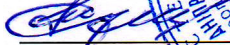


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою ДДТУ
від «27» 06 2024 року
протокол № 7

Голова Вченої ради
 Віталій ГУЛЯЄВ

«27» 06 2024 року



РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

«Прецизійні системи керування електроприводами»

для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня
зі спеціальності

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
за освітньо-професійною програмою
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Кам'янське

2024

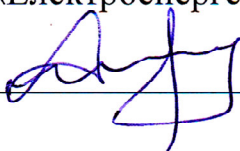
РОЗРОБЛЕНО ТА ВНЕСЕНО:

Дніпровським державним технічним університетом у відповідності до ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія» для другого (магістерського) рівня вищої освіти, затвердженої вченою радою ДДТУ (протокол № 6 від 30.05.2024р.)

РОЗРОБНИК РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ:

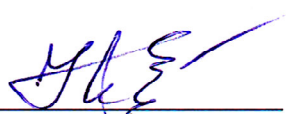
Олександр ДЕРЕЦЬ, канд.техн.наук, доцент.

ГАРАНТ ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

 Олександр ДЕРЕЦЬ

Робоча програма навчальної дисципліни ухвалена на засіданні кафедри електротехніки та електромеханіки

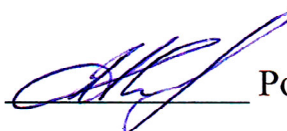
« 05 » 06 2024 року, протокол № 9.

Завідувач кафедри ЕТЕМ  Віктор НІЗИМОВ

Ухвалено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних технологій та енергетики

« 13 » 06 2024 року, протокол № 6

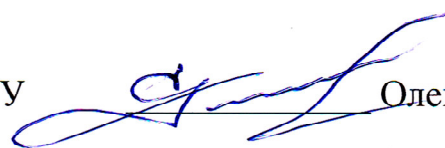
Голова НМК факультету комп'ютерних технологій та енергетики

 Роман КЛИМОВ

Ухвалено науково-методичною радою Дніпровського державного технічного університету

« 20 » 06 2024 року, протокол № 6

Заступник голови НМР ДДТУ

 Олена ГЛУЩЕНКО

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: 14 Електрична інженерія Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка Назва освітньої програми: «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» Освітній ступінь: магістр	Нормативна дисципліна	
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 1		1-й	1-й
Загальна кількість годин – 90		Семестр	
Тижневих годин для очної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3,6		1 – й	1 – й
		Лекції (годин)	
		16	4
		Практичні (годин)	
		16	4
		Лабораторні	
		-	-
		Самостійна робота (годин)	
		58	82
		Індивідуальні завдання:	
-		-	
Вид контролю:			
		залік	залік

Примітки.

Співвідношення кількості аудиторних занять до самостійної роботи :

для очної форми навчання – 1 : 1,8

для заочної форми навчання – 1 : 10,25

2. Мета та завдання навчальної дисципліни.

Перелік компетентностей та програмних результатів навчання

Мета - засвоєння здобувачами вищої освіти особливостей динаміки електромеханічних систем позиційних, стежних електроприводів; нелінійних, розривних систем керування; систем векторного полеорієнтованого керування електроприводами змінного струму; питань синтезу, оптимізації та налаштування автоматизованих систем високоточного відтворення складних рухів, які є головною виконавчою ланкою сучасних автоматизованих технологічних комплексів.

Завдання дисципліни визначаються вимогами освітньо – професійної програми підготовки магістрів з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки і включають придбання таких фахових *компетентностей* (ФК):

ФК 5. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ФК 12. Здатність синтезувати прецизійні системи керування електроприводами на основі сучасних методів оптимізації

Вивчення дисципліни передбачає *програмні результати навчання* (ПРН), що полягають у здатності:

ПРН 11. Виконувати оптимізацію за певними критеріями систем керування електротехнічними та електромеханічними динамічними об'єктами.

ПРН 12. Синтезувати оптимальні та модальні регулятори, оцінювачі координат для прецизійних систем розривного керування електроприводами.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

СИСТЕМИ ВИСОКОТОЧНОГО КЕРУВАННЯ

ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПОСТІЙНОГО І ЗМІННОГО СТРУМУ

Тема 1. Позиційні електроприводи з безперервними законами керування [1, 2, 6, 9] .

