



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни

# Сучасні методи керування електроприводами змінного струму

### Шифр та назва спеціальності

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

### Інститут

Навчально-науковий інститут енергетики, електроніки та електромеханіки

### Освітня програма

Електропривод, мехатроніка та робототехніка

### Кафедра

Автоматизовані електромеханічні системи (129)

### Рівень освіти

Магістр

### Тип дисципліни

Обов'язкова

### Семестр

10

### Мова викладання

Українська

## Викладачі, розробники



### Обруч Ігор Володимирович

[Ihor.Obruch@khpі.edu.ua](mailto:Ihor.Obruch@khpі.edu.ua)

Кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем НТУ «ХПІ»

Автор та співавтор понад 50 наукових та методичних публікацій.

Курси: «Програмування рішень типових задач електропривода», «Моделювання електромеханічних систем», «Проектування електромеханічних систем автоматизації», «Інтелектуальні системи керування», «Інтелектуальні системи керування в мехатроніці», «Сучасні методи керування електроприводами змінного струму», «Сучасні методи керування приводами мехатронних систем».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

## Загальна інформація

### Анотація

Дисципліна спрямована на оволодіння теоретичними основами та практичними навичками у галузі сучасних систем керування асинхронним електроприводом. Розглядається побудова скалярних та векторних систем керування за принципом підпорядкованого керування.

### Мета та цілі дисципліни

Сформувані у студентів поняття й надати знання про побудову скалярних та векторних систем керування за принципом підпорядкованого керування, сформувані вміння синтезу та аналізу роботи таких систем.

### Формат занять

Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота, курсова робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

## **Компетентності**

K01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

K12. Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.

K15. Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов'язані з роботою електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу.

K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

K24. 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.

K25. Отримання та використання професійних знань та розумінь, пов'язаних з розробкою та експлуатацією мехатронних пристроїв та систем з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів.

## **Результати навчання**

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.

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

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

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

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

ПР23. Знати і розуміти процеси використання і споживання електроенергії засобами електропривода з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів і якості електроенергії.

ПР24. Знати і розуміти принципи організації процесів розробки та експлуатації мехатронних пристроїв та систем з дотриманням заданих параметрів технологічних процесів.

## **Обсяг дисципліни**

Загальний обсяг дисципліни 180 год. (6 кредитів ECTS): лекції – 32 год., лабораторні роботи – 32 год., самостійна робота – 116 год.

## **Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)**

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: "Вища математика", "Фізика", "Теорія автоматичного керування", "Теорія електропривода", "Динаміка електромеханічних систем", "Динамічні характеристики мехатронних систем".

## **Особливості дисципліни, методи та технології навчання**

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. При проведенні лекцій використовуються підготовлені та заздалегідь роздані студентам матеріали дисципліни.

При цьому з'являється можливість більш детального розгляду деяких розділів лекційного матеріалу та проведення поточного і тестового контролю.

При проведенні лабораторних занять використовуються методи проблемного та частково-пошукового викладу, при яких викладачем ставиться проблема і формулюється завдання, поетапно направляє і контролює його вирішення, а студенти організують активний пошук, надають способи вирішення поставленого завдання. Цей метод передбачає використання друкованих посібників та довідників, матеріалів тексту лекцій. При виконанні лабораторних та індивідуальних завдань студенти виконують комп'ютерне моделювання процесів в електромеханічних системах в якості засобів синтезу.

## **Програма навчальної дисципліни**

### **Теми лекційних занять**

Тема 1. Вступ. Потрібні поняття та визначення. Узагальнене поняття векторного керування (ВК). Мета курсу.

Тема 2. Історична довідка щодо методів керування АД. Поняття прямого ПВК та непрямого НВК векторного керування. Переваги та недоліки ПВА та НВК. Короткий аналіз сучасних методів керування асинхронним ЕП.

Тема 3. Тиристорні перетворювачі напруги (ТПН). Тиристорні комутувальні однофазні елементи (ТКЕ). Схеми включення ТКЕ.

Тема 4. Функціональна схема асинхронного ЕП із регульованою напругою на статорі та відсіканням струму.

