

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра автоматики та електроустаткування

T7658



ЗАТВЕРДЖЕНО

Заступник директора з
навчальної роботи

 к.т.н., проф. Дудченко О.М.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

**СИЛОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ АВТОМАТИЗОВАНИХ
ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ**

Power converters of automated electric drives

рівень вищої освіти *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни *обов'язкова*

мова викладання *українська*

Херсон – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Силіві перетворювачі автоматизованих електроприводів» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань 14 «Електрична інженерія», спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньо-професійна програма «Електромеханіка».

«27» серпня 2023 року. – 24 с.

Розробник: Філіпчук О.М., старший викладач кафедри автоматики та електроустаткування.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Силіві перетворювачі автоматизованих електроприводів» узгоджено з гарантом освітньо-професійної програми

Гарант освітньо-професійної програми

«Електромеханіка»

канд. техн. наук, доцент

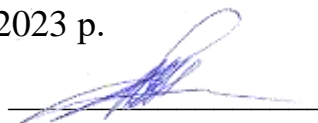


О.Д. Штанько

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Силіві перетворювачі автоматизованих електроприводів» розглянуто на засіданні кафедри автоматики та електроустаткування.

Протокол № 01 від «28» серпня 2023 р.

В.о. завідувача кафедри



А.В. Надточій

Робоча програма навчальної дисципліни «Силіві перетворювачі автоматизованих електроприводів» затверджена методичною радою ХННІ НУК.

Протокол № 01 від «29» серпня 2023 р.

Голова МР ХННІ НУК



О.М. Дудченко

© ХННІ НУК, 2023 рік

ЗМІСТ

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 методи їх демонстрування	13
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....	14
8. Критерії оцінювання результатів навчання	17
9. Засоби навчання	18
10. Рекомендовані джерела інформації	18
Додаток.....	20

ВСТУП

Анотація

Робочою програмою навчальної дисципліни «Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів» передбачено формування у здобувачів вищої освіти знань та навиків проектування, аналізу та обслуговування силових перетворювачів, що забезпечують ефективну та надійну роботу автоматизованих електроприводів у різних галузях промисловості. Здобувачі вищої освіти вивчають принципи роботи, конструкцію та функціонування різних типів перетворювачів електроенергії, таких як інвертори, випрямлячі та перетворювачі частоти.

Дисципліна «Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів» носить міждисциплінарний характер, вона забезпечує підготовку здобувачів вищої освіти до вивчення навчальних дисциплін «Системи керування електроприводів», «Основи енергозбереження в електромеханічних системах».

Ключові слова: керовані випрямлячі, імпульсні перетворювачі напруги, перетворювачі частоти, регульовальні і зовнішні характеристики джерел живлення електроенергією.

Annotation

The work program of the study discipline «Power converters of automated electric drives» provides for the formation of students of higher education knowledge and skills in the design, analysis and maintenance of power converters, which ensure the efficient and reliable operation of automated electric drives in various industries. Graduates study the principles of operation, construction and operation of various types of power converters such as inverters, rectifiers and frequency converters.

The discipline «Power converters of automated electric drives» is interdisciplinary in nature, it provides training for students of higher education to study the educational disciplines «Control systems of electric drives», «Fundamentals of energy saving in electromechanical systems».

Keywords: controlled rectifiers, impulse voltage converters, frequency converters, control and external characteristics of power sources.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 14 – Електрична інженерія	Обов'язкова	
Модулів – 2		Рік підготовки	
Змістових модулів – 2		4-й	4-й
Електронна адреса на сайті ХННІ НУК: http://www.kb.nuos.edu.ua/Licensing%20and%20accreditation%20specialties/electromechanics-b.html	Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Освітня програма «Електромеханіка»	Семестри	
Індивідуальне науково-дослідне завдання - немає		7-й, 8-й	7-й, 8-й
Загальна кількість годин - 150		Лекції	
		7,8 семестр - 30 год.	18 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних: 7,8 семестр – 8; самостійної роботи студента: 7,8 семестр – 6.		Практичні	
		7,8 семестр - 30 год.	8 год.
	Лабораторні		
	7,8 семестр - 30 год.	12 год.	
	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота	
		7,8 семестр - 60 год.	112 год.
		Індивідуальні завдання: год.	
		-	
		Види контролю: 7, 8 семестр - залік	
		Форма контролю: комбінована (письмовий контроль, тестовий контроль)	

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів» є формування у здобувачів вищої освіти відповідно до освітньої програми таких компетентностей:

1) інтегральну компетентність:

- 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;

2) загальні компетентності:

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК05. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

3) професійні компетентності:

ФК13. 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.

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

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

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення даної дисципліни є дисципліни: «Вища математика», «Фізика», «Електроніка та мікросхемотехніка».