Специфіка застосування прецизійних електроприводів; загальні принципи побудови систем управління позиційними електроприводами: структура системи підпорядкованого регулювання положення, типові перехідні процеси; налаштування пропорційного регулятора положення, обґрунтування необхідності змінного коефіцієнту підсилення РП.

Питання на самостійне опрацювання

Система підпорядкованого регулювання швидкості тиристорного ЕП як внутрішня підсистема позиційного електроприводу: структура регуляторів, налаштування коефіцієнтів, типові перехідні процеси у лінійному варіанті та з врахуванням обмежень.

Практичні заняття - 6.1.

Тема 2. Релейні системи оптимального керування з каскадно-підпорядкованою структурою [2, 3, 7, 10] .

Структура релейних СКЕП; Синтез оптимальної системи методом N-і переключень: визначення коефіцієнтів зворотних зв'язків, прогнозування оптимальної по швидкодії перехідної траєкторії, вибір характерних точок.

Питання на самостійне опрацювання

Робота системи підпорядкованого регулювання в оптимальному перехідному процесі: часові діаграми, робота каскаду регуляторів релейної системи підпорядкованого регулювання, фазові траєкторії; режими з неоптимальною швидкодією.

Практичні заняття - 6.2.

Тема 3. Динамічні режими різних структур СКЕП [3, 4, 11] .

Формули для параметрів регуляторів та перехідні процеси лінійної системи підпорядкованого управління; оцінка якості регулювання; дослідження систем стабілізації швидкості електроприводу постійного струму з релейними регуляторами: система з релейним регулятором струму, система з релейними регуляторами струму та швидкості, вплив введення зв'язку за прискоренням на динаміку; динаміка релейної системи підпорядкованого управління позиційним електроприводом постійного струму.

Питання на самостійне опрацювання

Система підпорядкованого управління позиційним електроприводом з лінійним РП та релейними РС та РШ; оцінка якості перехідних процесів.

Тема 4. Позиційний електропривод з параболічним регулятором положення [2, 8] .

Параболічний регулятор положення: прогнозована перехідна траєкторія, вивід формули для заданої швидкості як функції похибки регулювання позиції; алгоритм та параметри параболічного регулятора; структурна схема СКЕП з чисто параболічним РП та її перехідні процеси; структура та алгоритм управління лінійно-параболічного регулятора положення.

Питання на самостійне опрацювання

Критерії зміни структури лінійно-параболічного РП; динаміка позиційного електроприводу з регулятором положення змінної структури; підсумкова оцінка структур ПЕП.

Практичні заняття - 6.3.

Тема 5. Принципи побудови систем векторного полеорієнтованого керування асинхронним електроприводом [2, 5, 6] .

Переваги асинхронного електроприводу; аналіз перехідних процесів прямого пуску асинхронного двигуна в різних системах координат: формули та

структурні схеми векторного аналізатора та перетворювача координат, оцінка взаємозв'язків координат АД в обертових системі з погляду можливості їх незалежного регулювання; принцип векторного полеорієнтованого керування АД; Модель АД в системі координат, орієнтованій за потоком ротора: пониження порядку системи диференціальних рівнянь та декомпозиція на підсистеми активної та реактивної складових.

Питання на самостійне опрацювання

Структура системи ВПК, яка реалізує роздільне керування потоком та швидкістю, перетворення керуючих впливів у систему координат статора.

Тема 6. Системи ВПК АД з безперервними регуляторами [2, 5, 7] .

Системи підпорядкованого регулювання асинхронних електроприводів: параметри регуляторів активного та реактивного струмів, потокозчеплення, швидкості; структура керівної частини та типові перехідні процеси безперервної СВПК; аналіз структурних недоліків лінійних системи підпорядкованого регулювання АД вплив перехресних зв'язків підсистем та інерційність тиристорного перетворювача;

Питання на самостійне опрацювання

Параметрична компенсація інерційності тиристорного перетворювача; система з контурами фазних струмів.

Тема 7. Релейні системи векторного полеорієнтованого керування асинхронним електроприводом [2, 3, 5, 12] .

