

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

Кафедра Автоматизовані електромеханічні системи
(назва кафедри, яка забезпечує викладання дисципліни)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем
(назва кафедри)

_____ Б.В. Воробйов _____
(підпис) (ініціали та прізвище)
« _____ » _____ 2023 _____ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Синтез систем автоматичного керування

(назва навчальної дисципліни)

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

галузь знань 14 - Електрична інженерія
(шифр і назва)

спеціальність 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва)

освітня програма Електропривод, мехатроніка та робототехніка
(назви освітньої програми)

вид дисципліни вибіркова
(загальна підготовка /спеціальна (фахова) підготовка; обов'язкова/вибіркова)

форма навчання денна
(денна / заочна/дистанційна)

Харків – 2023 рік

ЛИСТ ЗАТВЕРДЖЕННЯ

Робоча програма з навчальної дисципліни **Синтез систем
автоматичного керування**

(назва дисципліни)

Розробники:

професор, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

В.М.Шамардіна

(ініціали та прізвище)

(посада, науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри

Автоматизовані електромеханічні системи

(назва кафедри)

Протокол від «21» 09.2023 року № 9

Завідувач кафедри

**Автоматизовані
електромеханічні системи**

(назва кафедри)

(підпис)

Б.В. Воробйов

(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.
(ПІБ) (Підпис, дата)

ЛИСТ ПЕРЕЗАТВЕРДЖЕННЯ РОБОЧОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ

№ зп	Дата засідання кафедри-розробника РПНД	Номер протоколу	Підпис завідувача кафедри (яка викладає)	Підпис завідувача кафедри (на якій викладається)	Підпис гаранта освітньої програми
1					
2					
3					
4					
5					

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

Синтез систем автоматичного керування

Мета:

Формування у студентів практичних навичок і знань в галузі досліджень функціонування складових елементів та електромеханічних систем автоматичного керування (АСК) в цілому, а також вмінь виконувати розрахунки параметрів АСК і аналізувати їх вплив на властивості систем, виконувати синтез електромеханічних систем з бажаними якісними показниками функціонування, робити аналіз їх властивостей окремих елементів та АСК.

Компетентності:

Шифр	Зміст
Професійні компетентності (ПК). Підготовка за спеціальністю	
ПК-3	Здатність використовувати базові знання з фізики, вищої математики та теоретичних основ електротехніки для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
ПК-5	Здатність використовувати знання з метрології та електричних вимірювань, теорії автоматичного керування, релейного захисту та автоматизації для вирішення задач оптимізації та керування в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.
ПК-8	Здатність використовувати сучасні методи розрахунку, проектування та аналізу роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.
ПК-9	Здатність визначати і забезпечувати оптимальні та енергоефективні режими роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.
ПК-13	Здатність до моделювання режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання.

Результати навчання:

Шифр	Зміст
РН-2	Визначати принципи побудови та функціонування елементів систем керування та автоматики електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів.
РН-5	Аналізувати процеси в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні і відповідних комплексів і систем.
РН-7	Володіти методами синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.
РН-21	Наслідувати зразки дій, стратегії та тактики розв'язання професійних завдань досвідченими працівниками у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.
РН-24	Комбінувати методи емпіричного і теоретичного дослідження для пошуку шляхів зменшення втрат електричної енергії при її виробництві, транспортуванні, розподіленні та використанні.
РН-34	Знати та використовувати методи фундаментальних наук для розв'язання загальноінженерних та професійних завдань

Структурно-логічна схема вивчення навчальної дисципліни:

Попередні дисципліни:	Наступні дисципліни:
Теорія автоматичного керування	Теорія електропривода ч. 1- ч. 2
Основи метрології та електричних вимірювань	Моделювання електромеханічних систем
Основи електроніки	Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування
Теоретичні основи електротехніки ч. 1- ч. 2	Системи керування електроприводами ч. 1 – ч. 2

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

(розподіл навчального часу за семестрами та видами навчальних занять)

Семестр	Загальний обсяг (годин) / кредитів ЕCTS	З них		За видами аудиторних занять (годин)			Індивідуальні завдання студентів (КП, КР, РГ, Р, РЕ)	Поточний контроль (кількість робіт)	Семестровий контроль	
		Аудиторні заняття (годин)	Самостійна робота (годин)	Лекції	Лабораторні заняття	Практичні заняття, семінари			Залік	Екзамен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	120/4	48	72		16	32	КР		залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до загального обсягу складає 40 (%)

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Проектування систем керування в мехатроніці

№ з/п.	Види навчальних занять (Л, ЛЗ, 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, тематична)
1	2	3	4	5
	ПЗ СР	4 8	<u>Тема 1. Принципи побудови АСК.</u> Фундаментальні принципи керування: керування в розімкнених системах, керування за відхиленням, за збуренням, комбіноване керування, принцип адаптації. Основні види автоматичного керування: стабілізація, стеження, програмне, оптимальне, екстремальне. Складання структурних функціональних схем АСК. Приклади.	1, 2
	ПЗ ЛЗ СР	4 4 8	<u>Тема 2. Математичний опис елементів АСК.</u> Розгляд принципів функціонування основних складових елементів АСК, отримання передаточних функцій елементів.	1, 2
	ПЗ СР	2 4	<u>Тема 3. Орієнтований граф АСК.</u> Побудова орієнтованого графа АСК. Визначення передаточних функцій АСК за формулою Мейсона.	
	ПЗ СР	2 6	<u>Тема 4. Математичний опис АСК в просторі стану.</u> Складання системи диференціальних рівнянь АСК в нормальній формі Коши. Визначення матриць А, В, С, D.	1, 2