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів вищої освіти таких результатів навчання:

ПР01. Знати і розуміти принципи роботи електричних систем та мереж, силового обладнання електричних станцій та підстанцій, пристроїв захисного заземлення та грозозахисту та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР02. 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.

ПР03. Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР04. Знати принципи роботи біоенергетичних, вітроенергетичних, гідроенергетичних та сонячних енергетичних установок.

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку

електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР06. Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

ПР07. Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах.

ПР10. Знаходити необхідну інформацію в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах інформації, оцінювати її релевантність та достовірність.

ПР11. Вільно спілкуватися з професійних проблем державною та іноземною мовами усно і письмово, обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати свою позицію з дискусійних питань.

ПР12. Розуміти основні принципи і завдання технічної та екологічної безпеки об'єктів електротехніки та електромеханіки, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР14. Розуміти принципи європейської демократії та поваги до прав громадян, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР16. Знати вимоги нормативних актів, що стосуються інженерної діяльності, захисту інтелектуальної власності, охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії, враховувати їх при прийнятті рішень.

ПР17. Розв'язувати складні спеціалізовані задачі з проектування і технічного обслуговування електромеханічних систем, електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж.

ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

ПР19. Застосовувати придатні емпіричні і теоретичні методи для зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.

ПР20*. Вміти застосовувати на практиці інструментальні засоби для реалізації і модернізації електричних мереж, електромеханічних систем автоматизації та електроприводів промислових підприємств і підприємствах морегосподарського комплексу.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Тиристорні перетворювачі для електроприводів постійного струму

Тема 1. Вступ. Силові перетворювачі автоматизованих електроприводів

Мета і завдання дисципліни, її місце у навчальному процесі. Загальні вимоги до елементів ЕМСАК та методологія їх дослідження. Класифікація силових перетворювачів АЕП. Тиристорні перетворювачі напруги.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 2. Характеристика силових схем перетворювачів в електроприводах постійного струму.

Характеристика силових схем неререверсивних керованих випрямлячів. Основні розрахункові співвідношення силових схем неререверсивних керованих випрямлячів. Характеристика режимів роботи керованих випрямлячів.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 3. Електромагнітні процеси в трифазних тиристорних перетворювачах автоматизованих електроприводів.

Електромагнітні процеси у трифазній нульовій схемі випрямлення. Електромагнітні процеси у трифазній мостовій схемі випрямлення. Комутаційні процеси й зовнішні характеристики трифазного мостового випрямляча.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 4. Гармонійний склад напруги і струмів на вході та виході трифазної мостової схеми.

Вищі гармоніки в кривій випрямленої напруги й первинного струму випрямлячів. Гармоніки споживаного струму.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 5. Особливості роботи тиристорного перетворювача в інверторному режимі.

Перехід від режиму випрямлення до режиму інвертування. Робота трифазного мостового веденого інвертора.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 6. Системи керування тиристорними перетворювачами електроприводів постійного струму.

Способи реверсування керованих випрямлячів. Режими керування тиристорними групами. Зовнішні характеристики тиристорного перетворювача у електроприводі. Системи імпульсно-фазового керування тиристорних перетворювачів.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 7. Статичні і динамічні характеристики тиристорних перетворювачів електроприводів постійного струму.

Статичні характеристики керованих випрямлячів. Динамічні властивості тиристорних перетворювачів. Коефіцієнт потужності і ККД випрямлячів. Енергетичні характеристики керованих випрямлячів.

Джерела інформації: [1-18].

Модуль 2

Змістовий модуль 2. Силові перетворювачі для електроприводів змінного струму

Тема 8. Неререверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги.

ШІМ- перетворювачі в тиристорних електроприводах. Неререверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги на повністю керованих вентилях. Способи вмикання ключа та дроселя фільтра в імпульсних перетворювачах постійної напруги. Режими роботи багатофазних імпульсних перетворювачів.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 9. Реверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги.

Реверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги (ІППН). Імпульсні перетворювачі постійної напруги на одноопераційних тиристорах.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 10. Електроприводи постійного струму з широтно-імпульсним регулюванням напруги.

Принцип роботи привода із двигуном постійного струму незалежного порушення й транзисторним широтно-імпульсним регулятором напруги. Принцип роботи реверсивного електропривода постійного струму з широтно-імпульсним регулятором напруги.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 11. Автоматичні системи керування швидкістю електроприводів змінного струму.

Способи регулювання швидкості способи регулювання швидкості асинхронного електропривода. Перетворювачі частоти для асинхронного електропривода. Тиристорні перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 12. Електроприводи змінного струму з перетворювачами частоти по типу автономний інвертор – асинхронний двигун.

