

**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**

**" Інформаційні елементи систем мехатроніки та робототехніки "**

( 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  
(загальна підготовка / професійна підготовка)

форма навчання: денна  
(денна / заочна)

Харків – 2023 рік

## ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни "Силові елементи систем мехатроніки та робототехніки"  
(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	<b>Аніщенко М. В.</b>	

Голова групи забезпечення  
спеціальності \_\_\_\_\_

Лазуренко О.П. \_\_\_\_\_  
(ПІБ, підпис)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 \_\_ р.



## 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: ФК 6 – Здатність використовувати знання з основ електромеханіки: теорії електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК 9 – Здатність визначати і забезпечувати оптимальні, енергоефективні та економічні режими роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування. ФК 13 – Здатність виконувати експериментальні (модельні) дослідження режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання. ФКс 17 – Здатність збирати та інтерпретувати необхідні дані і на цій основі висувати та захищати аргументи стосовно характеристик електроприводів, а також тенденцій їх розвитку, зокрема із застосуванням сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.

Результати навчання: ПРН 18 – Оцінювати параметри роботи електротехнічного, електроенергетичного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем та розробляти заходи щодо підвищення їх енергоефективності та надійності. ПРН 20 – Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексів і систем. ПРН 22 – Володіти методами синтезу електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних установок та систем із заданими показниками. ПРН 24 – Оцінювати надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем. ПРНс 37 – Вміти збирати та інтерпретувати необхідні дані та визначати сучасний стан та тенденції розвитку систем електроприводів, зокрема із застосуванням сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

<b>Попередні дисципліни:</b>	<b>Наступні дисципліни:</b>
Фізика	Автоматизований електропривод постійного струму
Теоретичні основи електротехніки	Автоматизований електропривод змінного струму
Силові елементи систем мехатроніки та робототехніки	Вбудовані системи керування в мехатроніці
Електричні машини	Промислові роботи
Електричні апарати	
Основи схемотехніки	
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
6	90/3,0	48	42	48			Р	4		+

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає (%):  $(48/90) \cdot 100 = 53\%$ .

## 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
<b>6 СЕМЕСТР</b>				
<b>Змістовий модуль № 1. Широтно – імпульсні перетворювачі / 0,4 кредиту</b>				
1	л	2	Тема 25. Широтно – імпульсні перетворювачі ( ШПП ). Принципи побудови. Типові схеми.	1,2,6
2	л	2	Тема 26. Широтно – імпульсний модулювач для ШПП.	1,2,6
3	л	2	Тема 27. Статичні та динамічні характеристики ШПП.	1,2,6
Модульна контрольна № 1				
<b>Змістовий модуль № 2. Тиристорні перетворювачі напруги змінного струму / 0,25 кредиту</b>				
4 5	л	4	Тема 28. Тиристорні перетворювачі напруги змінного струму. Схеми, принцип дії та характеристики. Тема 29. Тиристорний комутатор.	1,2,3
<b>Змістовий модуль № 3. Перетворювачі частоти / 0, 14 кредиту</b>				
6	л	2	Тема 30. Безпосередні перетворювачі частоти. Силові схеми, принципи дії та характеристики.	1,2,13,14
7	л	2	Тема 31. Перетворювачі частоти з ланкою постійного струму та інвертором струму або напруги, або широтно-імпульсною модуляцією.	1,2,13,14,18,19
Модульна контрольна № 2				
<b>Змістовий модуль № 4. Командні, задаючі та керуючі пристрої / 0, 5 кредиту</b>				
8	л	2	Тема 32. Командні та задаючі пристрої.	2,3,8,9,11
9	л	2	Тема 33. Задатчики інтенсивності.	2,3,8,9,11
10 11	л	4	Тема 34. Уніфіковані пристрої керування. Операційні підсилювачі та регулятори на їх базі.	2,3,8,9,11
<b>Змістовий модуль № 5. Датчики та вимірювальні схеми / 0,9 кредиту</b>				
12	л	2	Тема 35. Датчики та вимірювальні схеми. Структура та властивості аналогових та цифрових датчиків.	2,3,8,9,11
13	л	2	Тема 36. Датчики переміщення.	2,3,8,9,11
14	л	2	Тема 37. Датчики швидкості.	2,3,8,9,11
15	л	4	Тема 38. Датчики напруги та струму.	2,3,8,9,11
16	л	2	Тема 39. Датчики прискорення, динамічного струму, ЕДС.	2,3,8,9,11
17 18	л	4	Тема 40. Технологічні датчики (температури, тензометричні, індуктивні, вібрації, тиску, моменту).	2,3,8,9,11
Модульна контрольна № 3				

