

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
Кафедра програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

Код РПНД: Т72317



РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни обов'язкова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання українська
українська/англійська

Миколаїв – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетична електроніка та автономні перетворювачі» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

спеціальності 171 «Електроніка»

освітня програма «Електронні системи»

" 22 " травня 2020 року. – с.

Розробник: Жук О.К., к.т.н., доцент, доцент ПЕЕТ.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ»

к.т.н., доц. Дьяконов О.С.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ» розглянуто на засіданні кафедри програмованої електроніки, електротехніки і телекомунікацій

Протокол № 11 від «06» 06 2023 р.

Завідувач кафедри ПЕЕТ

д.т.н., проф. Рябенський В.М.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ» розглянуто методичною радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки

Протокол № 10 від «19» 06 2023 р.

Голова

к.т.н., доцент Жук Д.О.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу

к.т.н., доц. Лабарткава А.В.

Робоча програма навчальної дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ» затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 5 від «28» 06 2023 р.

Голова НМР НУК

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни.....	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікувані результати навчання.....	6
5. Програма навчальної дисципліни.....	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування	12
7. Форми поточного та підсумкового контролю	13
8. Критерії оцінювання результатів навчання.....	17
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	18
10. Рекомендовані джерела інформації.....	18

ВСТУП

Анотація

Вивчення дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ» є необхідною умовою формування професійної компетентності, сприяє ефективнішому розвитку особистого інтелектуального потенціалу, а також є важливою передумовою отримання студентами навичок з розробки засобів силової електроніки з використанням автономних напівпровідникових перетворювачів електроенергії, а також забезпечення їх необхідних технічних характеристик. Програма дисципліни має за мету опанування здобувачами освіти основних принципів семотехніки, методів розрахунку і дослідження сучасної силової напівпровідникової техніки, яка стандартно застосовується в електротехнічних системах і комплексах у промисловості та на морі.

Курс «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ» носить міждисциплінарний характер з використанням технічних засобів навчання, сучасних технологій оволодіння практичними навичками розробки і дослідження пристроїв силової електроніки для галузі електроенергетики, та є обов'язковою для вивчення дисципліною фахової підготовки студентів.

Ключові слова: Напівпровідники, прилади, випрямлячі, інвертори напруги, інвертори стуму, резонансні перетворювачі, примусова комутація, природна комутація ключові пристрої, перетворювачі частоти, регулятори напруги.

Abstract

The development of the discipline "ENERGY ELECTRONICS AND AUTONOMIC TRANSLATION" is the necessary mental formation of professional competence, which contributes to the effective development of a special intellectual potential, as well as an important rethinking from hiring students for beginners in the development of power electronics and in the selection of stand-alone power supplies, as well as the provision of their necessary technical characteristics. The program of discipline may be for the purpose of investigating the basic principles of electrical engineering, methods of calculation and maintaining modern power and heating equipment, as a standard applied in electrical systems and industrial complexes on the sea.

The course "ENERGY ELECTRONICS AND AUTONOMOUS CONVERSIONS" should be of an interdisciplinary nature with a variety of technical training, modern technologies and practical skills for the development and completion of power electronics for the gallery electric power industry, that is the main for the discipline of special training of students.

Key words: Heaters, fittings, rectifiers, voltage inverters, noise inverters, resonant switching, primus switching, natural switching of key attachments, frequency switching, voltage regulators.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 7	Галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації	Обов'язкова	Обов'язкова
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		3-й	3-й
Електронний адрес РПНД на сайті Університету	Спеціальність – 171 Електроніка Освітня програма – Електронні системи	Семестр	
		5-й	5-й
		Лекцій	
		30 год.	10 год.
		Практичні	
		30 год.	10 год.
Індивідуальне науково-дослідне завдання: –	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Лабораторні	
		30 год.	10 год.
Загальна кількість годин: 210		Самостійна робота	
		120 год.	180 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 6; самостійної роботи студента – 8;		Індивідуальні завдання: не передбачено	
		Вид контролю: екзамен	
Тижневих годин для заочної форми навчання: аудиторних – 3; самостійної роботи студента – 18.		Форма контролю: екзамен	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни *«ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ»* є засвоєння студентами знань побудови сучасних, принципів роботи і дослідження засобів енергетичної електроніки і напівпровідникової перетворювальної техніки загального та спеціального призначення, оволодіння уміннями і навичками їх практичного використання та формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ЗК7. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- СК1. Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки;
- СК2. Здатність виконувати аналіз предметної області та нормативної документації, необхідної для проектування та застосування приладів, пристроїв та систем електроніки;
- СК8. Здатність вирішувати інженерні задачі в галузі електроніки з урахуванням всіх аспектів розробки, проектування, виробництва, експлуатації та модернізації електронних приладів, пристроїв та систем.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни є дисципліна: ОК18 «Схемотехніка».