Перетворювачі частоти з проміжною ланкою постійного струму. Частотно-струмове керування асинхронним двигуном.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 13. Автономні інвертори напруги на повністю керованих вентилях.

Однофазний мостовий автономний інвертор напруги на повністю керованих вентилях. Способи регулювання вихідної напруги АІН. Трифазний мостовий автономний інвертор напруги на повністю керованих вентилях.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 14. Застосування автономних інверторів у перетворювачах частоти та їх динамічні властивості.

Автономні інвертори напруги на одноопераційних тиристорах. Особливості застосування автономних інверторів у перетворювачах частоти та їхні динамічні властивості.

Джерела інформації: [1-18].

Тема 15. Сучасні перетворювачі частоти для електроприводів широкого застосування.

Комплектні асинхронні електроприводи із частотним керуванням. Підключення перетворювача частоти. Основні характеристики й функції перетворювача.

Джерела інформації: [1-18].

5.1. Тематичний план навчальної дисципліни

Назва змістових модулів і тем дисципліни	Кількість годин									
	Разом	Денна форма навчання				Разом	Заочна форма навчання			
		у тому числі					у тому числі			
		Лекції	Лабор/робота	Практична робота	Самостійна робота		Лекції	Лабор/робота	Практична робота	Самостійна робота
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1										
Змістовий модуль 1. Тирсторні перетворювачі для електроприводів постійного струму										
Тема 1. Вступ. Силкові перетворювачі автоматизованих електроприводів	10	2	2	2	4		1		2	7
Тема 2. Характеристика силових схем перетворювачів в електроприводах постійного струму	10	2	2	2	4			2		7
Тема 3. Електромагнітні процеси в трифазних тирсторних перетворювачах автоматизованих електроприводів	10	2	2	2	4		2			7
Тема 4. Гармонійний склад напруги і струмів на вході та виході трифазної мостової схеми	10	2	2	2	4			2		7
Тема 5. Особливості роботи тирсторного перетворювача в інверторному режимі	10	2	2	2	4		2		2	7
Тема 6. Системи керування тирсторними перетворювачами електроприводів постійного струму	10	2	2	2	4			2		7
Тема 7. Статичні і динамічні характеристики тирсторних перетворювачів електроприводів постійного струму	10	2	2	2	4		2			8
Разом за змістовим модулем 1	70	14	14	14	28	67	7	6	4	50
Модуль 2										
Змістовий модуль 2. Силкові перетворювачі для електроприводів змінного струму										
Тема 8. Нереверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги	10	2	2	2	4		1		2	7
Тема 9. Реверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги	10	2	2	2	4			2		7
Тема 10. Електроприводи постійного струму з широтно-імпульсним регулюванням напруги	10	2	2	2	4		2			8
Тема 11. Автоматичні системи керування швидкістю електроприводів змінного струму	10	2	2	2	4		2	2		8

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 12. Електроприводи змінного струму з перетворювачами частоти по типу автономний інвертор – асинхронний двигун	10	2	2	2	4		2		2	8
Тема 13. Автономні інвертори напруги на повністю керованих вентилях	10	2	2	2	4		2			8
Тема 14. Застосування автономних інверторів у перетворювачах частоти та їх динамічні властивості	10	2	2	2	4			2		8
Тема 15. Сучасні перетворювачі частоти для електроприводів широкого застосування	10	2	2	2	4		2			8
Разом за змістовим модулем 2	80	16	16	16	32	83	11	6	4	62
Усього годин	150	30	30	30	60	150	18	12	8	112

Примітка: для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання читаються оглядові лекції за темами модулів в обсягах відповідно до таблиці.

5.2 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Загальні положення по підготовці до виконання лабораторних робіт. Проведення інструктажу з електробезпеки при використанні лабораторного устаткування	2	
2	Дослідження схем випрямлення змінної напруги	4	2
3	Дослідження однофазного керованого двонапівперіодного випрямляча на тиристорах	4	2
4	Дослідження СІФК однофазного мостового випрямляча	4	2
5	Дослідження роботи трифазного керованого випрямляча на проти-ЕРС	4	
6	Дослідження нереверсивних переривників постійної напруги	4	2
7	Дослідження однофазних автономних інверторів напруги	4	2
8	Дослідження автономного інвертора	4	2
Разом		30	12