Декомпозиція та лінеаризація математичної моделі АД, векторно-матрична форма запису рівнянь; структурна схема керівної частини релейної СВПК; синтез релейної системи стабілізації потокозчеплення: визначення рівнів обмеження канонічних координат та коефіцієнтів зворотних зв'язків; синтез релейної системи регулювання швидкості.

Питання на самостійне опрацювання

Визначення рівнів обмеження канонічних координат та коефіцієнтів зворотних зв'язків; аналіз перехідних процесів релейної СВПК АД.

Практичні заняття - 6.4.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин													
	очна форма							заочна форма						
	разом	у тому числі						разом	у тому числі					
		лекцій	практ.	лабор.	індив.	сам.р.	сам.п.		лекцій	практ.	лабор.	індив.	сам.р.	сам.п.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Модуль 1. Змістовий модуль 1														
Тема 1. Позиційні електроприводи з безперервними законами керування	13	2	4			4,5	2,5	13					13	
Тема 2. Релейні системи оптимального керування з каскадно-підпорядкованою структурою	13	2				10,5	0,5	13	2				12,5	0,5
Тема 3. Динамічні режими різних структур СКЕП	13	2	4			4,5	2,5	13					13	
Тема 4. Позиційний електропривод з параболічним регулятором положення	13	2	4			4,5	2,5	13	2	4			4,5	2,5
Тема 5. Принципи побудови систем векторного полеорієнтованого керування асинхронним електроприводом	13	4				8	1	13					13	
Тема 6. Системи ВПК АД з безперервними регуляторами	12	2				9,5	0,5	12					13	
Тема 7. Релейні системи векторного полеорієнтованого керування асинхронним електроприводом	13	2	4			4,5	2,5	13					13	
Усього	90	16	16			46	12	90	4	4			79	3

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		очна	заоч
1	Побудова моделей та розрахунок основних параметрів позиційного електроприводу з різними варіантами структури	4	
2	Дослідження перехідних процесів стежного позиційного електроприводу з різними типами зворотних зв'язків	4	4
3	Синтез та дослідження динаміки позиційного електроприводу з параболічним регулятором положення	4	
4	Дослідження динаміки релейної СВПК АД з двозонним регулюванням швидкості	4	
РАЗОМ		16	4

7. Теми лабораторних занять

Лабораторні заняття навчальним планом не передбачені.

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин	
		очна форма навчання	заочна форма навчання
1	Проробка лекційного матеріалу (0,25 год./ 1 год. лекцій)	4	1
2	Підготовка до практичних занять (0,5 год./ 1 год. занять)	8	2
3	Самостійне вивчення питань, які не викладалися на лекційних заняттях (3-4 год./ 1 год. в лекцій- ному викладі)	46	69
4	Виконання домашньої контрольної роботи		10
	Разом	58	82

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання освітньо-професійною програмою та навчальним планом спеціальності не передбачені.

10. Методи навчання

1. За логікою сприймання та засвоєння навчального матеріалу: пояснювально-ілюстративний, проблемний, дослідницький.

2. За характером викладення навчального матеріалу: словесні та наочні.

3. За організаційним характером навчання методи: стимулювання і мотивації навчально-пізнавальної діяльності, контролю та самоконтролю у навчанні.

Лекції, практичні заняття, самостійна робота з навчальною та довідковою літературою, самостійне виконання тестів, виконання контрольної роботи (для заочної форми), консультації.

11. Методи контролю

Поточний контроль реалізується у формі опитування на практичних заняттях та шляхом захисту звітів про виконання практичних робіт за індивідуальними варіантами.

Контроль самостійної роботи проводиться: з лекційного матеріалу - шляхом опитування на лекційних заняттях; з практичних занять – шляхом перевірки готовності до виконання практичного заняття.

Семестровий контроль проводиться в письмовій формі за контрольними завданнями. Здобувач вважається допущеним до підсумкової атестації з навчальної дисципліни за умови повного відпрацювання всіх практичних завдань, передбачених робочою програмою дисципліни. Для заочної форми навчання до умов допуску належить також виконання контрольної роботи.

12. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти другого (магістерського) рівня

Модуль 1. Поточне тестування та самостійна робота (100 балів)							Підсум-ковий тест (залік)
Змістовий модуль 1 (100 балів)							Су-ма
Лекційні заняття (теоретичний матеріал) 60 балів							100
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	
8	8	8	8	10	8	10	
Практичні заняття (40 балів)							
Пр 1		Пр 2		Пр 3		Пр 4	
10		10		10		10	

T1, T2...T7 – теми змістових модулів;

Пр 1, Пр 2,... Пр 4 – теми практичних занять.