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- ПРН1. Описувати принцип дії за допомогою наукових концепцій, теорій та методів та перевіряти результати при проектуванні та застосуванні приладів, пристроїв та систем електроніки;
- ПРН17. Демонструвати навички проведення експериментальних досліджень, пов'язаних з професійною діяльністю; вдосконалювати методики вимірювання; контролювати достовірність отриманих результатів; систематизувати та аналізувати дані, отримані експериментальним шляхом.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Елементна база силових схем напівпровідникових перетворювачів і методи аналізу пристроїв енергетичної електроніки. Напівпровідникові перетворювачі електроенергії з природною комутацією, ведені мережею.

ТЕМА 1. Силові напівпровідникові ключі, конденсатори, резистори і елементи захисту пристроїв енергетичної електроніки.

Лекція 1. Вступна. Роль і місце дисципліни “Енергетична електроніка” у підготовці сучасних спеціалістів з електроніки. Тенденції розвитку енергетичної електроніки. Силові діоди. Призначення і класифікація. Будова і схема заміщення. Статичні і динамічні характеристики. Параметри силових діодів і їх різновиди. *Література:* [1, розд. 1-6].

Лекція 2. Тиристори. Призначення, класифікація і будова. Статичні і динамічні характеристики. Параметри і різновиди тиристорів (GTO, GCT, IGCT, MCT). *Література:* [2] с. 326-340; [3] с. 26-34; [4] с. 122-137.

Лекція 3. Транзисторні ключі на базі біполярних і польових транзисторів. Статичні і динамічні характеристики та параметри транзисторних ключів. Гібридні IGBT ключі та модулі на їх основі. *Література:* [4] с. 137-181; [5] с. 337-429; [6] с. 210-255.

Лекція 4. Трансформатори і реактори, їх призначення і класифікація. Основні параметри, схеми заміщення і характеристики трансформаторів і реакторів. *Література:* [3] с. 233-238; [7]; [8].

ТЕМА 2. Методи розрахунку і моделювання перетворювальних пристроїв. Випрямлячі і ведені інвертори.

Лекція 5. Призначення і класифікація конденсаторів і резисторів у складі силових схем напівпровідникових перетворювачів. Основні параметри, схеми заміщення і частотні характеристики, різновиди і галузі застосування конденсаторів і резисторів. Елементи захисту напівпровідникових перетворювачів для обмеження струмів і напруг. *Література:* [3] с. 143-147; [8].

Лекція 6. Аналітичні методи розрахунку процесів в напівпровідникових перетворювачах (кусково-припасовочний, різницевого рівнянь, еквівалентних джерел, гармонічного аналізу, основної гармоніки, фазової площини, комутаційних функцій) і їх застосування спільно з пакетом MathCad. Комп'ютерне моделювання напівпровідникових перетворювачів з використанням прикладних пакетів Matlab+Simulink, MicroCap, WorkBench. *Література:* [8]; [9] с. 19-42.

Лекція 7. Схеми однофазних та багатофазних випрямлячів. Принципи роботи, основні показники та порівняльний аналіз. Регульовальні характеристики ідеальних керованих випрямлячів при активному і активно-індуктивному навантаженні. Явище комутації і зовнішні характеристики керованих випрямлячів в безперервному режимі. *Література:* [11]; [12] с. 62-149.

Лекція 8. Робота керованого випрямляча на проти-ЕРС. Переривчастий і граничний режими. Зовнішні характеристики випрямляча в переривчастому режимі. *Література:* [4] с. 102-104; [11].

Змістовий модуль 2. Напівпровідникові перетворювачі електроенергії з примусовою комутацією.

ТЕМА 3. Енергетичні характеристики керованих випрямлячів, ведені інвертори та їх системи керування.

