

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем
(назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем
(назва кафедри)

Б.В. Воробйов
(підпис) (ініціали та прізвище)

« _____ » _____ 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
"Керуючі перетворювачі автоматизованих електроприводів"
(назва навчальної дисципліни)

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

галузь знань 14 – Електрична інженерія
(шифр і назва)

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка
(шифр і назва)

Освітня програма Електропривод, мехатроніка та робототехніка
(назви освітніх програм спеціальностей)

вид дисципліни: професійна підготовка; вибіркова
(загальна підготовка / професійна підготовка; обов'язкова/вибіркова)

форма навчання: денна
(денна / заочна)

Харків – 2023 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни "Елементи автоматизованого електропривода"
(назва дисципліни)

Розробники:

<u>Доцент, к.т.н.</u> (посада, науковий ступінь та вчене звання)	_____ (підпис)	<u>І.О. Тукалов</u> (ініціали та прізвище)
_____ (посада, науковий ступінь та вчене звання)	_____ (підпис)	_____ (ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри
автоматизованих електромеханічних систем
(назва кафедри)

Протокол № 9 від « 21 » __09__2023__ року

Завідувач кафедри	<u>АЕМС</u> (назва кафедри)	_____ (підпис)	<u>Б. В. Воробйов</u> (ініціали та прізвище)
-------------------	--------------------------------	----------------	---

ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Шифр та назва освітньої програми	ПІБ Гаранта ОП	Підпис, дата
Електропривод, мехатроніка та робототехніка	Аніщенко М. В.	

Голова групи забезпечення

спеціальності _____ **Лазуренко О.П.** _____
(ПІБ, підпис)

« _____ » _____ 2023 ____ р.

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

Дата засідання кафедри – розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри	Гарант освітньої програми

МЕТА, КОМПЕТЕНТНОСТІ, РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ТА СТРУКТУРНО-ЛОГІЧНА СХЕМА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Мета: Сформувати у студентів поняття й надати знання про базові елементи з яких складаються промислові електромеханічні системи електроприводів.

Компетентності: Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу. Отримання та використання професійних знань та розумінь, пов'язаних з процесом використання і споживання електроенергії засобами електропривода з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів і якості електроенергії. Здатність провести відповідні розрахунки для аналізу перехідних та сталих режимів роботи електроприводів і мехатронних модулів та систем. Здатність складати та розраховувати схеми електротехнічних установок різного призначення, визначати склад їх обладнання та оптимізувати режими їх роботи.

Результати навчання: Вирішувати професійні задачі з проектування, монтажу та експлуатації електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних комплексів та систем. Знати і розуміти процеси використання і споживання електроенергії засобами електропривода з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів і якості електроенергії. Вміти проводити розрахунки для аналізу перехідних та сталих режимів роботи електроприводів і мехатронних модулів та систем. Знати і розуміти принципи складання та розрахунку схем електротехнічних установок різного призначення, визначати склад їх обладнання та оптимізувати режими їх роботи.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Фізика	Елементи систем керування автоматизованих електроприводів
Теоретичні основи електротехніки	Системи керування електроприводами постійного струму
Електричні машини	Системи керування електроприводами змінного струму
Електричні апарати	Автоматизований електропривод загально-промислових установок
Основи схемотехніки	Автоматизація технологічних процесів в металообробці
Основи електроніки	

