

# Керуючі перетворювачі автоматизованих електроприводів

## СИЛАБУС

Шифр і назва спеціальності	141 – Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка	Інститут / факультет	Енергетики, електроніки та електромеханіки
Назва програми	Електропривод, мехатроніка та робототехніка	Кафедра	Автоматизованих електромеханічних систем
Тип програми	Освітньо-професійна, освітньо-наукова	Мова навчання	українська

### Викладач

ПІБ, електронна пошта	Тукалов Ігор Олегович	<i>Ihor.Tukalov@khpi.edu.ua</i>
-----------------------	-----------------------	---------------------------------

Фото	Кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем НТУ «ХПІ». Досвід роботи – 35 років. Автор понад 50 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисципліни «Керуючі перетворювачі автоматизованих електроприводів».
------	---

### Загальна інформація про курс

Анотація	Об'єктом вивчення у даному курсі є складові частини автоматизованого електропривода, призначені для перетворення електричної енергії та керування цим процесом. Предметом дисципліни є надбання теоретичних та практичних знань про складові частини автоматизованого електропривода, що далі дозволить проектувати системи промислового та побутового електропривода.
Цілі курсу	Сформувані у студентів поняття й надати знання про базові елементи з яких складаються промислові електромеханічні системи електроприводів. Сформувані вміння визначати принципи побудови та нормального функціонування елементів електротехнічних комплексів та систем. Сформувані здатність розробляти та розраховувати схеми електротехнічних установок різного призначення, визначати склад їх обладнання та розраховувати режими їх роботи, вміння використовувати довідкову літературу, каталоги устаткування, сучасні методи розрахунку, проектування та аналізу роботи складових частин електроприводів.
Формат	Лекції, практичні заняття, розрахункові роботи, самостійна робота та консультації. Підсумковий контроль – екзамен.
Семестр	5

**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.

### **Теми що розглядаються**

- Тема 1. Цілі та задачі дисципліни. Поняття та класифікація елементів. Основні координати елементів.**
- Тема 2. Узагальнена математична модель елемента. Регульовальна та зовнішня характеристики.**
- Тема 3. Формування характеристик елементів за допомогою зворотних зв'язків по вихідній координаті.**
- Тема 4. Генератори постійного струму.**
- Тема 5. Засоби форсування збудження генератора.**
- Тема 6. Тиристорні перетворювачі напруги. Їх переваги та недоліки. Класифікація та основні схеми нереверсивних перетворювачів.**
- Тема 7. Класифікація та основні схеми реверсивних перетворювачів.**
- Тема 8. Фізика процесу випрямлення у лучовій та мостовій схемах.**
- Тема 9. Фізика процесу інвертування.**
- Тема 10. Залежність для ЕРС перетворювача та його характеристики в режимі неперервного струму.**
- Тема 11. Характеристики перетворювача в режимі перервного струму.**
- Тема 12. Природа статичного вирівнюючого струму. Вибір вирівнюючих реакторів.**
- Тема 13. Природа динамічного вирівнюючого струму та методи його обмеження.**
- Тема 14. Вибір згладжуючих реакторів та реакторів для обмеження зони перервного струму.**

**Тема 15. Динамічні властивості силової схеми тиристорного перетворювача.**

**Тема 16. Розрахунок передавальної функції силової схеми перетворювача**

**Тема 17. Система імпульсно - фазового управління (СІФУ) тиристорного перетворювача.**

**Тема 18. Класифікація та типові схеми СІФУ.**

**Тема 19. Динамічні властивості тиристорного перетворювача.**

**Тема 20. Розрахунок передавальної функції перетворювача.**

**Тема 21. Енергетичні показники тиристорного перетворювача.**

**Тема 22. Аварійні режими тиристорного перетворювача.**

**Тема 23. Засоби та схеми захисту тиристорного перетворювача.**

**Тема 24. Зменшення впливу тиристорного перетворювача на мережу електропостачання.**

**Форма та методи навчання** (надається опис методів навчання)

Процес навчання по даній дисципліні передбачає проведення лекцій, практичних занять, виконання двох розрахункових завдань, самостійну роботу та консультації.