Лекція 9. ККД і коефіцієнт потужності випрямляча. Гармоніки у складі випрямленої напруги і споживаного струму. Шляхи покращення енергетичних показників випрямлячів і зменшення їх впливу на мережу живлення і навантаження (схеми з нульовими вентилями та несиметричне керування, фазоступінчасте регулювання, застосування запірних вентилів, умовно дванадцятифазна схема, вхідні та згладжувальні фільтри. *Література:* [4] с. 137-181; [11].

Лекція 10. Ведені інвертори. Перехід від випрямного до інверторного режиму. Регульовальні і зовнішні характеристики, умови стійкої роботи веденого інвертора. Реверсивні перетворювачі, способи їх керування, зовнішні і регульовальні характеристики. *Література:* [11]; [12] с. 62-149.

Лекція 11. Системи керування веденими перетворювачами. Основні типи, принципи роботи і функціональні схеми систем імпульсно-фазового керування (СІФК). Одно- та багатоканальні, синхронні та асинхронні СІФК. *Література:* [11]; [12] с. 62-149.

ТЕМА 4. Імпульсні перетворювачі постійної напруги (ІППН), автономні інвертори, перетворювачі частоти і фільтрокомпенсуючі пристрої.

Лекція 12. Безпосередні ІППН знижувального, підвищувального і інвертуючого типів. Нереверсивні і реверсивні знижувальні ІППН. Схеми, способи керування, регульовальні і зовнішні характеристики при роботі на активно-індуктивне навантаження при відсутності та наявності проти-ЕРС. *Література:* [4] с. 102-104; [11].

Лекція 13. Автономні інвертори струму (АІС) на тиристорах (паралельний, послідовний, паралельно-послідовний, з «відсікаючими» діодами; схеми і характеристики. Способи регулювання вихідної напруги АІС. Автономні інвертори напруги (АІН) на запірних вентилях. Однофазний мостовий та трифазний мостовий АІН; схеми і характеристики. Регулювання величини і форми вихідної напруги АІН. АІН з ШІМ. *Література:* [4] с. 137-181; [11]; [11]; [12] с. 62-149.

Лекція 14. Пасивні некеровані та керовані компенсатори реактивної потужності та потужності спотворення (фільтри та фільтрокомпенсуючі пристрої). Активні фільтри та фільтрокомпенсуючі пристрої. *Література:* [12] с. 552-564.

Лекція 15. Перетворювачі частоти (ПЧ). Класифікація і принципи будови. Дволанкові ПЧ за схемою випрямляч – автономний інвертор напруги. Безпосередні перетворювачі частоти. Матричні перетворювачі. Перетворювачі змінної напруги. Способи регулювання величини змінної напруги та їх схемна

реалізація (фазове регулювання, імпульсна модуляція на низькій і високій частоті). *Література:*[4] с. 102-104; [11]; [12] с. 62-149; [13] с.12-70, 179-200.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		лк.	пр.	лаб.	с.р.		лк.	пр.	лаб.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Елементна база силових схем напівпровідникових перетворювачів і методи аналізу пристроїв енергетичної електроніки. Напівпровідникові перетворювачі електроенергії з природною комутацією, ведені мережею.										
ТЕМА 1. Силові напівпровідникові ключі, конденсатори, резистори і елементи захисту пристроїв енергетичної електроніки.	45	7	7	7	24	45	2	2	2	39
ТЕМА 2. Методи розрахунку і моделювання перетворювальних пристроїв. Випрямлячі і ведені інвертори.	60	8	8	8	36	60	3	3	3	51
Разом за змістовим модулем 1	105	15	15	15	60	105	5	5	5	90
Змістовий модуль 2. Напівпровідникові перетворювачі електроенергії з примусовою комутацією.										
ТЕМА 3. Енергетичні характеристики керованих випрямлячів, ведені інвертори та їх системи керування.	45	7	7	7	24	45	2	2	2	39
ТЕМА 4. Імпульсні перетворювачі постійної напруги (ППН), автономні інвертори, перетворювачі частоти і фільтрокомпенсуючі пристрої.	60	8	8	8	36	60	3	3	3	51
Разом за змістовим модулем 2	105	15	15	15	60	105	5	5	5	90
Усього годин	210	30	30	30	120	210	10	10	10	180