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навча- льної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
		для заліку
90 – 100	A	зараховано
82-89	B	
74-81	C	
64-73	D	
60-63	E	
35-59	FX	не зараховано з можливіс- тю повторного складання
1-34	F	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Шкала оцінювання з кожного виду роботи

Оцінювання знань та умінь здобувачів вищої освіти за окремими складовими навчальної дисципліни здійснюється за наступними критеріями.

Критерії оцінювання результатів засвоєння теоретичної частини (результатів лекційних занять). Поточне оцінювання здійснюється за результатами письмових відповідей на питання (у формі виконання «закритих» тестів з вибором одного варіанту або самостійне словесне формулювання відповідей).

За темами Т5, Т7 здобувач відповідає на 5 питань, за темами Т1, Т2, Т3, Т4, Т6 здобувач відповідає на 4 питання.

За кожну вірну відповідь нараховується 2 бали, невірна відповідь оцінюється у 0 балів.

Критерії оцінювання результатів практичних занять.

У разі повного, часткового, неповного, невірного виконання завдання або у разі відсутності виконаного завдання надається кількість балів у відповідності з таблицею:

За бальною шкалою	Виконання завдань
10	Повне за обсягом виконання, вірні відповіді на два усних питання щодо змісту задачі.
8	Повне за обсягом виконання, вірна відповідь на одне з двох усних питань.
6	Повне за обсягом виконання (допускаються незначні неточності). Без відповідей на питання.
4	Повне за обсягом виконання, але з неточностями та помилками.
2	Виконання завдань невірне і неповне, викладені лише деякі частини схем та розрахунків.
0	Виконання завдань відсутнє.

Критерії оцінювання результатів підсумкової атестації.

Залікові бали нараховуються як сума балів за теоретичну і практичну складові за результатами поточного оцінювання. Підсумкова атестація проводиться за бажанням здобувача освіти з метою підвищення оцінки. Бали нараховуються за результатами виконання «закритого» тесту з 20 питань з теорії і практики з вибором однієї вірної відповіді (з 6-7 запропонованих варіантів). За кожну вірну відповідь нараховується 5 балів.

13. Перезарахування та визнання результатів навчання з освітньої компоненти

Перезарахування та визнання результатів навчання з навчальної дисципліни можливе в наступних випадках:

- участь здобувача у програмі академічної мобільності (навчання в інших ЗВО України або за кордоном) відповідно до Положення про академічну мобільність учасників освітнього процесу Дніпровського державного технічного університету;

- участь у програмах здобуття неформальної освіти відповідно до Положення про неформальну та/або інформальну освіту і порядок визнання результатів навчання здобувачів вищої освіти у Дніпровському державному технічному університеті.

Загальний обсяг освітніх компонент (як обов'язкових, так і вибірових) освітньої програми, що зараховуються здобувачу вищої освіти за підсумками визнання результатів неформального та/або інформального навчання, не може перевищувати 25 відсотків відповідної освітньої програми (Наказ МОН України від 08.02.2022 р. №130 «Про затвердження Порядку визнання у вищій та фаховій передвищій освіті результатів навчання, здобутих шляхом неформальної та/або інформальної освіти»).

Скористатися такою можливістю здобувачі вищої освіти можуть в тому випадку, якщо вони мають:

- сертифікат щодо проходження дистанційного чи онлайн курсу з тематикою навчальної дисципліни;
- сертифікат, який підтверджує його участь у науково-практичних і наукових конференціях за тематикою дисципліни;
- публікацію статті у науковому журналі за тематикою навчальної дисципліни.

Перезарахування та визнання результатів навчання може стосуватися всієї навчальної дисципліни, окремих тем навчальної дисципліни або частини теми, конкретних видів навчального процесу (семінарські / практичні / заняття тощо).