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ECTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Контрольні роботи (кількість робіт)	Залік
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	120/4,0	64	56	48		16	Р	3		+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає (%): $(64/120) \cdot 100 = 53\%$.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, ПЗ, СР)	Кількість годин	Номер семестру (якщо дисципліна викладається у декількох семестрах). Назви змістових модулів. Найменування тем та питань кожного заняття. Завдання на самостійну роботу.	Рекомендована література (базова, допоміжна)
1	2	3	4	5
5 СЕМЕСТР				
Змістовий модуль № 1. Вступ. Загальні поняття, класифікація, характеристики / 0,6 кредиту				
1	л	2	Тема 1. Цілі та задачі дисципліни. Поняття та класифікація елементів. Основні координати елементів.	1,2
2	л	2	Тема 2. Узагальнена математична модель елемента. Регульовальна та зовнішня характеристики.	1,2
3	л	2	Тема 3. Формування характеристик елементів за допомогою зворотних зв'язків по вихідній координаті.	1,2
4	пз	2	Класифікація елементів та їх характеристики.	
Змістовий модуль № 2. Генератори постійного струму / 0,4 кредиту				
5	л	2	Тема 4. Генератори постійного струму.	1,2,6
6	л	2	Тема 5. Засоби форсування збудження генератора.	1,2,6
7	пз	2	Розрахунок математичних моделей генератора.	
8	ср	2	Дефорсування збудження генератора	1
Модульна контрольна № 1				
Змістовий модуль № 3. Тиристорні перетворювачі напруги / 3,0 кредиту				
9	л	2	Тема 6. Тиристорні перетворювачі напруги. Їх переваги та недоліки. Класифікація та основні схеми нереверсивних перетворювачів.	1,3,4,5,7,8
10	ср	8	Параметри та характеристики силових вентилів	1,2,5,6,7,23
11	л	2	Тема 7. Класифікація та основні схеми реверсивних перетворювачів.	1,3,4,5,7,8
12	л	2	Тема 8. Фізика процесу випростування у лучовій та мостовій схемах.	1,3,4,5,7,8
13	л	2	Тема 9. Фізика процесу інвертування.	1,3,4,5,7,8
14	пз	2	Аналіз та проработка основних схем нереверсивних тиристорних перетворювачів напруги.	
15	л	2	Тема 10. Залежність для ЕДС перетворювача та його характеристики в режимі неперервного струму.	1,3,4,5,7,8
16	л	2	Тема 11. Характеристики перетворювача в режимі перервного струму.	1,3,4,5,7,8
17	л	2	Тема 12. Природа статичного вирівнюючого струму. Вибір вирівнюючих реакторів.	1,3,4,5,7,8
18	пз	2	Аналіз та проработка основних схем реверсивних тиристорних перетворювачів напруги.	

19	л	2	Тема 13. Природа динамічного вирівнюючого струму та методи його обмеження.	1,3,4,5,7,8
20	л	2	Тема 14. Вибір згладжуючих реакторів та реакторів для обмеження зони перервного струму.	1,3,4,5,7,8
21	л	2	Тема 15. Динамічні властивості силової схеми тиристорного перетворювача.	1,3,4,5,7,8
22	пз	2	Розрахунок параметрів основних елементів тиристорних перетворювачів.	
			Модульна контрольна № 2	
23	л	2	Тема 16. Розрахунок передавальної функції силової схеми перетворювача.	1,3,4,5,7,8
24	л	2	Тема 17. Система імпульсно - фазового управління (СІФУ) тиристорного перетворювача.	1,3,4,5,7,8
25	л	2	Тема 18. Класифікація та типові схеми СІФУ.	1,3,4,5,7,8
26	пз	2	Розрахунок статичних характеристик тиристорних перетворювачів.	
27	л	2	Тема 19. Динамічні властивості тиристорного перетворювача.	1,3,4,5,7,8
28	л	2	Тема 20. Розрахунок передавальної функції перетворювача.	1,3,4,5,7,8
29	л	2	Тема 21. Енергетичні показники тиристорного перетворювача.	1,3,4,5,7,8
30	пз	2	Розрахунок динамічних характеристик тиристорних перетворювачів.	
31	л	2	Тема 22. Аварійні режими тиристорного перетворювача.	1,3,4,5,7,8
32	л	2	Тема 23. Засоби та схеми захисту тиристорного перетворювача.	1,3,4,5,7,8
33	л	2	Тема 24. Зменшення впливу тиристорного перетворювача на мережу електропостачання.	1,3,4,5,7,8
34	пз	2	Аналіз та проработка основних принципових схем СІФУ.	
			Модульна контрольна № 3	
Разом (годин)		74		

Примітки

1. Номер семестру вказують, якщо дисципліна викладається у декількох семестрах.
2. У показнику «Разом (годин)» кількість годин буде відрізнятись від загальної кількості аудиторних годин на кількість годин, що відведена на вивчення тем та питань, які вивчаються студентом самостійно (п. 3 додатку 8).
3. У графі 5 вказується номер відповідно до Додатку 14.