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Ознайомлення з конструктивним виконанням та характеристиками силових напівпровідникових ключів: діодів, тиристорів, біполярних і польових транзисторів, транзисторів IGBT та модулів на їх основі. Вибір силових напівпровідникових ключів за паспортними даними [4] с. 172-193; [5] с. 567-590.	3	1
2	Ознайомлення з конструкцією та характеристиками пасивних елементів напівпровідникових перетворювачів: трансформаторів, реакторів, дроселей, конденсаторів, резисторів та елементів захисту пристроїв енергетичної електроніки [7]; [8].	4	1
3	Ознайомлення з програмними пакетами MathCad, Matlab+Simulink, MicroCap, WorkBench, для розрахунку і моделювання перетворювальних пристроїв. [7]; [8]; [10] с. 355-387; [16] с. 97-117.	3	1
4	Розрахунок схемних і режимних параметрів керованих випрямлячів. [4] с. 172-193; [7]; [11].	2	1
5	Розрахунок схемних і режимних параметрів інверторів, ведених мережею. [5] с. 389-455; [11].	3	1
Змістовий модуль 2			
6	Побудова і розрахунок силових схем дво- і чотириквadrантних імпульсних перетворювачів постійної напруги. [11]; [17] с. 84-90, 260-276.	3	1
7	Складання структурних схем систем керування ІППН відповідно заданим силовим схемам та законам комутації силових ключів. [11]; [17] с. 84-90, 260-276.	4	1
8	Розрахунок схем і характеристик автономних інверторів струму і напруги [4] с.172-193; [7]; [11].	3	1
9	Схемотехнічні рішення і принципи керування пристроїв енергетичної електроніки для покращення енергетичних характеристик та якості електроенергії. [5] с. 389-455; [11].	2	1
10	Силові схеми, принципи керування та вибір елементів інверторних та безпосередніх перетворювачів частоти. [13] с.31-55; [14] с. 69-89.	3	1
	Разом	30	10

Теми лабораторних робіт

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Дослідження однофазних некерованих випрямлячів.	3	1
2	Дослідження однофазних керованих випрямлячів.	4	1
3	Дослідження трифазних керованих випрямлячів.	3	1
4	Дослідження однокомплектного рекуперуючого перетворювача в режимі випрямляча і веденого інвертора	2	1
5	Дослідження однофазних некерованих випрямлячів.	3	1
Змістовий модуль 2			
6	Дослідження імпульсного перетворювача постійної напруги.	3	1
7	Дослідження автономного інвертора напруги.	4	1
8	Дослідження автономного інвертора струму.	3	1
9	Дослідження резонансного інвертора.	2	1
10	Дослідження фільтро компенсуючих пристроїв резонансного інвертора.	3	1
	Разом	30	10

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять – **1 год. / 1 лекцію;**
- підготовка до практичних занять – **2 год. / 1 заняття;**
- підготовка до лабораторних робіт – **3 год. / 1 роботу;**
- переклад технічної документації – **15 год.;**
- підготовка до тестування – **15 год. / 1 тест;**
- підготовка до екзамену – **30 год.**

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Підготовка до лекційних занять	10	10
2	Підготовка до практичних занять	10	16
3	Підготовка до лабораторних робіт	10	24
4	Переклад технічної документації	20	25
5	Підготовка до тестування	10	15
Змістовий модуль 2			
6	Підготовка до лекційних занять	10	7
7	Підготовка до практичних занять	10	16
8	Підготовка до лабораторних робіт	10	22
9	Переклад технічної документації	10	15
10	Підготовка до тестування	10	15
11	Підготовка до екзамену	10	15
	Разом	120	180

Індивідуальне науково дослідне завдання

Не передбачено.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методів їх демонстрування

Методи навчання:

- лекції;
- лабораторні роботи;
- практичні роботи;
- робота з літературою;
- інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки (проводиться одноразово на першому занятті в лабораторії).

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання з дисципліни:

- стандартизовані тести;
- модульні контрольні роботи;
- презентації результатів виконаних лабораторних робіт;
- презентації результатів виконаних практичних робіт;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- підсумкова семестрова контрольна робота;
- екзамен.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Рівень засвоєння матеріалу дисципліни здійснюється шляхом проведення поточного контролю у вигляді тестових завдань різної складності, перевірки результатів виконання практичних та лабораторних робіт та підсумкового контролю у формі екзамену. Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів.

Поточний контроль проводиться на кожній практичній та лабораторній роботі та за результатами самостійної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми шляхом тестування (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) та набутих практичних навичок під час виконання практичних та лабораторних робіт. Підсумкова оцінка з дисципліни складається з оцінок, отриманих за поточний модульний контроль у формі тестування – до 20 балів, результатів виконання лабораторних робіт – до 20 балів, результатів виконання практичних робіт – до 20 балів та заліку – до 40 балів.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Право здавати заключний екзамен дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки екзамену.