5.3. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Вступ. Силкові перетворювачі автоматизованих електроприводів	2	
2	Характеристика силових схем перетворювачів в електроприводах постійного струму	2	2
3	Електромагнітні процеси в трифазних тиристорних перетворювачах автоматизованих електроприводів	2	
4	Гармонійний склад напруги і струмів на вході та виході трифазної мостової схеми	2	
5	Особливості роботи тиристорного перетворювача в інверторному режимі	2	2
6	Системи керування тиристорними перетворювачами електроприводів постійного струму	2	
7	Статичні і динамічні характеристики тиристорних перетворювачів електроприводів постійного струму	2	
8	Нереверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги	2	2
9	Реверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги	2	
10	Електроприводи постійного струму з широтно-імпульсним регулюванням напруги	2	
11	Автоматичні системи керування швидкістю електроприводів змінного струму	2	
12	Електроприводи змінного струму з перетворювачами частоти по типу автономний інвертор – асинхронний двигун	2	
13	Автономні інвертори напруги на повністю керованих вентилях	2	2
14	Застосування автономних інверторів у перетворювачах частоти та їх динамічні властивості	2	
15	Сучасні перетворювачі частоти для електроприводів широкого застосування	2	
Разом		30	8

5.4. Розподіл годин самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин		
		Норматив	Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекційних занять	0,5-1 год /1 лекцію	10	
2	Підготовка до практичних занять	1-2 год/1 заняття	15	
3	Підготовка до лабораторних занять	1-2 год/1 заняття	15	12
4	Підготовка до поточного модульного контролю	підготовка до контрольних заходів – 5 (20) год. на 1 захід	10	-
5	Підготовка до заліку		10	40
6	Виконання контрольної роботи	мінімум 30 годин на 1 роботу	-	60
Разом			60	112

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

В якості методів навчання для всіх видів занять використовується:

- робота з літературою, як опрацювання різних видів джерел, спрямоване на формування нових знань, їх закріплення, вироблення вмінь і навичок та реалізацію контрольної-корекційної функції в умовах формальної освіти;

- пояснення, як словесне розкриття причинно-наслідкових зв'язків і закономірностей у розвитку природи, людського суспільства і людського мислення.

Для лекційних занять застосовується:

- лекція, як усний виклад навчального матеріалу, що характеризується великим обсягом, складністю логічних побудов, сконцентрованістю розумових образів, доведень і узагальнень;

- ілюстрування, як показ та сприйняття предметів, процесів і явищ у їх символічному зображенні за допомогою плакатів, карт, портретів, фотографій, схем, репродукцій, звукозаписів тощо;

- відеометод, як використання відеоматеріалів для активізації наочно чуттєвого сприймання, що забезпечує більш легке і міцне засвоєння знань в їх образно-понятійній цілісності та емоційній забарвленості.

Для лабораторних занять:

- лабораторна робота - метод поглиблення і закріплення теоретичних знань шляхом створення програм і отримання результатів роботи програми з використанням комп'ютерів;

- інструктаж - ознайомлення зі способами виконання завдань, інструментами, матеріалами, технікою безпеки та організацію робочого місця.

Для практичних занять застосовується:

- практична робота, як метод поглиблення і закріплення теоретичних знань та перевірки наукових висновків.

- Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є:
- звіти з виконання лабораторної роботи та презентації результатів виконаних лабораторних робіт на комп'ютері (або письмовий контроль результатів);
 - усні відповіді на практичних заняттях;
 - поточний модульний контроль у формі тестування;
 - контрольні роботи (для здобувачів вищої освіти заочної форми навчання);
 - залік.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення здобувача вищої освіти оцінюються за 100-бальною системою університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку.

Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок – 40 балів. Право здавати заключний залік дається здобувачу вищої освіти, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок і заключного заліку набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Поточний контроль проводиться після вивчення кожного з модулів дисципліни. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми (у тому числі, самостійно опрацьованого матеріалу) під час виконання завдань практичних та лабораторних робіт.

Семестровий підсумковий контроль з дисципліни проводиться після закінчення її вивчення у комбінованій формі проведення заліку (тестування, задачі та усна компонента).

При виставленні підсумкової оцінки (балів) з навчального курсу враховуються результати поточного контролю.

Виконання контрольної роботи є обов'язковою умовою для здобувачів вищої освіти, що навчаються за заочною формою. Завдання для контрольних робіт добираються з теоретичних питань і тестів, що охоплюють зміст робочої програми дисципліни.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

7.1. Форми контролю результатів навчальної діяльності здобувачів вищої освіти та їх оцінювання

Лабораторна/практична робота

Бал	Критерії оцінювання
3/4	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
2,5/3,5	Робота виконана у встановлений термін. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; в цілому правильно складає звіт та робить висновки. Здобувач вищої освіти відмовляється надавати усні запитання.
2/3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складає звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані повні усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
1,5/2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
1/1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Здобувач вищої освіти виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Здобувач вищої освіти відмовляється надавати усні запитання.
0/0	Робота не виконувалася

Критерії оцінювання поточного модульного контролю знань здобувачів вищої освіти у формі тестування (для денної форми навчання)

