

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Кафедра електротехніки, електромеханіки та електротехнологій

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження
Каплун В.В.
“30” 05. 2023 р.

РОЗГЛЯНУТО І СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри електротехніки,
електромеханіки та електротехнологій
Протокол № 12 від 29 травня 2023 р.

В.о.завідувача кафедри
Окушко О.В.

РОЗГЛЯНУТО
Гарант ОП «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
Синявський О.Ю.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Силві перетворювачі енергії
(Повний термін навчання)

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження
Розробник

Київ – 2023 р.

1. Опис навчальної дисципліни ” Силові перетворювачі енергії ”

Галузь знань, напрям підготовки, спеціальність, освітньо-кваліфікаційний рівень		
Освітній ступінь	Бакалавр	
Спеціальність	141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Освітня програма	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	
Характеристика навчальної дисципліни		
Вид	Вибіркова	
Загальна кількість годин	180	
Кількість кредитів ECTS	6	
Кількість змістових модулів	3	
Курсовий проект (робота) (якщо є в робочому навчальному плані)		
Форма контролю	Іспит	
Показники навчальної дисципліни для денної та заочної форм навчання		
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Рік підготовки	3	-
Семестр	1	-
Лекційні заняття	30	-
Практичні, семінарські заняття	-	-
Лабораторні заняття	30	-
Самостійна робота	120	-
Індивідуальні завдання	-	-
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних	4	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета формування у студентів комплексу знань про фізичні процеси, що протікають в силових перетворювачах енергії (напівпровідникові імпульсні блоки живлення) електронної техніки, що використовуються в електрообладнанні, КВП і засобах автоматики, основні характеристики напівпровідникових елементів, а також вироблення у студентів фізичного та інженерного підходу при розробці, ремонті та експлуатації приладів, пристроїв та обладнання і виборі матеріалів до них.

Завдання вивчення дисципліни є засвоєння основ напівпровідникової імпульсної схемотехніки, яка використовується в електрообладнанні, КВП і засобах автоматики, ознайомлення з їх властивостями і залежністю останньої від різних технологічних та експлуатаційних факторів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: на ознайомчо-орієнтовному рівні

- класифікацію сучасних напівпровідникових елементів;
- особливості використання напівпровідникових елементів в електронних перетворювачах енергії;

на понятійно-аналітичному рівні

- фізична сутність процесів та явищ, що відбуваються в сучасних імпульсних перетворювачах енергії;
- основні кількісні характеристики, що описують перетворювачі енергії;
- області практичного використання різних напівпровідникових елементів в електронних перетворювачах енергії;

на продуктивно-синтетичному рівні

- ряд експериментальних методів в області імпульсної схемотехніки.

вміти: на діагностичному рівні

- експериментальним та розрахунковим шляхами визначати характеристики напівпровідникових елементів, важливі для використання в електронній техніці;

- виконувати ефективний вибір напівпровідникових елементів при розробці електронних пристроїв різного призначення.

Набуття компетентностей:

- **інтегральна компетентність (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.

- **фахові (спеціальні) компетентності (ФК):**

- ФК3. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних систем та мереж, електричної частини станцій і підстанцій та техніки високих напруг.

- ФК9. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

- ФК10. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПРН03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.
- ПРН07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах
- ПРН09. Уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

3. Програма та структура навчальної дисципліни для :

Змістовий модуль 1. Основи джерел живлення

Тема лекційного заняття 1. Напівпровідники: Діоди. Умовні позначення діодів на схемах. Напрямок протікання струму діода. Вольт-амперні характеристики діодів. Основні параметри діодів. Максимальний струм і потужність діода.

Тема лекційного заняття 2. Основи джерел живлення. Трансформатор. Випрямляч. Фільтр. Блок регулятора/стабілізатора.

Змістовий модуль 2. Регулювання потужності на основі тиристорів.

Тема лекційного заняття 3. Напівпровідники: Тиристиори – визначення, види, умовне позначення та принцип роботи. Параметри тиристора. Вольт-амперна характеристика тиристора. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах постійного струму. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах змінного струму.

Тема лекційного заняття 4. Напівпровідники: Симистори. Вольт-амперна характеристика симистора. Симисторні квадранти. Симистор з внутрішнім тригером (Quadrac).

Тема лекційного заняття 5. Напівпровідники: Діак. Вольт-амперна характеристика діака. Базова схема диммера: діак з симистором. Контроль фазового зсуву.