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
1	Опрацювання лекційного матеріалу	12
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських) занять	4
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	10
4	Виконання індивідуальних завдань:	30
5	Інші види самостійної роботи	-
	Разом	56

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання
(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
	5 семестр	
1	<i>Розрахувати та вибрати елементи тиристорного перетворювача напруги та обчислити його регульовальні та зовнішні характеристики</i>	
	– видача завдання	8
	– вибір і обґрунтування принципової схеми перетворювача	8-9
	– обчислювання напруги умовного холостого ходу перетворювача	9-10
	– розрахунок параметрів трансформатора, вибір тиристорів, розрахунок параметрів та вибір зрівнюючих та згладжуючих реакторів	10-12
	– розрахунок динамічних параметрів силового ланцюга електропривода	12-13
	– розрахунок регульовальної та зовнішніх характеристик перетворювача	13-14
	– захист завдання	14-16

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

(надається опис методів навчання)

Процес навчання по даній дисципліні передбачає проведення лекцій, практичних занять, виконання розрахункового завдання, самостійну роботу та консультації.

При проведенні лекцій студентам викладається матеріал дисципліни та проводиться поточний контроль.

Практичні заняття пов'язані з вивченням конструкції елементів електропривода, розрахунками їх параметрів, характеристик та передавальних функцій.

При самостійній роботі студент повинен вивчити розділи, теми за рекомендованою літературою, зазначеною робочою програмою з навчальної дисципліни.

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

(надається опис методів контролю)

Система контролю якості навчання студентів включає проведення поточного контролю та підсумкового контролю у вигляді екзамену.

Поточний контроль реалізується у формі опитування, виконання тестових контрольних робіт та індивідуальних (розрахункових) завдань.

Контроль складової робочої програми, яка освоюється під час самостійної роботи студента з додатковим лекційним матеріалом, проводиться шляхом перевірки конспектів.

Семестровий контроль проводиться в усній формі по екзаменаційних білетах в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою та у терміни, встановлені навчальним планом.

Студент вважається допущеним до семестрового екзамену з навчальної дисципліни за умови повного відпрацювання усіх практичних занять, передбачених навчальною програмою та успішного виконання тестових та розрахункового завдань.

РОЗПОДІЛ БАЛІВ, ЯКІ ОТРИМУЮТЬ СТУДЕНТИ, ТА ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ ТА УМІНЬ (НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS)

Таблиця 1. – Розподіл балів для оцінювання успішності студента для іспиту

5 семестр

Контрольні роботи	Практичні роботи	КР (КП)	РГЗ	Індивідуальні завдання	Тощо	Іспит	Сума
...30..	...10..	30	30	100

* На залік виділення балів не обов'язково. Залік може бути отримано за накопиченням балів.

** На іспит потрібно обов'язково виділити бали (кількість балів індивідуально для кожної дисципліни на розсуд викладача)

Критерії та система оцінювання знань та вмінь студентів.

Згідно основних положень ЄКТС, під **системою оцінювання** слід розуміти сукупність методів (письмові, усні і практичні тести, екзамени, проекти, тощо), що використовуються при оцінюванні досягнень особами, що навчаються, очікуваних результатів навчання.