При проведенні лекцій використовується підготовлений та заздалегідь розданий студентам текст лекцій. При цьому з'являється можливість більш детального розгляду деяких розділів лекційного матеріалу та проведення поточного контролю за допомогою тестових контрольних робіт.

Практичні заняття пов'язані з розрахунком математичних моделей генератора, параметрів основних елементів тиристорних перетворювачів, статичних та динамічних характеристик перетворювачів.

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 індивідуальних (розрахункових) завдань, проведення тестових контрольних робіт.

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, виконання розрахункової роботи та тестових контрольних, передбачених навчальною програмою з дисципліни.

## **Розподіл балів, які отримують студенти**

Розподіл балів оцінювання успішності студента розраховується індивідуально для кожної дисципліни з урахуванням особливостей та структури курсу. Поточна сума балів, що може накопичити студент за семестр може досягати, як максимального балу так і меншого з виділенням балів на іспит чи залік.

В таблиці 1 наведений приклад тих пунктів, за якими студент накопичує бали. Ці пункти можуть відрізнятися та розглядаються індивідуально для конкретної дисципліни.

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. 2). 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).

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

Рейтингова Оцінка, бали	Оцінка ECTS та її визначен ня	Національна оцінка	Критерії оцінювання	
			позитивні	негативні
1	2	3	4	5
90-100	A	Відмінно	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Глибоке знання</b> навчального матеріалу модуля, що містяться в <b>основних і додаткових літературних джерелах;</b></li> <li>- <b>вміння аналізувати</b> явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку;</li> <li>- <b>вміння проводити теоретичні розрахунки;</b></li> <li>- <b>відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічно послідовні;</b></li> <li>- <b>вміння вирішувати складні практичні задачі.</b></li> </ul>	Відповіді на запитання можуть містити <b>незначні неточності</b>
82-89	B	Добре	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Глибокий рівень знань</b> в обсязі <b>обов'язкового матеріалу</b>, що передбачений модулем;</li> <li>- <b>вміння давати аргументовані відповіді</b> на запитання і проводити <b>теоретичні розрахунки;</b></li> <li>- <b>вміння вирішувати складні практичні задачі.</b></li> </ul>	Відповіді на запитання містять <b>певні неточності;</b>
75-81	C	Добре	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Міцні знання</b> матеріалу, що вивчається, та його <b>практичного застосування;</b></li> <li>- <b>вміння давати аргументовані відповіді</b> на запитання і проводити <b>теоретичні розрахунки;</b></li> <li>- <b>вміння вирішувати практичні задачі.</b></li> </ul>	- <b>невміння</b> використовувати теоретичні знання для вирішення <b>складних практичних задач.</b>
			- Знання <b>основних фундаментальних</b>	Невміння давати <b>аргументовані</b>

64-74	Д	Задовільно	<b>положень</b> матеріалу, що вивчається, та їх <b>практичного застосування</b> ; - вміння вирішувати прості <b>практичні задачі</b> .	<b>відповіді</b> на запитання; - невміння <b>аналізувати</b> викладений матеріал і <b>виконувати розрахунки</b> ; - невміння вирішувати <b>складні практичні задачі</b> .
60-63	Е	Задовільно	- Знання <b>основних фундаментальних положень</b> матеріалу модуля, - вміння вирішувати найпростіші <b>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	ФХ (потрібне додаткове вивчення)	Незадовільно	<b>Додаткове вивчення</b> матеріалу модуля може бути виконане в <b>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	Ф (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>

**Основна література:** (перелік літератури, яка забезпечує цю дисципліну)

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. Гаврилук 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. Островерхов М. Я. Промислова електроніка: Напівпровідникові перетворювачі змінної напруги в постійну навч. посіб.

- / М. Я. Островерхов, 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., Соболев 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., Соболев В.М., Чехет Е.М. Векторна широтно-імпульсна модуляція в матричних перетворювачах. Навчальний посібник. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2003. – 74с
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, стр.1019-1027.
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.
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.

### Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни

Таблиця 3. – Перелік дисциплін

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються:
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	

**Провідний лектор:** доц. Тукалов І.О.  
(посада, звання, ПІБ)

\_\_\_\_\_  
(підпис)