Змістовий модуль 3. Імпульсні джерела живлення

Тема лекційного заняття 6. Індуктивність. Зберігання енергії в ланцюзі постійного струму. Фактори, що впливають на індуктивність. Напруга та ЕРС.

Тема лекційного заняття 7. Напівпровідники: Біполярний транзистор (BJT). Типи біполярних транзисторів. Конфігурації біполярних транзисторів. Біполярний транзистор як комутатор. Основні параметри біполярного транзистора.

Тема лекційного заняття 8. Напівпровідники: Польовий транзистор MOSFET. N-канальний MOSFET як комутатор. P-канальний MOSFET як комутатор. Основні параметри MOSFET-транзистора. Паразитні ємності MOSFET-транзистора. Паралельне увімкнення MOSFET-транзисторів.

Тема лекційного заняття 9. Напівпровідники: IGBT - біполярний транзистор з ізолюваним затвором. IGBT-транзистор – гібридний прилад. Умовне позначення та внутрішня структура IGBT-транзистора. Основні параметри IGBT-

транзистора. Паразитні ємності IGBT-транзистора. Класифікація IGBT-транзисторів швидкодії. IGBT-модулі. MOSFET vs. IGBT. Області застосування. Порівняльна таблиця IGBT, BJT та MOSFET.

Тема лекційного заняття 10. Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Що таке широтно-імпульсна модуляція. Як генерується сигнал широтно-імпульсної модуляції. Важливі параметри, пов'язані з сигналом ШІМ. Типи ШІМ.

Тема лекційного заняття 11. Імпульсні джерела живлення (Switched Mode Power Supplies - SMPS). Загальний дизайн імпульсного джерела живлення.

Тема лекційного заняття 12. Імпульсні понижуючі перетворювачі (Buck Converters)

Тема лекційного заняття 13. Імпульсні підвищуючі перетворювачі (Boost Converters)

Тема лекційного заняття 14. Імпульсні понижувально-підвищувальні перетворювачі (Buck-Boost Converters)

Тема лекційного заняття 15. Силові транзистори та радіатори. Силові транзистори. Радіатори. Паралельні транзистори для потужних застосувань

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усь го	у тому числі					усь ого	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1. Основи джерел живлення												
Тема 1. Напівпровідники: Діоди. Умовні позначення діодів на схемах. Напрямок протікання струму діода. Вольт-амперні характеристики діодів. Основні параметри діодів. Максимальний струм і потужність діода.	12	2		2		8						
Тема 2. Основи джерел живлення. Трансформатор. Випрямляч. Фільтр. Блок регулятора/стабілізатора.	12	2		2		8						
Разом за змістовим модулем 1	24	4		4		16		2				
Змістовий модуль 2. Регулювання потужності на основі тиристорів.												
Тема 3. Напівпровідники: Тиристиори – визначення, види, умовне позначення та принцип роботи. Параметри тиристора. Вольт-амперна характеристика тиристора. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах постійного струму. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах змінного струму.	12	2		2		8						
Тема 4. Напівпровідники: Симистори. Вольт-амперна характеристика симистора. Симисторні квадранти. Симистор з внутрішнім тригером (Quadrac).	12	2		2		8						
Тема 5. Напівпровідники: Діак. Вольт-амперна характеристика діака. Базова схема диммера: діак з симистором. Контроль фазового зсуву.	12	2		2		8						
Разом за змістовим модулем 2	36	6		6		24						
Змістовий модуль 3. Імпульсні джерела живлення												
Тема 6. Індуктивність. Зберігання енергії в ланцюзі постійного струму. Фактори, що впливають на індуктивність. Напрямок та ЕРС. Ємність. Ланцюг заряджання RC. Криві заряджання RC.	2	2		2		8						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Тема 7. Напівпровідники: Біполярний транзистор (BJT). Типи біполярних транзисторів. Конфігурації біполярних транзисторів. Біполярний транзистор як комутатор. Основні параметри біполярного транзистора.	2	2		2		8						
Тема 8. Напівпровідники: Польовий транзистор MOSFET. N-канальний MOSFET як комутатор. P-канальний MOSFET як комутатор. Основні параметри MOSFET-транзистора. Паразитні ємності MOSFET-транзистора. Паралельне увімкнення MOSFET-транзисторів.	2	2		2		8						
Тема 9. Напівпровідники: IGBT - біполярний транзистор з ізольованим затвором. IGBT-транзистор – гібридний прилад. Умовне позначення та внутрішня структура IGBT-транзистора. Основні параметри IGBT-транзистора. Паразитні ємності IGBT-транзистора. Класифікація IGBT-транзисторів швидкодії. IGBT-модулі. MOSFET vs. IGBT. Області застосування. Порівняльна таблиця IGBT, BJT та MOSFET.	2	2		2		8						
Тема 10. Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Що таке широтно-імпульсна модуляція. Як генерується сигнал широтно-імпульсної модуляції. Важливі параметри, пов'язані з сигналом ШІМ. Типи ШІМ.	2	2		2		8						
Тема 11. Імпульсні джерела живлення (Switched Mode Power Supplies - SMPS). Загальний дизайн імпульсного джерела живлення.	2	2		2		8						
Тема 12. Імпульсні понижуючі перетворювачі (Buck Converters)	2	2		2		8						
Тема 13. Імпульсні підвищуючі перетворювачі (Boost Converters)	2	2		2		8						
Тема 14. Імпульсні понижувально-підвищувальні перетворювачі (Buck-Boost Converters)	2	2		2		8						
Тема 15. Силкові транзистори та радіатори. Силкові транзистори. Радіатори. Паралельні транзистори для потужних застосувань.	2	2		2		8						
Разом за змістовим модулем 3	120	20		20		80						
Усього	180	30		30		120						

5. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Блок живлення. Цифровий генератор сигналів. Цифровий осцилограф.	2
2.	Дослідження випрямлячів змінного струму.	2
3.	Дослідження фільтрів змінного струму.	2
4.	Кремнієві керовані випрямлячі в ланцюгах постійного струму.	2
5.	Кремнієві керовані випрямлячі в ланцюгах змінного струму.	2
6.	Керування живленням із використанням симистора та діака.	2
7.	Біполярний (BJT) транзистор як комутатор.	2
8.	Польовий MOSFET транзистор як комутатор.	2
9.	Широтно-імпульсна модуляція.	2
10.	Імпульсний понижуючий перетворювач.	2
11.	Імпульсний понижуючий перетворювач з негативним живленням.	2
12.	Імпульсний підвищуючий перетворювач.	2
13.	Імпульсний понижуючо-підвищуючий перетворювач.	2
14.	Силові транзистори та радіатори.	2

6. Теми самостійної роботи

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		

7. Контрольні питання, комплекси текстів для визначення рівня засвоєння знань студентами

1. Напівпровідники: Діоди. Умовні позначення діодів на схемах. Напрямок протікання струму діода.
2. Напівпровідники: Діоди. Вольт-амперні характеристики діодів. Основні параметри діодів.
3. Напівпровідники: Діоди. Максимальний струм і потужність діода.
4. Основи джерел живлення. Трансформатор. Випрямляч. Напівхвильове випрямлення.
5. Основи джерел живлення. Трансформатор. Випрямляч. Повнохвильове випрямлення.
6. Основи джерел живлення. Трансформатор. Випрямляч. Мостове випрямлення.
7. Основи джерел живлення. Фільтр. Накопичувальний конденсатор. Пульсація змінного струму. Блок регулятора/стабілізатора.
8. Основи джерел живлення. Фільтри низьких частот.
9. Основи джерел живлення. Блок регулятора/стабілізатора. Послідовний і шунтовий регулятори.
10. Напівпровідники: Тиристри – визначення, види, умовне позначення та принцип роботи. Області застосування. Основні параметри тиристора.
11. Напівпровідники: Тиристри. Вольт-амперна характеристика тиристора. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах постійного струму.
12. Напівпровідники: Тиристри. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах змінного струму. Базовий резистивний контроль.
13. Напівпровідники: Тиристри. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах змінного струму. Повнохвильовий резистивний контроль.
14. Напівпровідники: Тиристри. Кремнієві керовані випрямлячі (SCR) в ланцюгах змінного струму. Контроль фази SCR.
15. Напівпровідники: Симистори. Вольт-амперна характеристика симистора. Симисторні квадранти.
16. Напівпровідники: Діак. Вольт-амперна характеристика діака. Базова схема диммера: діак з симистором. Контроль фазового зсуву.
17. Базова схема диммера: діак з симистором. Контроль фазового зсуву.
18. Оптично зв'язані пристрої: оптичні симистори та твердотільні реле.
19. Порівняння твердотільного та механічного перемикачів.
20. Індуктивність. Послідовний ланцюг LR. Зберігання енергії в ланцюзі постійного струму.
21. Індуктивність. Послідовний ланцюг LR. Фактори, що впливають на індуктивність.
22. Індуктивність. Послідовний ланцюг LR. Напруга та ЕРС. Зворотня ЕРС. Захист від зворотної ЕРС.
23. Ємність. Послідовний ланцюг RC. Криві заряджання RC
24. Напівпровідники: Біполярний транзистор (BJT). Типи біполярних транзисторів. Конфігурації біполярних транзисторів.
25. Напівпровідники: Біполярний транзистор (BJT). Біполярний транзистор як комутатор. Базова схема комутації транзистора NPN.