За всі контрольні заходи (КЗ) протягом семестру студент може отримати від 0 до 100 балів. Умовою допуску студента до КЗ є мінімальна сума балів, яку студент повинен набрати у разі виконання всіх елементів модулів. Якщо студент не набрав мінімальну суму балів, то він не допускається до КЗ і йому рекомендується набрати цю кількість за рахунок написання реферату на одну із зазначених вище тем.

Семестровий підсумковий контроль здійснюється у формі екзамену, що проводиться у письмовій формі. Студент, який набрав за всі КЗ менше 60 балів, пише підсумкову семестрову екзаменаційну роботу (проводиться у письмовій формі у вигляді тестів), до якої він допускається, якщо має за виконання всіх передбачених елементів модулів необхідну мінімальну суму 50 балів. Максимальна кількість балів за підсумкову екзаменаційну роботу становить 40 балів. Результуюча оцінка виставляються відповідно до шкали оцінювання ECTS.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Лабораторна робота	Критерії оцінювання
2	Студент самостійно виконав всі етапи лабораторної роботи повністю у встановлений термін, отримано вірні результати роботи. В графічному зображенні схемі, в теоретичних викладках рішення і висновках відсутні помилки і неточності. В тексті звіту

	з лабораторної роботи відсутні синтаксичні помилки (припускається від одної до двох різних неточностей, які не є наслідком незнання або нерозуміння матеріалу навчальної дисципліни).
1	Робота виконана не в повному обсязі. Допущено більше однієї помилки або двох-трьох недоліків в викладках, кресленнях блок-схем або результатах досліджень. Студент виконує лабораторну роботу згідно з інструкцією, іноді після консультації викладача, але не володіє обов'язковими вміннями за темами, що перевіряються, та основними навичками роботи на ПЕОМ (або лабораторному устаткуванні), необхідними для вирішення поставленого завдання.
0	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Допущені істотні помилки, які показали, що студент не володіє обов'язковими знаннями з даної теми в повній мірі, вміннями і навичками практичної роботи на ПЕОМ (або лабораторному устаткуванні), або значна частина роботи виконана не самостійно.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 20 балів (10 робіт по 2 бали).</i>
Практична робота	Критерії оцінювання
2	Студент вільно володіє матеріалом, знає основні способи одержання електричної енергії; головні параметри електричної енергії і способи їх перетворення; основні типи силових електронних ключів, їх параметри та характеристики; принципи дії найважливіших схем перетворювачів, ведених мережею (випрямлячів, інверторів, регуляторів змінної напруги, перетворювачів частоти); основні типи фільтрів і стабілізаторів; принципи імпульсного регулювання постійної і змінної напруги; принципи дії основних типів автономних інверторів; особливості роботи перетворювачів при їх послідовному і паралельному з'єднанні; призначення і принципи побудови систем керування перетворювачів, вміє визначати якісні параметри електричної енергії, розраховувати параметри і характеристики силових електронних ключів; вибирати силову схему перетворювача і розраховувати її елементи при заданих параметрах джерела живлення і навантаження; розраховувати основні характеристики перетворювачів; вибирати структурну схему системи керування перетворювача; вибирати тип перетворювача, що випускається серійно, при заданих вимогах до параметрів електричної енергії.
1	Студент знає базові схеми та принципи дії основних класів напівпровідникових перетворювачів, структурні схеми систем керування ними, основні характеристики перетворювачів та їх зв'язок зі схемними і режимними параметрами архітектури комп'ютерних систем керування; вміє вибирати схему

	перетворювача і визначати основні параметри його елементів при заданих параметрах джерела живлення і навантаження; визначати основні характеристики перетворювачів.
0	Студент виявив повне незнання і нерозуміння навчального матеріалу, не підтвердив отримання будь-яких практичних навичок та теоретичних знань. Продемонстрував незнання основних понять, нерозуміння вивчених закономірностей і взаємозв'язків, або не зміг відповісти на жодне з поставлених питань зданої теми.
	<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 20 балів (10 робіт по 2 бали).</i>

Поточний модульний контроль у формі тестування

Правильних відповідей, %	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання завдань на практичних заняттях	10x2 бали = 20 балів	10x2 бали = 20 балів
Виконання лабораторних робіт	10x2 бали = 20 балів	10x2 бали = 20 балів
Поточний модульний контроль у формі тестування	2x10 балів = 20 балів	2x10 балів = 20 балів
Всього	60	60

Критерії оцінювання знань з дисципліни на екзамені

Екзамен проводиться в письмовій формі та складається з трьох завдань – двох теоретичних запитань та тесту. Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів

Виконання першого завдання потребує повної аналітичної і змістовної відповіді (оцінюється від 0 до 10 балів).