			<b>Змістовий модуль № 6. Узгоджуючі пристрої /0,7 кредиту</b>	
19 20	л	4	Тема 41. Узгоджуючі пристрої.	2,3,8,9,11
21	л	2	Тема 42. Аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі.	2,3,8,9,11
22 23	л	4	Тема 43. Функціональні перетворювачі.	2,3,8,9,11
24	л	2	Тема 44. Схеми гальванічного розгалуження.	2,3,8,9,11
			Модульна контрольна № 7.	
Разом (годин)		90		

#### 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	-
3	Самостійне вивчення тем та питань, які не викладаються на лекційних заняттях	10
4	Виконання індивідуальних завдань:	20
5	Інші види самостійної роботи	-
	Разом	42

## ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розрахункове завдання  
(вид індивідуального завдання)

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
	<b>6 семестр</b>	
1	<b><i>Розробка функціональної схеми електропривода з тиристорним перетворювачем</i></b>	
	– видача завдання	8
	– вибір і обґрунтування функціональної схеми електропривода з розрахованим раніше тиристорним перетворювачем	8-9
	– вибір основних елементів захисту тиристорного перетворювача	10
	– розрахунок та вибір резисторів динамічного гальмування	11
	– вибір та розрахунок параметрів елементів керуючої частини електроприводу (датчика інтенсивності, датчиків струму та швидкості);	12-13
	– захист завдання	14-16

## **МЕТОДИ НАВЧАННЯ**

(надається опис методів навчання)

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

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

Розрахункова робота пов'язана 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 успішного виконання тестових та розрахункових 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

6 семестр

Контрольні роботи	Лабораторні роботи	КР (КП)	РГЗ	Індивідуальні завдання	Тощо	Іспит	Сума
...40..		....	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	- <b>Глибоке знання</b> навчального матеріалу модуля, що містяться в <b>основних і додаткових літературних джерелах;</b> - <b>вміння аналізувати</b> явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; - <b>вміння проводити теоретичні розрахунки;</b> - <b>відповіді</b> на запитання <b>чіткі, лаконічні, логічно послідовні;</b> - <b>вміння вирішувати складні практичні задачі.</b>	Відповіді на запитання можуть містити <b>незначні неточності</b>
82-89	B	Добре	- <b>Глибокий рівень знань</b> в обсязі <b>обов'язкового матеріалу</b> , що передбачений модулем; - <b>вміння давати аргументовані відповіді</b> на запитання і проводити <b>теоретичні розрахунки;</b> - <b>вміння вирішувати складні практичні задачі.</b>	Відповіді на запитання містять <b>певні неточності;</b>
75-81	C	Добре	- <b>Міцні знання</b> матеріалу, що вивчається, та його <b>практичного застосування;</b> - <b>вміння давати аргументовані відповіді</b> на запитання і проводити <b>теоретичні розрахунки;</b> - <b>вміння вирішувати практичні задачі.</b>	- <b>невміння використовувати теоретичні знання для вирішення складних практичних задач.</b>
64-74	D	Задовільно	- Знання <b>основних фундаментальних положень</b> матеріалу, що вивчається, та їх <b>практичного застосування;</b> - <b>вміння вирішувати прості практичні задачі.</b>	Невміння давати <b>аргументовані відповіді</b> на запитання; - <b>невміння аналізувати</b> викладений матеріал і <b>виконувати розрахунки;</b> - <b>невміння вирішувати складні практичні задачі.</b>

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

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 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. Зимін, 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., MarquesG., “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 ХПІ, 2022 г. – 40 с.
----	--

## ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

(перелік інформаційних ресурсів)