26. Напівпровідники: Базова схема комутації транзистора NPN. Основні параметри біполярного транзистора.
27. Напівпровідники: Польовий транзистор MOSFET. N-канальний MOSFET як комутатор. Приклад використання MOSFET як комутатора.
28. Напівпровідники: Польовий транзистор MOSFET. Управління двигуном постійного струму N-канальним MOSFET.
29. Напівпровідники: Польовий транзистор MOSFET. P-канальний MOSFET як комутатор. Напівмостова схема контролю двигуна постійного струму.
30. Напівпровідники: Основні параметри MOSFET-транзистора.
31. Напівпровідники: Паразитні ємності MOSFET-транзистора. Паралельне увімкнення MOSFET-транзисторів.
32. Напівпровідники: IGBT - біполярний транзистор з ізольованим затвором. IGBT-транзистор – гібридний прилад. Переваги і області використання. Умовне позначення та внутрішня структура IGBT-транзистора.
33. Напівпровідники: Основні параметри IGBT-транзистора. Паразитні ємності IGBT-транзистора. Класифікація IGBT-транзисторів швидкодії. IGBT-модулі. MOSFET vs. IGBT. Області застосування. Порівняльна таблиця IGBT, VJT та MOSFET.
34. Напівпровідники: Паразитні ємності IGBT-транзистора. Класифікація IGBT-транзисторів швидкодії. Порівняльна таблиця застосування IGBT, VJT та MOSFET.
35. Напівпровідники: Оптичні пристрої. Оптичні пристрої та фототранзистори. Схема драйверу двигуна на PC817.
36. Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Що таке широтно-імпульсна модуляція. Як генерується сигнал широтно-імпульсної модуляції. Важливі параметри, пов'язані з сигналом ШІМ.
37. Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Типи ШІМ – симетрична та асиметрична.
38. Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ). Застосування, переваги і недоліки.
39. Імпульсні джерела живлення (Switched Mode Power Supplies - SMPS). Загальний дизайн (блок-схема) імпульсного джерела живлення.
40. Імпульсні джерела живлення (Switched Mode Power Supplies - SMPS). Зворотній зв'язок. Регулювання напруги і струму.
41. Імпульсні понижуючі перетворювачі (Buck Converters). Вхід змінного або постійного струму.
42. Імпульсні понижуючі перетворювачі (Buck Converters). Робота понижувального конвертера.
43. Імпульсні понижуючі перетворювачі (Buck Converters). Понижуючий конвертер для негативного живлення.
44. Імпульсні підвищуючі перетворювачі (Boost Converters). Робота підвищувального перетворювача
45. Імпульсні понижувально-підвищувальні перетворювачі (Buck-Boost Converters). Робота в якості понижувального перетворювача
46. Імпульсні понижувально-підвищувальні перетворювачі (Buck-Boost Converters). Робота в якості підвищувального перетворювача

- 47.Силові транзистори та радіатори. Силові транзистори. Потужність і температура. Радіатори. Паралельні транзистори для потужних застосувань
- 48.Силові транзистори та радіатори. Вибір правильного радіатора.