9-10 балів отримують студенти, які повно та ґрунтовно розкрили теоретичне питання, використавши при цьому не лише обов'язкову, а й додаткову літературу, в повному обсязі володіють навчальним матеріалом, вільно, самостійно й аргументовано його викладають під час письмової відповіді.

7-8 балів отримують студенти, які достатньо повно володіють навчальним матеріалом, в цілому розкрили теоретичне питання, однак не повно, і допустили деякі несуттєві неточності та незначні помилки, не вистачає достатньої глибини та аргументації. При цьому не було використано на достатньому рівні обов'язкову літературу.

5-6 балів отримують студенти, які в цілому володіють навчальним матеріалом, правильно визначили сутність питання, але розкрили його не повністю, без глибокого всебічного аналізу, обґрунтування та аргументації, припустивши деякі незначні помилки.

3-4 бали отримують студенти, які в цілому володіють навчальним матеріалом, правильно визначили сутність питання але без використання необхідної літератури, розкривши його частково і допустивши при цьому окремі суттєві неточності і помилки, котрі частково впливають на загальне розуміння питання.

0-2 бали отримують студенти, які частково володіють навчальним матеріалом, фрагментарно та поверхнево розкрили лише окремі положення питання і допустили при цьому певні суттєві помилки, котрі значно вплинули на загальне розуміння питання.

Друге завдання потребує короткої відповіді, котра розкриває сутність типових характеристик та областей раціонального застосування активних та пасивних силових елементів напівпровідникових перетворювачів (оцінюється від 0 до 10 балів).

8-10 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність характеристик, дали їх чітке визначення або проаналізували і зробили висновок щодо доцільності застосування.

5-7 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення характеристик, або поверхнево проаналізували і зробили висновок з можливості застосування елементів.

3-4 бали отримують студенти, які вірно, але лише частково визначили ті чи інші характеристики або частково проаналізували і зробили висновок з можливостей застосування силових елементів в перетворювачах.

0-2 бали отримуються студенти, які частково і поверхнево визначили ті чи інші характеристики або сформулювали висновок з можливостей застосування, допустивши неточності та помилки.

Третє завдання потребує від студента скласти принципову силову схему та структуру системи керування напівпровідникового перетворювача (веденого мережею або автономного) і за вихідними даними визначити параметри та характеристики основних силових елементів перетворювача (оцінюється від 0 до 20 балів).

17-20 балів отримують студенти, які самостійно виконали всі етапи завдання, в результатах роботи отримано вірні відповіді. або інше необхідне подання матеріалу. Реалізовано нестандартне схемотехнічне рішення силовій схеми з використанням найновішої елементної бази або оптимальний алгоритм керування силовими напівпровідниковими ключами.

13-16 балів отримують студенти, які самостійно склали схему, в результаті розрахунку якої отримано вірні рішення або інше необхідне подання результату роботи.

9-12 балів отримують студенти, які при складанні та розрахунку схеми допустили незначні помилки, в цілому правильно виконали реалізацію завдання, хоча не оптимальним чином.

5-8 балів отримують студенти, які допустили в розрахунках несуттєві помилки, що призвело до можливості реалізації перетворювача лише за певних обмежених умов.

3-4 бали отримують студенти, які допустили в схемотехнічному рішенні суттєві помилки, що призводить до неможливості практичної реалізації перетворювача або до виникнення неприпустимих аварійних режимів.

0-2 бали отримують студенти, які допустили суттєві помилки при реалізації перетворювача. Обмежуються лише вибірковими елементарними знаннями в галузі силових електроніки.