Тема 5. Передавальні функції перетворювача напруги та АД. Жорсткість механічної характеристики АД. Структурна (алгоритмічна) схема асинхронного ЕП із регульованою напругою на статорі в сталих режимах роботи

Тема 6. Вихідна напруга БПЧ. Вимоги до частоти комутації фазних обмоток АД. Схема БПЧ з нульовою схемою випрямлення та з однофазним низькочастотним виходом

Тема 7. Закони формування вихідної напруги БПЧ. Аналіз відомих розробок схемних реалізацій трансформаторних силових кіл живлення БПЧ. Схемні варіанти мостових силових кіл трифазно-однофазного БПЧ із сумісним та розділним керуваннями групами вентилів

Тема 8. Спрощена принципова схема силових кіл реверсивного ЕП з трифазно-трифазним БПЧ з потенційним розділенням мостових вентиляльних груп за колом живлення та за колом навантаження, який побудований за еквівалентною 12-фазною схемою випрямлення.

Тема 9. Особливості статичних та динамічних характеристик безпосередніх перетворювачів частоти.

Тема 10. Спрощені функціональна й принципова схеми перетворювача частоти із ланкою постійного струму.

Тема 11. Принцип побудови закону керування. Закон керування Костенка.

Тема 12. Замкнені системи скалярного частотного керування. Узагальнена функціональна схема замкненої системи ПЧ-АД

Тема 13. Визначення електромагнітного моменту АД при частотному керуванні на основі АІН

Тема 14. Система ПЧ-АД із зворотними зв'язками за струмом та швидкістю.

Тема 15. Узагальнена схема підключення автономного інвертора струму АІС.

Тема 16. Функціональна схема замкненої системи АІС-АД із частотно-струмовим керуванням: особливості побудови, призначення елементів схеми, принцип функціонування

Тема 17. Узагальнена функціонально-принципова схема триконтурного асинхронного електроприводу із П-регуляторами струму та швидкості, побудованого на основі аналогових операційних підсилювачів (ОП

Тема 18. Методика синтезу триконтурної СК асинхронного ЕП типу АІС-АД.

Тема 19. Узагальнена функціональна схема частотно-струмової СПР швидкості АД на основі БПЧ: принцип побудови та функціонування, діапазон регулювання. Приклади застосування систем асинхронного ЕП типу БПЧ-АД.

Тема 20. Поняття про принципи побудови систем векторного керування (ВК) АД.

Тема 21. Короткий огляд традиційних способів керування трифазними АД. Спрощена принципова схема симетричної трифазної двополюсної асинхронної машини.

Тема 22. Математична модель симетричної трифазної двополюсної асинхронної машини в узагальненій векторній формі.

Тема 23. Перетворення трифазної математичної моделі АД в узагальненій векторній формі у двофазну векторно-матричну модель в «природних» прямокутних координатах.

Тема 24. Загальні відомості щодо визначення моменту АД при ВК

Тема 25. Визначення модуля електромагнітного моменту трифазного АД у системі ВК із орієнтуванням системи координат 1-2 за різними узагальненими опорними векторами.

Тема 26. Синтез структурної схеми АД у системі відліку, що зорієнтована за вектором потокозчеплення ротора.

Тема 27. Структурна (алгоритмічна) схема двофазної моделі АД (з фазним ротором та БПЧ у колі статора) у системі координат 1-2, що зорієнтована за вектором потокозчеплення ротора.

### **Теми практичних занять**

Практичних занять не передбачено за планом.

### **Теми лабораторних робіт**

Тема 1. Проектування та моделювання у пакеті комп'ютерного моделювання (ПКМ) «Matlab» структурних схем двофазного АД та силової частини ЕП.

Тема 2. Синтез структурної схеми АД у системі відліку, що зорієнтована за вектором потокозчеплення статора.

Тема 3. Структурна (алгоритмічна) схема двофазної моделі АД (з керуванням за колом ротора та БПЧ у колі керування).

Тема 4. Порівняльний аналіз структурних схем двофазних моделей АД із опорними векторами.

Тема 5. Проектування, побудова та дослідження в ПКМ «Matlab» комп'ютерної моделі каналу регулювання (стабілізації) потокозчеплення ротора АД в системі ВК асинхронного ЕП з підпорядкованою структурою.

Тема 6. Комп'ютерне моделювання в ПКМ «Matlab» та оцінка впливу від'ємного зворотного зв'язку за електрорушійною силою АД на показники електродинамічних характеристик системи векторного керування АД.