Тестові завдання

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ			
ОС «Бакалавр» напрям підготовки 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Кафедра Електротехніки, електромеханіки та електротехнологій	ЕКЗАМЕНАЦІЙНИЙ БІЛЕТ № _____ З дисципліни «Силові перетворювачі енергії»	ЗАТВЕРДЖУЮ Завідувач кафедри _____ Окушко О.В. «___» _____ 2023 р
<i>Екзаменаційне запитання (максимальна оцінка 10 балів за відповідь на кожне запитання)</i>			
1. Напівпровідники: Діоди. Умовні позначення діодів на схемах. Напрямок протікання струму діода.			
2. Основи джерел живлення. Трансформатор. Випрямляч. Напівхвильове випрямлення.			
<i>Тест (максимальна оцінка 1 бал за відповідь на кожний тест)</i>			
№	Питання	Відповідь	
1.	Що таке імпульсний силовий перетворювач енергії?		
a	Пристрій для збереження енергії сонця.		
b	Силовий електронний пристрій, який перетворює електричну енергію в імпульси і надалі в інші форми енергії.	V	
c	Пристрій для зберігання даних.		
2.	Що таке ємність в силовій електроніці?		
a	Маса обладнання.		
b	Властивість елементів зберігати електричну потенціальну енергію.	V	
c	Специфікація електронних компонентів.		
3.	Що таке біполярний транзистор у силових перетворювачах енергії?		
a	Електромеханічний перемикач для вимірювання струму.		
b	Полупровідниковий елемент, який використовується для комутації та керування силовими струмами у перетворювачах енергії.	V	
c	Простий прилад для регулювання гучності звуку.		
4.	Що таке MOSFET та IGBT транзистори у силових перетворювачах енергії?		
a	Дроселі для фільтрації шумів.		
b	Полупровідникові прилади для комутації та керування струмом та напругою в силових ланцюгах.	V	
c	Трансформатори для збільшення напруги.		
5.	Які транзистори ширше використовуються в силових перетворювачах енергії?		
a	Тільки VJT.		
b	Тільки MOSFET.		
c	VJT, MOSFET та IGBT.	V	
6.	Що представляє собою широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) в силових перетворювачах енергії?		
a	Систему акустичного керування.		
b	Техніку керування широтою імпульсів для регулювання напруги чи струму в силовому ланцюзі.	V	
c	Спосіб роботи лазерного принтера.		

7.	Що представляють собою понижуючі силові перетворювачі енергії (Buck Converters)?	
a	Пристрої для збільшення напруги.	
b	Електронні пристрої для зниження напруги та регулювання струму в силових ланцюгах.	V
c	Розетки для підключення електричних приладів.	
8.	Що таке підвищуючий силовий перетворювач (Boost Converter)?	
a	Прилад для вимірювання тиску.	
b	Силовий електронний пристрій, який підвищує вхідну напругу та стабілізує вихідну напругу.	V
c	Електричний пристрій для вимірювання вологості повітря.	
9.	Що таке понижуючо-підвищуючий силовий перетворювач (Buck-Boost Converter)?	
a	Простий електронний перетворювач.	
b	Силовий електронний пристрій, який може знижувати або підвищувати вхідну напругу для стабілізації вихідної напруги.	V
c	Він призначений для перетворення змінного струму в постійний.	
10.	Для чого використовують радіатори в силових перетворювачах енергії?	
a	Для отримання радіосигналів.	
b	Для охолодження транзисторів та відведення тепла, що виникає під час роботи.	V
c	Для збільшення ваги пристрою.	

Доцент

Окушко О.В.

8. Методи навчання

Під час вивчення дисципліни мають застосовуватися методи пізнання: аналітичний, синтетичний, індуктивний, дедуктивний, а також методи самостійної розумової діяльності: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

9. Форми контролю

Оцінювання якості знань студентів, в умовах організації навчального процесу за кредитно-модульною системою здійснюється шляхом поточного, модульного, підсумкового (семестрового) контролю за 100-бальною шкалою оцінювання, за шкалою ECTS та національною шкалою оцінювання.

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Поточний контроль		Рейтинг з навчальної роботи R НР	Рейтинг з додаткової роботи R ДР	Рейтинг штрафний R ШТР	Підсумкова атестація (екзамен чи залік)	Загальна кількість балів
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2					
0-100	0-100	0-70	0-20	0-5	0-30	0-100

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

11. Методичне забезпечення

1. Підручники та посібники, стандарти зазначені у списку літератури.
2. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт.
3. Нормативні документи.
4. Таблиці, схеми і плакати з технічного сервісу енергообладнання, виготовлені на кафедрі, а також типографічним способом.
5. Стенди із зразками електродвигунів, апаратів керування і захисту.
6. Лабораторні установки з електроприводу.

12 Рекомендована література

Основна:

1. Б. А. Галицький, В. Г. Гігін, О. В. Золотов, "Силові електронні пристрої: Підручник", Київ, 2005.
2. Рашель, С. Р., "Силові перетворювачі енергії", Київ, 2010.
3. Маракеш, О. І., "Діодні силові перетворювачі: Підручник", Київ, 2017.
4. Робертс, В. Ф., "Імпульсні перетворювачі електроенергії", 2009.
5. Робертс, В. Ф., "Сучасні методи регулювання та модулювання імпульсних силових перетворювачів енергії", Київ, 2012.
6. Рашель, С. Р., "Силові перетворювачі енергії для промислових електроприводів", Київ, 2019.

