в повздовжніх щілинах.
52. Рух відкритої дуги. Широкі та вузькі щілини.
53. Полум'я дуги й боротьба з ним.
54. Газодинамічні явища в закритих дугогасильних камерах.
55. Гасіння електричної дуги високим тиском.
56. Гасіння електричної дуги в маслі..
57. Гасіння електричної дуги повітряним дуттям.
58. Гасіння електричної дуги в елегазі.
59. Гасіння електричної дуги у вакуумі.
60. Високовольтні масляні вимикачі. Принцип дії, характеристики
61. Вимикачі високовольтні повітряні. Принцип дії, характеристики.
62. Вимикачі електромагнітні. Принцип дії, характеристики.
63. Вимикачі елегазові. Принцип дії, характеристики.
64. Високовольтні вакуумні вимикачі. Принцип дії, характеристики
65. Апарати низької напруги безконтактні. Загальні відомості.
66. Підсилювачі на біполярних транзисторах.
67. Підсилювачі на польових транзисторах.
68. Принцип роботи тиристорів. Вольтамперна характеристика тиристора.
69. Принципи створення безконтактних вимикачів.
70. Вимикачі тиристорні змінного струму.
71. Вимикачі тиристорні постійного струму.

7. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Базова

1. Родштейн Л.А. Электрические аппараты. -Л. :Энергоатомиздат, 1989. - 304 с. :ил.
2. Чунихин А.А. Электрические аппараты. -М. :Энергоатомиздат, 1989.
3. Основы теории электрических аппаратов /под ред. Таева И.С.-М.: 1987.
4. Шопен Бесконтактные электрические аппараты автоматики.-М.: 1986.
5. Коробков Ю.С., Флора В.Д. Электромеханические аппараты автоматики. -М. :Энергоатомиздат, 1991.
6. Электромеханические аппараты автоматики. /Б.К.Буль, О.Б.Буль В.А.Азанов, В.Н.Шоффа. -М. :Высшая школа. 1988.-303 с: ил.
7. Михайлов О.П., Стоколов В.Е. Электрические аппараты и средства автоматизации. -М. :Машиностроение, 1982 .
8. Таев И.С. Электрические аппараты автоматики и управления. -М. :Высшая школа, 1975.
9. Теория электрических аппаратов /Г.Н.Александров, В.В.Борисов и др./ -М.:Высшая школа, 1985.

Допоміжна

1. Васильев А.А., Крючков И.Л. Электрическая часть станций и подстанций. -М. : Энергоатомиздат, 1990. -576 с.
2. Игловский И.Г., Владимиров Г.В. Справочник по электромагнитным реле. 3-е изд. переработ, и доп. -Л. :Электроатомиздат, 1990, с.558.
3. Кузнецов Р.С. Аппараты распределения электрической энергии на напряжение до 1000 В. -М. :Энергия, 1970.
4. Миловзоров В.П. Электромагнитные устройства автоматики. -М. :Высшая школа. 1983.
5. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть станций и подстанций. -М. : Энергоиздат, 1989.
6. Томас Р.К. Коммутационные устройства. Справочное пособие.-М. :Радио и связь. 1982. -80 с.
7. Таев И.С. Электрические аппараты управления. -М.:Высшая школа,1984.
8. Проектирование электрических аппаратов /Г.Н.Александров, В.В.Борисов и др. -Л. :Энергоатомиздат, 1985.