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

7.2. Узагальнюючі результати поточного контролю знань здобувачів вищої освіти за модулями та формами навчання

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма	Заочна форма
Виконання лабораторних/практичних робіт	15 роб. × 3 бали = 45 балів	10 роб × 4 бали = 40 балів
Поточний модульний контроль	2 МКР × 7,5 балів = 15 балів	-
Виконання контрольних робіт	-	2 роб. × 10 балів = 20 балів
Всього	60	60

Система нарахування рейтингових балів та критерії оцінювання контрольної роботи (для заочної форми навчання)

Бал	Критерії оцінювання
10	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, аргументовано і у правильній послідовності. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота достатньо ілюстрована, оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти вільно орієнтується в матеріалах
7	Робота виконана у встановлений термін. Матеріал викладено у достатньому обсязі, логічно. Використані рекомендовані джерела інформації. Правильно сформульовані узагальнюючі висновки. Робота оформлена акуратно, з дотриманням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти орієнтується в матеріалах, у відповідях є неточності
5	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено у правильній послідовності, але недостатньо повно. Недостатньо використані рекомендовані джерела інформації. Висновки сформульовані формально або не зв'язані з матеріалами роботи. В оформленні роботи є порушення вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти в цілому орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки та неточності
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Матеріал викладено безсистемно, висновки сформульовані формально або відсутні. Робота оформлена неохайно, з порушенням вимог до технічної документації. Під час захисту роботи здобувач вищої освіти слабо орієнтується в матеріалах, у відповідях є помилки
0	Роботу не виконано

Підсумковий контроль знань здобувачів вищої освіти у формі комплексного заліку

Підсумковий контроль знань здобувачів вищої освіти складається з тестування, усної відповіді на два контрольних питання та задачі.

Критерії оцінювання тестування здобувачів вищої освіти

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

Критерії оцінювання задачі здобувачів вищої освіти

Бал	Критерії оцінювання
1	2
10	Рішення представлено повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь правильна
8	Рішення представлено у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь правильна
6	Рішення представлено повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків
4	Рішення представлено у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків
2	Рішення представлено неповне, більш ніж наполовину, правильна відповідь відсутня
0	Рішення не представлено взагалі або неповне, менш ніж наполовину

Критерії оцінювання усної відповіді здобувачів вищої освіти

Бал	Критерії оцінювання
10	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання
7	Відповідь надана повна, ґрунтовна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання
5	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі
3	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі
1	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці
0	Відповідь не надана взагалі або абсолютно не відповідає питанню

8. Критерії оцінювання результатів навчання

№ змістового модуля	Тема	Денна форма		Заочна форма	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
1	2	3	4	5	6
ЗМ1	Т1	Лабораторна робота № 1	3		
	Т2	Лабораторна робота № 2	3	Лабораторна робота № 1	4
	Т3	Лабораторна робота № 3	3	Практична робота № 1	4
	Т4	Практична робота № 1	3	Лабораторна робота № 2	4
	Т5	Лабораторна робота № 5	3		
	Т6	Практична робота № 2	3	Лабораторна робота № 3	4
	Т7	Лабораторна робота № 4	3	Практична робота № 2	4
	-	-	-	-	Контрольна робота
ІМК 1			7,5		
ЗМ2	Т8	Практична робота № 3	3		
	Т9	Лабораторна робота № 5	3	Лабораторна робота № 4	4
	Т10	Практична робота № 4	3	Практична робота № 3	4
	Т11	Лабораторна робота № 6	3	Лабораторна робота № 5	4

Продовження таблиці

1	2	3	4	5	6
	T12	Практична робота № 5	3	Практична робота № 4	4
	T13	Лабораторна робота № 7	3		
	T14	Практична робота № 6	3	Лабораторна робота № 6	4
	T15	Лабораторна робота № 8	3		
	-	-	-	Контрольна робота	10
ПМК 2			7,5		
Підсумковий контроль		Залік, в т.ч.	40	Залік, в т.ч.	40
		Тестування	10	Тестування	10
		Задача	10	Задача	10
		Усна відповідь	20	Усна відповідь	20
Сума			100		100

9. Засоби навчання

Технічні засоби навчання: мультимедійний проектор, персональні комп'ютери з підключенням до мережі Інтернет.