Допоміжна:

1. Rashid, M. H. "Power Electronics Handbook." Academic Press, 2018.
2. Марковский, В. С., "Теория импульсных и дискретных силовых преобразователей", 2007.
3. Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. "Power Electronics: Converters, Applications, and Design." Wiley, 2002.
4. Ned Mohan, Tore M. Undeland, William P. Robbins. "Power Electronics: Converters, Applications, and Design." John Wiley & Sons, 2018.
5. Kassakian, J. G., Schlect, J. R., & Verghese, G. C. "Principles of Power Electronics." Addison-Wesley, 1991.
6. Issa Batarseh, Peter Al Sabbagh. "Introduction to Power Electronics." CRC Press, 2020.
7. Hart, D. W. "Introduction to Power Electronics." Pearson, 2011.
8. Sinha, S. N. "Power Electronics." McGraw-Hill, 1991.
9. Ned Mohan, William P. Robbins, Tore M. Undeland. "Power Electronics: Converters, Applications, and Design." John Wiley & Sons, 2015.

Стандарти:

1. ДСТУ 2267-93 Вироби електротехнічні. Терміни та визначення
2. ДСТУ ІЕС 60050-161-2003 Словник електротехнічних термінів. Глава 161. Електромагнітна сумісність (ІЕС 60050-161:1990, IDT)
3. ДСТУ ІЕС 60050-300-312:2006 Електротехнічний словник термінів. Електричні та електронні вимірювання і засоби вимірювальної техніки. Частина 312. Загальні терміни щодо електричного вимірювання (ІЕС 60050-300:2001, IDT)
4. ДСТУ ІЕС 60050-300-313:2006 Електротехнічний словник термінів. Електричні та електронні вимірювання і засоби вимірювальної техніки. Частина 313. Типи електричних засобів вимірювальної техніки (ІЕС 60050-300:2001, IDT)
5. ДСТУ ІЕС 60331-12:2007 Випробування електричних кабелів вогнем. Цілісність кіл. Частина 12. Устаткування для випробування за температури полум'я не менш ніж 830° С і механічного удару (ІЕС 60331-12:2002, IDT)
6. ДСТУ ІЕС 60331-25:2007 Випробування електричних кабелів вогнем. Цілісність кіл. Частина 25. Методика випробування. Волоконно-оптичні кабелі (ІЕС 60331-25:1999, IDT)
8. ДСТУ 2225-95 (ГОСТ 30421-96) Вимірювачі електричної ємності активного опору та тангенсу кута втрат високовольтні. Загальні технічні умови.

9. ДСТУ 2718-94 (ГОСТ 30217-94) Міри індуктивності, взаємної індуктивності і комплексної взаємної індуктивності. Загальні технічні умови

10. ДСТУ 2816-94 Матеріали магнітні. Методи визначення статичних магнітних характеристик зразків магніто-твердих матеріалів

11. ДСТУ ІЕС 60477-2001 Резистори постійного струму лабораторні (ІЕС 60477:1974)

12. ДСТУ ІЕС 60477-2-2001 Резистори лабораторні. Частина 2. Резистори змінного струму лабораторні (ІЕС 60477-2:1979, IDT)

13. ДСТУ ІЕС 60564:2004 Мости постійного струму для вимірювання опору (ІЕС 60564:1977, IDT)

Інформаційні ресурси

1. http://ftemk.mpei.ac.ru/foetm/files/foetm_book01.htm

2. <http://www.toroid.ru/sprav.html>

3. <http://politech.km.ua/view.php?scid=1&postid=118>

4. <http://electrofaq.com/ETMbook/CONDUCT/CON1.HTM>

5. <http://www.polymerbranch.com/catalogp.html>

6. <http://www.polimerportal.ru/index.php/2008/11/prirodnye-i-sinteticheskie-smoly/>

7. <http://plastmassa.net/notation/>

8. <http://mechanician.ru/content/blogcategory/17/36/>

9. <http://www.dpva.info/Guide/GuidePhysics/ElectricityAndMagnethism/ElectricalHardnessMaterials/ElectricalHardnessMaterialsANDAirsmall/>

10. <http://www.portalnano.ru/toplevel/?id=5>.