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення / заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	T1	Практичні роботи №1, №2	4
	T1	Лабораторні роботи №1, №2, №3	6
	T2	Практичні роботи №3, №4, №5	6
	T2	Лабораторні роботи №4, №5	4
ПМК		Тест	10
ЗМ 2	T3	Практичні роботи №6, №7	4
	T3	Лабораторні роботи №6, №7, №8	6
	T4	Практичні роботи №8, №9, №10	6
	T4	Лабораторні роботи №9, №10	4
ПМК		Тест	10
Підсумковий контроль		Екзамен	40
Сума			100

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

На лекційних заняттях використовуються технічні засоби, а саме: комп'ютер, мультимедійний проектор або інтерактивна дошка. Якщо є можливість інтерактивної дошки або проектора, то наочні пояснення можна організувати таким чином: теоретичні відомості будуть наочно супроводжуватися демонстрацією на інтерактивній дошці (за наявності), або мультимедійному проекторі. Це дає можливість студенту не тільки почути, а й побачити, що сприяє більш ефективному засвоєнню нового матеріалу. Такі лекції є найдоступнішою і найцікавішою формою викладання нового матеріалу з навчальної дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ».

На практичних заняттях студенти використовують комп'ютери і СПЗ MathCad, Matlab+Simulink, MicroCap, WorkBench, що має забезпечити формування у студентів основ інформаційної культури та інформативно-комунікативної компетентності. Також комп'ютери використовуються для проведення поточного модульного контролю у формі тестування.

Як наочний матеріал на лекціях і практичних заняттях використовуються конспект лекцій з дисципліни «ЕНЕРГЕТИЧНА ЕЛЕКТРОНІКА ТА АВТОНОМНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ».

Для поглибленого вивчення дисципліни крім вказаної додаткової літератури слід рекомендувати використання будь яких підручників з перетворювальної техніки, технічну документацію компаній–виробників напівпровідникових перетворювачів (ABB, Schneider Electric та ін.), статті співтовариств розробників засобів перетворювальної техніки. Іспити та тестування можуть проводитися із застосуванням електронно-обчислювальних машин та різних пакетів навчальних прикладних програм.

З метою роз'яснювання найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання індивідуального завдання слід проводити групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час проведення контрольних заходів рівень засвоєння матеріалу змістового модуля оцінюється шляхом проведення модульної контрольної роботи (МКР).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Векслер, Г. С. Розрахунок електроживильних пристроїв. – К. : Техніка, 1970. – 339 с.
2. Гончаров Ю.П., Будьонний О.В., Морозов В.Г., Панасенко М.В., Ромашко В.Я., Руденко В.С. Перетворювальна техніка. Частина II. – Харків: Фоліо, 2000. — 360 с.
3. Промислова електроніка / В.С. Руденко, В.И. Сенько, В.В. Трифонюк и др. – К.: Техніка, 1979. —422 с.

4. Руденко В.С., Ромашко В.Я., Морозов В.Г. Перетворювальна техніка. Частина I. – К.: ICDO, 1996. – 262 с.
5. Руденко В.С., Ромашко В.Я., Трифонюк В.В. Промислова електроніка. – К.: Либідь, 1993. – 432 с.
6. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для студентів вищих навчальних закладів, що навчаються за напрямками “Електромеханіка” та “Електротехніка”: У 4-х т. /Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В. та ін. Т2. Аналогові та імпульсні пристрої. –Харків: Фоліо, 2002.
7. Електроніка та мікросхемотехніка [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» / А. А. Щерба, К. К. Победаш, В. А. Святненко: – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 360 с. Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3569>
8. Електротехніка та електроніка. Теоретичні відомості, розрахунки та дослідження за підтримкою комп'ютерних технологій: Навч. посіб. /Щерба А.А., Рябенський В.М., Кучеренко М.Є., Победаш .К.К. та ін. – К.: "Корнійчук", 2007, - 488 с. з іл.
9. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб. 2-е вид. – К.: Каравела, 2004, - 432 с.
10. «Аналогові пристрої та системи»: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Електроніка» для студентів електротехнічного та електроенергетичного фаху. /Укладачі: В.І.Сенько, М.П.Макаренко, К.К.Победаш та ін. –К.: КПІ, 1993.
11. Основи схемотехніки електронних систем: Підручник /В.І.Бойко, А.М.Гуржій, В.І.Жуйков та ін. – К.: Вища шк., 2004.

Інформаційні ресурси в Інтернет

- | | |
|----|--|
| 1. | Integrated Gate Commutated Thyristors. |
| | http://www.abb.com/semiconductors . |
| 2. | TMdriveTM-Ve2.Medium Voltage Drives. |
| | www.tmeic.co.jp/global/index.html . |

Розробник:



к.т.н., доц., професор НУК
О.К. Жук