При проведенні занять за дистанційною формою навчання використовуються дистанційні платформи й інформаційно-комунікаційні технології (Moodle, Google Classroom, DingTalk, ZOOM Cloud Meetings, Skype, Viber, WeChat, Telegram, соціальні мережі тощо).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Автоматичне управління електромеханічними системами (2 вид.): навч. допомога. В.Ю. Аркадьєв, В.В. Шевченка. Херсон: Айлант, 2002. 264 с.
2. Анісімов Я.Ф. Суднова силова напівпровідникова техніка: навч. допомога. Л.: Суднобудування, 1979. 192 с.
3. Анісімов Я.Ф., Васильєв Є.П. Електромагнітна сумісність напівпровідникових перетворювачів та електроустановок. Л.: Суднобудування, 1990.
4. Горбачов Г.М., Чаплігін Є.Є. Промислова електроніка. М.: Вища школа, 1988. 320 с.
5. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: навч. Посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.
6. Забродін Ю.С. Промислова електроніка. М.: Вища школа, 1991. 622 с.
7. Казачковський М.М. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти. – Дніпропетровськ: НГА України, 2000. – 196 с.
8. Казачковський М.М. Керовані випрямлячі. – Дніпропетровськ: НГА України, 1999. – 228 с.
9. Руденко В.С., Сенько В.І., Трифонюк В.В. Основи промислової електроніки. К.: Вища школа, 1985. 400 с.

Допоміжна література

10. А.В. Башарін, Ф.М. Голубєв, В.Г. Кепперман. Приклад розрахунків автоматизованого електроприводу. Л.: Енергія, 1971. 440 с.
11. Анісімов Я.Ф. Особливості застосування напівпровідникових перетворювачів у суднових електроустановках: Л.: Суднобудування, 1973. 232 с.
12. Герман-Галкін С.Г. Лабораторні роботи на ПК. СПб: Вчитель та учень, КОРОНА принт, 2002. 304 с.
13. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: навчальний посібник. – К: Кондор, 2005. – 408 с.
14. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: навч. посіб./ За ред. А.Г. Соскова. 2-е вид. – К.: Каравела, 2004. – 432 с.
15. Павлов Г.В. Розрахунок імпульсних перетворювачів постійної напруги. Методичні вказівки. Миколаїв: НКІ, 1992. 55 с.
16. Преображенський В.І. Вибір напівпровідникових вентилів для електроприводів. М.: Енергія, 1971. 80 с.
17. Силова електроніка: Приклади та розрахунки / Ф. Чакі, І. Герман, І. Іпшич та ін Пер. з англ. М.: Видавництво, 1982. 384 с.
18. Шавьолкін О.О., Наливайко О.М. Перетворювальна техніка: навч. посібник. Краматорськ: Донбаська ДМА, 2008. – 328 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

19. Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського. URL: <http://www.nbuv.gov.ua>.
20. Офіційний сайт Верховної Ради України. URL: <http://www.rada.gov.ua>.
21. Офіційний сайт ХННІ НУК. URL: <http://kb.nuos.edu.ua>.

Розробник:

старший викладач кафедри
автоматики та електроустаткування



О.М. Філіпчук

Питання для модульного контролю знань

Контрольні питання до 1-го змістового модуля

1. Яка основна мета дисципліни «Силові перетворювачі в системах суднового електроприводу»?
2. Які основні вимоги пред'являються до елементів електромеханічних систем автоматизованого керування (ЕМСАК)?
3. Як класифікуються силові перетворювачі автоматизованих електроприводів за типом перетворення енергії?
4. Що таке тиристорний перетворювач напруги і яка його основна функція?
5. Які основні види тиристорних перетворювачів напруги ви знаєте?
6. Що таке нереверсивний керований випрямляч і яка його основна функція в системах електроприводу?
7. Які основні елементи входять до складу силової схеми нереверсивного керованого випрямляча?
8. Які основні параметри визначають роботу нереверсивних керованих випрямлячів (вихідна напруга, струм, кут керування тощо)?
9. Як розраховується вихідна середня напруга однофазного тиристорного випрямляча?
10. Запишіть формулу для розрахунку вихідної середньої напруги трифазного тиристорного випрямляча.
11. Що таке режим неперервного струму в керованому випрямлячі і за яких умов він реалізується?
12. Поясніть режим переривчастого струму в керованому випрямлячі і в яких випадках він виникає.
13. Як режим роботи випрямляча впливає на його вихідні характеристики?
14. Які основні компоненти входять до складу силової схеми нереверсивного керованого випрямляча?
15. Які переваги використання тиристорів у керованих випрямлячах?
16. Які основні параметри визначають роботу нереверсивних керованих випрямлячів?
17. Як розраховується вихідна середня напруга однофазного тиристорного випрямляча?
18. Поясніть режим переривчастого струму в керованому випрямлячі і в яких випадках він виникає.
19. Як режим роботи випрямляча впливає на його вихідні характеристики?
20. Який вплив вищих гармонік на роботу суднових електроприводів?
21. Які методи використовуються для зменшення вищих гармонік у випрямленій напрузі?
22. Які відмінності у гармоніках між однофазними та трифазними випрямлячами?