Успішне оцінювання результатів навчання є передумовою присвоєння кредитів особі, що навчається. Тому твердження про результати вивчення компонентів програм завжди повинні супроводжуватися зрозумілими та відповідними **критеріями оцінювання** для присвоєння кредитів. Це дає можливість стверджувати, чи отримала особа, що навчається, необхідні знання, розуміння, компетенції.

Критерії оцінювання – це описи того, що як очікується, має зробити особа, яка навчається, щоб продемонструвати досягнення результату навчання.

Основними концептуальними положеннями системи оцінювання знань та вмінь студентів є:

1. Підвищення якості підготовки і конкурентоспроможності фахівців за рахунок стимулювання самостійної та систематичної роботи студентів протягом навчального семестру, встановлення постійного зворотного зв'язку викладачів з кожним студентом та своєчасного коригування його навчальної діяльності.

2. Підвищення об'єктивності оцінювання знань студентів відбувається за рахунок контролю протягом семестру із використанням 100 бальної шкали (табл. 1). Оцінки обов'язково переводять у національну шкалу (з виставленням державної семестрової оцінки „відмінно”, „добре”, „задовільно” чи „незадовільно”) та у шкалу ECTS (A, B, C, D, E, FX, F) (табл. 3).

Таблиця 2 – Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ECTS

Рейтингова Оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначення	Національна оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	- Глибоке знання навчального матеріалу модуля, що містяться в основних і додаткових літературних джерелах; - вміння аналізувати явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - вміння проводити теоретичні розрахунки; - відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні; - вміння вирішувати складні практичні задачі.	Відповіді на запитання можуть містити незначні неточності
82-89	B	Добре	- Глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу , що передбачений модулем; - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати складні практичні задачі.	Відповіді на запитання містять певні неточності;
75-81	C	Добре	- Міцні знання матеріалу, що вивчається, та його практичного застосування; - вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; - вміння вирішувати практичні задачі.	- невміння використовувати теоретичні знання для вирішення складних практичних задач.
64-74	D	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування; - вміння вирішувати прості практичні задачі.	Невміння давати аргументовані відповіді на запитання; - невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки; - невміння вирішувати складні практичні задачі.

60-63	E	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень матеріалу модуля, - вміння вирішувати найпростіші практичні задачі .	Незнання окремих (непринципових) питань з матеріалу модуля; - невміння послідовно і аргументовано висловлювати думку; - невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач
35-59	FX (потрібне додаткове вивчення)	Незадовільно	Додаткове вивчення матеріалу модуля може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом .	Незнання основних фундаментальних положень навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - невміння розв'язувати прості практичні задачі .
1-34	F (потрібне повторне вивчення)	Незадовільно	-	- Повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; - незнання основних фундаментальних положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач

Таблиця 3. Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
74 ... 81	C	
64 ... 73	D	задовільно
60 ... 63	E	
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(надається перелік складових навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни та посилання на сайт, де вони розташовані)

Навчально-методичне забезпечення навчальної дисципліни включає:

- текст лекцій;
- методичні вказівки до практичних занять;
- методичні вказівки та завдання для виконання розрахункової роботи;
- тестові завдання для поточного модульного контролю;
- питання для підсумкового контролю знань студентів у формі екзамену.

Складові навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни розташовані на сайті кафедри АЕМС: <http://web.kpi.kharkov.ua/aems/uk/complecs-uk/>