Тема 7. Застосування поліноміального методу для синтезу і моделювання в ПКМ «Matlab» регуляторів швидкості системи векторного керування.

Тема 8. Комп'ютерне моделювання усунення негативного впливу від'ємного в'язкого тертя в асинхронному ЕП із векторним керуванням методом поліноміальних рівнянь та застосуванням нейрорегуляторів в системі керування.

### **Самостійна робота**

Курс передбачає виконання курсової роботи на тему: "Дослідження системи керування частотно-регульованим асинхронним електроприводом". За результатами розрахунків оформлюється письмовий звіт. Після перевірки звіту студент повинен захистити розрахункове завдання.

## **Література та навчальні матеріали**

### **Основна література**

1. Чорний. О.П. Моделювання електромеханічних систем: підручник для ВНЗ / О.П. Чорний, А.В. Луговий, Д.Й. Родькін, Г.Ю. Сисюк, О.В. Садовий. Кременчук, 2001. – 410 с.

2. Толочко О.І. Моделювання електромеханічних систем. Математичне моделювання систем асинхронного електроприводу: навчальний посібник Київ, НТУУ «КПІ», 2016. – 150 с.

3. Онушко В.В. Моделювання електромеханічних систем: навчальний по-сібник. Стрижеус. – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – 81с.

4. Біла Т. Я., Стаценко В. В. Математичне моделювання електромеханічних систем : навч. посіб.; Київ. нац. ун-т технологій та дизайну. – Київ : КНУТД, 2016. – 399 с.

5. Довгань С. М. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: НГА України, 2001. – 37 с.

6. Попович М. Г., Лозинський О. Ю., Клепиков В. Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник за ред. М. Г. Поповича, О. Ю. Лозинського. – Київ: Либідь, 2005. – 680 с.
7. Плахтина О. Г., Мазепа С. С., Куцик А. С. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи. – Львів: Видавництво НУ"ЛП", 2002. – 228 с.
8. Vas P. Vector Control of AC Machines. Oxford University Press, 1990. – 320 p.
9. Drury B. The Control Techniques Drives and Controls Handbook, 2nd Edition, – The Institution of Engineering and Technology, United Kingdom, 2009. – 765 p.
10. М. В. Загірняк та ін. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода : навч. посібник. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків: Видавництво «Точка», 2017. – 206 с.
11. Півняк Г.Г., Волков О.В. Сучасні частотно-регульовані асинхронні електроприводи з широтноімпульсною модуляцією : монографія.. – Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2006. – 470 с.

### Додаткова література

12. Чорний О. П., Толочко О. І., Титюк В. К., Родькін Д. Й., Чекавський Г.С. Математичні моделі та особливості чисельних розрахунків динаміки електроприводів з асинхронними двигунами: монографія. – Кременчук: ПП Щербатих О. В, 2016. – 302 с. Іл.
13. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Під-ручник. – 2-ге вид., перероб. і допов. – Київ: Либідь, 2007. – 656 с.
14. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB : навчальний посібник.. – Львів : Видавництво НУ"ЛП", 2000. – 166 с.
15. Blaschke F. The principle of field-orientation as applied to the transvector closed loop control system for rotating-field machines, Siemens. 1972. Rev 34. pp. 217–220.
16. Leonhard W. Control of Electrical Drives, New York: Springer-Verlag USA, 2001. – 470 p.
17. Trzynadlowski A.M. Control of induction motor. – New York: Academic Press, 2001. – 226 p.
18. Matlab. The language of technical computing. Using Simulink. – The MathWorks Corporation, 2016.
19. Клепиков В.Б. Динаміка електромеханічних систем с нелінійним тертям: монографія / В.Б. Клепиков. – Харків: Видав-во «Підручник НТУ «ХПІ»», 2014. – 408 с.

## Система оцінювання

### Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

100% підсумкової оцінки складаються з результатів оцінювання у вигляді екзамену (40%) та поточного оцінювання (60%).

*Екзамен:* письмове завдання (2 запитання з теорії) та усна доповідь.

*Поточне* курсова робота (60%).

### Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

## Норми академічної етики і політика курсу

Студент повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту. Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

## Погодження

Силабус погоджено

21.09.2023

Завідувач кафедри  
Богдан ВОРОБІЙОВ

21.09.2023

Гарант ОП  
Віра ШАМАРДИНА