23. Як випрямлячі різного типу впливають на споживаний струм?
24. Яке обладнання використовується для аналізу гармонічних спотворень у електричних системах суден?
25. Які наслідки можуть мати гармонічні спотворення для електричних систем судна?
26. Які міжнародні стандарти регулюють допустимий рівень гармонік у суднових електричних системах?
27. Як впровадження інверторів змінює ситуацію з гармонічними спотвореннями у суднових електроприводах?
28. Що таке режим випрямлення і режим інвертування в силових перетворювачах?
29. Як змінюється напруга та струм при переході від випрямлення до інвертування?
30. Опишіть принцип роботи трифазного мостового веденого інвертора.
31. Як визначити момент переходу від режиму випрямлення до режиму інвертування?
32. Як впливає режим інвертування на ефективність енергоспоживання суднової електричної системи?
33. Які способи реверсування керованих випрямлячів використовуються в електроприводах?
34. Які режими керування тиристорними групами застосовуються у силових перетворювачах?
35. Як впливають зміни навантаження на зовнішні характеристики тиристорного перетворювача?
36. Що таке система імпульсно-фазового керування (СІФК) тиристорними перетворювачами?
37. Які переваги має імпульсно-фазове керування порівняно з іншими методами керування?
38. Як синхронізуються імпульси керування з фазою мережі?
39. Які методи використовуються для реверсування керованих випрямлячів на практиці?
40. На основі яких типових електронних пристроїв може бути побудована СІФК з вертикальним керуванням?
41. Поясніть специфіку побудови і принцип дії СІФК з цифровим керуванням.
42. Вкажіть переваги цифрової СІФК перед СІФК аналогової дії.
43. Побудуйте структурну схему багатоканальної системи керування і поясніть призначення елементів.
44. Поясніть асинхронний принцип імпульсно-фазового керування перетворювачами і побудуйте функціональну схему системи керування.
45. Поясніть будову і принцип роботи системи імпульсно-фазового керування тиристорними перетворювачами.
46. Поясніть сутність коефіцієнта потужності випрямляча.

47. Побудуйте і поясніть криві залежності коефіцієнта зсуву від кута керування α й кута комутації γ в керованих випрямлячах.

48. Запропонуйте заходи, які б підвищили значення коефіцієнта потужності при регулюванні вихідної напруги керованих випрямлячів.

49. Дайте характеристику способам керування швидкістю двигунів постійного струму.

50. Побудуйте структурну схему реверсивного тиристорного перетворювача з контактним перемикачем у ланцюзі обмотки якоря і поясніть його роботу.

51. Побудуйте сполучені зовнішні характеристики реверсивного тиристорного перетворювача постійного струму і поясніть їх.

52. Поясніть особливості спільного керування вентильними комплектами реверсивного тиристорного перетворювача постійного струму.

53. Поясніть причини виникнення зрівняльних струмів в реверсивних ТП і заходи по їх зменшенню.

54. Поясніть особливості роздільного керування вентильними комплектами реверсивного тиристорного перетворювача постійного струму.

55. Побудуйте і поясніть статичні характеристики керованих випрямлячів.

56. Побудуйте і поясніть динамічні характеристики керованих випрямлячів.

57. Дайте визначення імпульсних перетворювачів напруги, їх різновидів, сфери застосування, переваг та недоліків.

58. Надайте характеристику неререверсивних імпульсних перетворювачів постійної напруги (І П П Н) першого типу. Побудова, принцип дії, часові діаграми та основні аналітичні вирази напруги на навантаженні, переваги і недоліки.

59. Надайте характеристику І П П Н на одноопераційних тиристорах. Побудова, принцип дії, часові діаграми та основні аналітичні вирази напруги на навантаженні, переваги і недоліки.

60. Особливості роботи послідовного І П П Н з Ш І М та паралельним вузлом штучної комутації. Побудова, принцип дії, часові діаграми та основні аналітичні вирази напруги на навантаженні, переваги і недоліки.

61. Особливості роботи І П П Н з Ш І М та послідовним вузлом штучної комутації. Побудова, принцип дії, часові діаграми та основні аналітичні вирази напруги на навантаженні, переваги і недоліки.

62. Особливості роботи І П П Н з Ч І М та послідовним вузлом штучної комутації. Побудова, принцип дії, часові діаграми та основні аналітичні вирази напруги на навантаженні, переваги і недоліки.

63. Надайте загальну характеристику властивостей І П П Н та перспективам їх розвитку.

64. Обґрунтуйте доцільність застосування системи джерело струму-двигун (ДС–Д) в сучасному електроприводі.

65. Особливості принципу роботи трифазного джерела струму на основі індуктивно-ємнісного перетворювача.