Посилання на освітні ресурси, які може відвідати здобувач з метою здобуття додаткових soft skills та підсилення практичних компетентностей з навчальної дисципліни «Прецизійні системи керування електроприводами»

1. Участь міжнародній науковій конференції Modern Electrical and Energy System (MEES) <https://mees.ieee.org.ua/>
2. Участь міжнародній науковій конференції KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek) <https://khpiweek.ieee.org.ua/>
3. Участь у Всеукраїнській науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні технології, засоби автоматизації та електропривод» <http://cit.dgma.donetsk.ua/>
4. Публікації в збірках наукових праць або наукових журналах, підбірка наукових видань за посиланнями <https://mon.gov.ua/nauka/nauka-2/atestatsiya-kadriv-vishchoi-kvalifikatsii/naukovi-fakhovi-vidannya> або <https://nfv.ukrintei.ua/>

14. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни «Прецизійні системи керування електроприводами» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Укладач: Дерещ О.Л. – Кам'янське, ДДТУ, 2024. 67 с.

2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Прецизійні системи керування електроприводами» для здобувачів вищої освіти другого (магі-

стерського) рівня зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Укладач: Дерещ О.Л. – Кам'янське, ДДТУ, 2024. 40 с.

3. Методичні вказівки до виконання контрольної роботи з дисципліни «Прецизійні системи керування електроприводами» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» заочної форми навчання. Укладач: Дерещ О.Л. – Кам'янське, ДДТУ, 2024. 16 с.

15. Рекомендована література

Базова

1. Садовой О.В., Волянський Р.С., Сохіна Ю.В. Наукові основи аналізу і синтезу оптимального енергоефективного керування електромеханічними системами : монографія. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. 309с.

2. Садовой О.В., Дерещ О.Л. Спеціальні питання математичного опису і моделювання динаміки складних систем : навч.посібник. – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2014. 206 с.

3. Дерещ О. Л., Садовой О. В. Метод N-і перемикань у задачах оптимізації за швидкістю : монографія. Кам'янське : ДДТУ, 2021. 252 с

4. Шеремет О.І., Садовой О.В., Сохіна Ю.В. Синтез електромеханічних систем методом дискретного часового еквалайзера : монографія. Кам'янське, 2019. 266 с.

5. Ключев О.В., Садовой О.В., Сохіна Ю.В. Системи керування асинхронними вентиляними каскадами : монографія. Кам'янське: ДДТУ, 2018. 294с.

Допоміжна

6. Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. – Київ, Інститут електродинаміки НАН України, 2018. 310с.

7. Чорний О.П., Луговой А.В., Родькин Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.. Моделювання електромеханічних систем : підручник для ВНЗ. Кременчук : КДПІ, 2001. 410 с.

8. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. – Львів: "Львівська політехніка", 2000. 166 с.

9. Дерещ О.Л., Садовой О.В., Дерещ Г.О. Побудова математичної моделі та структурний синтез астатичної релейної системи керування електроприводом. *Математичне моделювання*. Кам'янське, 2023. №2 (49) С.173–181. [https://doi.org/10.31319/2519-8106.2\(49\)2023.293193](https://doi.org/10.31319/2519-8106.2(49)2023.293193)

10. Дерещ О. Л., Садовой О. В., Нарушевич Є.Ю., Галькевич М.А., Куманьов Р.К. Дослідження динамічних режимів релейно-модальної системи керування електроприводом з пружним зв'язком. *Збірник наукових праць ДДТУ*.

Кам'янське, 2022. №2(41). С.115–123. <https://doi.org/10.31319/2519-2884.41.2022.13>

11. Дерещ О.Л., Садовой О.В., Дерещ С.О., Патинка Д.І. Структурна оптимізація за швидкодією спостерігачів похідних з релейним керуванням для стежних електроприводів. Збірник наукових праць ДДТУ. Кам'янське, 2024. №1(44) С.109–115. <https://doi.org/10.31319/2519-2884.44.2024.13>

12. Дерещ О.Л., Садовой О.В., Дерещ Г.О. Двухзонне регулювання швидкості асинхронних електроприводів в умовах стабілізації прискорення. Збірник наукових праць ДДТУ. Кам'янське, 2023. №2(43) С.76–83. <https://doi.org/10.31319/2519-2884.43.2023.7>

16. Інформаційні ресурси

Інформаційний портал ДДТУ – www.dstu.dp.ua

Інформаційний портал кафедри – <https://kaf-etem.mozello.site.com/>