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література

1	Тукалов І.О., Кунченко Т.Ю. Елементи автоматизованого електропривода. Частина перша. Керовані перетворювачі електричної енергії для електроприводів – Харків.: НТУ «ХПІ», 2022 р. - 204 с.
2	Калінов А. П., Мельников В. Елементи автоматизованого електропривода : навч. посібник / А. П. Калінов, В. О. Мельников. – Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О. В., 2014. – 276 с.
3	Зімін Е. Н .Електрообладнання промислових підприємств і установок: підручник / Е. Н. Зімін, В.І.Преображенський, І. І. Чувашев. - 2-е вид., Перероб. і доп. - К.: Вища школа, 1981. - 552 с.
4	Теорія електропривода: Підручник / М.Г. Попович, М.Г Борисюк, В.А. Гаврилюк та ін.; За ред. М.Г. Поповича. – К.: Вища школа, 1993 – 494 с.
5	Erickson, Robert W. Fundamentals of Power Electronics. New York, NY: Chapman& Hall, 1997. ISBN: 9780412085413.
6	Електроніка і мікросхемотехніка : Підручник для вищ. навч. закл. освіти : У 4-х т./ В.І. Сенько, М.В. Панасенко , Є.В. Сенько та ін.; Під ред. В.І. Сенька. – К.: ТВО "Видавництво Обереги", 2000. – Т.1. Елементна база електронних пристроїв.– 309 с.
7	Krein, Philip T. Elements of Power Electronics. New York, NY: Oxford University Press, 1998. ISBN: 9780195117011.
8	Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посіб. / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін. – К.: Либідь, 2005. – 680
9	Richard Crowder. Electric Drives and Electromechanical Systems: Applications and Control / Richard Crowder. – Newnes, Published Date: 2006. – 312 p.

10	Перетворювальна техніка. Підручник : Ч. 2/ Ю.П. Гончаров , О.В. Будьонний, В.Г. Морозов та ін., За ред.. В.С. Руденка. – Харків: Фоліо, 2000. – 360 с.
11	Островецький М. Я. Промислова електроніка: Напівпровідникові перетворювачі змінної напруги в постійну навч. посіб. / М. Я. Островецький, В.І. Сенько, В.І. Чибеліс; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 341 с.
12	Казачковський М.М. Комплектні електроприводи. Навч. посібник. Дніпропетровськ: НГУ, 2003. – 266 с.
13	Чехет Е.М., Мордач В.П., Соколов В.М. Безпосередні перетворювачі частоти для електропривода. – К.: Наук. думка, 1988. – 224 с.
14	Шавьолкін О.О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: навч. посібник / О.О. Шавьолкін; Харків, над. ун-т. міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. — Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 403 с.
15	Михальський В.М., Соколов В.М., Чехет Е.М. Векторна широтно-імпульсна модуляція в матричних перетворювачах. Навчальний посібник. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2003. – 74 с.
16	Rashid, Muhammad H. SPICE for Power Electronics and Electric Power. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2006. ISBN: 9780849334184.
17	Blaschke F. “The Principle of Field Orientation as Applied to the NEW Transvector Closed-Loop System for Rotating-Field Machines,” Siemens Review, Vol. 39, No. 5, 1972, pp. 217-220
18	Malesani L., Rossetto L., Tenti P. Tomasin P.,”AC/DC/AC PWM Converter with Reduced Energy Storage in the DC Link”. IEEE Trans. Ind. Appl., №2,1995, pp.287-292.
19	Malinowski M., Kazmierkowski M., Hansen S., Blaabjerg F., Marques G., “Virtual-flux-based direct power control of three-phase PWM rectifiers”. IEEE Trans. Ind. Appl., №4,2001, pp.1019-1027.

Допоміжна література

20	Попович Н.Г. Елементи автоматизованого електропривода /Н.Г.Попович, В.А.Гаврилюк, О.В.Ковальчук, В.І.Теряєв . К.: УМК ВО, 1990. — 260 с
21	Руденко В.С. Промислова електроніка: Підручник / В.С. Руденко, В.Я. Ромашко, В.В. Трифонюк, К.: – Либідь, 1993. – 432 с.
22	Казачковський М.М. Керовані випрямлячі. – Дніпропетровськ: НГА України, 1999. – 228 с.

Методична література

23	Тукалов І.О., Кунченко Т.Ю. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з дисципліни «Елементи автоматизованого електроприводу». Учбово-методичне забезпечення самостійної роботи студентів. –Харків: НТУ ХП, 2022. – 40 с.
----	---

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ (перелік інформаційних ресурсів)