66. Особливості принципу роботи джерела струму на основі керованого перетворювача напруги охопленого: - додатним зворотним зв'язком; - від'ємним зворотним зв'язком.

67. Побудуйте функціональну схему системи тиристорний перетворювач – двигун (ТП–Д) та поясніть її.

68. Побудуйте структурну схему системи тиристорний перетворювач – двигун (ТП – Д) та поясніть її.

69. Яким чином регулюється зрівняльний струм у тиристорному електроприводі при спільному керуванні групами реверсивного ТП.

Контрольні питання до 2-го змістового модуля

1. Дайте характеристику способам регулювання швидкості двигунів в електроприводах змінного струму.

2. Які особливості має електродвигун змінного струму, як об'єкт керування?

3. Поясніть основну складність, яка виникає при створенні автоматизованих систем керування електроприводами змінного струму.

4. Визначте найбільш перспективний принцип керування приводами змінного струму і поясніть чому?

5. Поясніть особливості використання пристрої плавного пуску на основі тиристорного регулятора напруги для пуску асинхронних двигунів.

6. Поясніть сутність бустерного пуску асинхронних двигунів, його переваги та недоліки.

7. Побудуйте функціональну схему пристрою, де використовується замкнена САР моменту, і який дозволяє сформувавши лінійний закон зростання швидкості.

8. Дайте визначення перетворювачів частоти, їх різновидів, сфери застосування, переваг та недоліків.

9. Дайте загальну характеристику перетворювачам частоти, які використовуються в системах частотного керування електродвигунами.

10. Дайте характеристику способам регулювання частоти й напруги в перетворювачах частоти.

11. Поясніть особливості електромагнітних процесів у веденому мережею інверторі.

12. Поясніть принцип роботи однофазного веденого інвертора з виводом нульової точки трансформатора.

13. Визначте вплив комутаційних процесів на показники ефективності однофазного веденого інвертора з виводом нульової точки трансформатора.

14. Побудуйте узагальнену регульовальну і вхідну характеристику керованого перетворювача, веденого мережею і поясніть їх.

15. Визначте коефіцієнт потужності керованого перетворювача, веденого мережею.

16. Поясніть принцип роботи трифазного мостового веденого інвертора.

17. Як впливають процеси комутації на характеристики й показники трифазного мостового веденого інвертора.

18. Назвіть основні типи регульованих асинхронних електроприводів з двигунами з короткозамкненим ротором та поясніть їх сутність.

19. Побудуйте узагальнену функціональну схему частотно-регульованого електропривода та поясніть принцип її роботи.

20. Надайте класифікацію системам частотно-регульованого електропривода.

21. Виконайте порівняльний аналіз властивостей частотно-регульованих електроприводів.

22. Побудуйте узагальнену функціональну схему векторного керування та поясніть принцип її роботи.

23. Побудуйте функціональну схему перетворювача для електроприводів змінного струму з АД з короткозамкненим ротором виконану на двоопераційних приладах.

24. Проаналізуйте ефективність застосування частотно-регульованих асинхронних електроприводів на основі IGBT — інверторів із мікроконтролерною системою керування.

25. Проаналізуйте особливості побудови тиристорних перетворювачів частоти з безпосереднім зв'язком, гармонічний склад в вхідних і вихідних кривих напруг та струмів, переваги і недоліки.

26. Особливості побудови тиристорних перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму, їх типи і вимоги, що висуваються до них.

27. Проаналізуйте основні типові функціональні схеми перетворювачів частоти з автономними напруги (ПЧ з АІН).

28. Побудуйте функціональну схему АІН з ШІМ та поясніть її роботу.

29. Побудуйте функціональну схему АІН з ШІМ та антипаралельною схемою керування ТП та поясніть її роботу.

30. Побудуйте функціональну схему АІН з ШІМ та додатковим опором R і поясніть її роботу.

31. Побудуйте функціональну схему АІН з ШІМ та симетричною схемою силового кола ПЧ і поясніть її роботу.

32. Поясніть особливості роботи схеми САК, що реалізує принцип керування інвертором струму.

33. Як впливає вибір базового ключового елемента у конструюванні перетворювача будь-якого типу на його побудову?

34. Дайте загальну характеристику ситуації в силовій електроніці і її вплив на стан сучасного автоматизованого електропривода.

35. Дайте загальну характеристику приладам силової електроніки у сфері струмів, що комутуються, до 50 А.

36. Дайте загальну характеристику приладам силової електроніки у сфері струмів, що комутуються, понад 50 А.

37. Які важливі задачі дозволяє вирішувати розвиток якісної силової напівпровідникової техніки на транзисторах IGBT і тиристорах IGCT в регульованому електроприводі.