			<u>Тема 5. Стійкість неперервних лінійних систем керування.</u> Побудова областей стійкості за допомогою критерію Вишнеградського. Структурна нестійкість АСК. Порівняна оцінка критеріїв. Запас стійкості АСК за модулем та фазою. Розрахунок і побудова зони стійкості АСК (метод D-розбиття) в площині одного і двох регульованих параметрів системи	1, 2
ПЗ ЛЗ СР	6 6 10		<u>Тема 6. Аналіз якості керування лінійних неперервних систем в ustalеному режимі.</u> Визначення похибки керування АСК. Коефіцієнти похибок. Структурні ознаки астатизму систем, засоби підвищення його порядку. Визначення потрібного коефіцієнта передачі розімкнутої АСК за умови забезпечення її точності.	1, 2
ПЗ СР	4 8		<u>Тема 7. Аналіз якості керування лінійних неперервних систем в динаміці.</u> Показники оцінки якості АСК в перехідному режимі. Кореневі методи оцінки якості. Кореневий годограф.	1, 2, 3
ПЗ СР	4 6		<u>Тема 8. Корекція АСК.</u> Послідовні та паралельні коректувальні пристрої. Типові регулятори (П- регулятор, ІІ- регулятор, ПІД- регулятор). Вплив регуляторів на якість керування в перехідних та ustalених режимах роботи АСК.	1, 2, 3
ПЗ СР ЛЗ	2 8 6 6		<u>Тема 9. Синтез АСК класичними методами.</u> Метод стандартних коефіцієнтів. Синтез послідовного коректувального пристрою за допомогою логарифмічних амплитудно - частотних характеристик (ЛАЧХ). Синтез коректувальних пристроїв за кореневим годографом.	1, 2, 3
Разом	120			

САМОСТІЙНА РОБОТА

№ з/п	Назва видів самостійної роботи	Кількість годин
2	Підготовка до практичних(лабораторних, семінарських)занять	16
4	Виконанняіндивідуального завданняКР:	56
5	Інші види самостійної роботи	
	Разом	72

ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ

№ з/п	Назва індивідуального завдання та (або) його розділів	Терміни виконання (на якому тижні)
1	<u>2</u>	3
КУРСОВА РОБОТА «Автоматичне керування електромеханічними системами»		
1	<p>1 Опис системи автоматичного керування</p> <p>1.1 Опис алгоритму функціонування АСК, взаємного зв'язку складових елементів АСК</p> <p>1.2 Основні властивості, функціональне призначення, рівняння динаміки і передаточні функції елементів АСК</p> <p>1.3 Функціональна схема АСК</p> <p>1.4 Структурна алгоритмічна схема АСК</p>	2 тиждень
2	<p>2 Математичний опис АСК</p> <p>2.1 Передаточні функції і рівняння динаміки розімкненої АСК за сигналами завдання та збудження</p> <p>2.2 Передаточні функції і рівняння динаміки замкненої АСК за сигналами завдання та збудження</p> <p>2.3 Математичний опис АСК в просторі стану</p> <p>2.4 Побудова орієнтованого графа АСК</p>	4 тиждень
3	<p>3 Передаточні функції похибки АСК за сигналами завдання та збудження</p> <p>3.1 Передаточні функції похибки розімкненої АСК</p> <p>3.2 Передаточні функції похибки замкненої АСК</p> <p>3.3 Визначення порядку астатизму замкненої АСК</p> <p>3.4 Визначення потрібного коефіцієнту передачі розімкненої АСК, який забезпечить задану точність замкненої АСК</p>	6 тиждень

1	2	3
4	<p>4 Дослідження стійкості вихідної (некорегованої) АСК при потрібному за точністю коефіцієнті передачі</p> <p>4.1 Визначення коренів характеристичного рівняння розімкненої та замкненої АСК. Дослідження стійкості за коренями</p> <p>4.2 Дослідження стійкості за алгебраїчним критеріями Гурвіца, Рауса-Гурвіца</p> <p>4.3 Дослідження стійкості за частотними критеріями (Михайлова, Найквіста)</p> <p>4.4 Визначення за умовами стійкості (метод D-розбиття) замкненої АСК діапазону значень коефіцієнта передачі розімкненої АСК</p>	10 тиждень
5	<p>5 Синтез корегувального пристрою за методом логарифмічних частотних характеристик</p> <p>5.1 Розрахунок та побудова ЛАЧХ некорегованої АСК, бажаної ЛАЧХ і ЛАЧХ корегувального пристрою</p> <p>5.2 Вибір корегувального пристрою і розрахунок параметрів елементів його електричної схеми</p> <p>5.3 Визначення запасів стійкості, граничного коефіцієнта передачі за ЛАЧХ розімкненої корегованої системи</p> <p>5.4 Розрахунок і побудова зони стійкості АСК (метод D-розбиття) в площині двох регульованих параметрів системи</p>	12 тиждень
6	<p>6 Синтез корегувального пристрою за методом кореневого годографа</p> <p>6.1 Визначення передаточної функції корегувального пристрою за методом кореневого годографа з використанням пакету Matlab (Simulink)</p> <p>6.2 Порівняння отриманих результатів з синтезом за методом ЛАЧХ</p>	14 тиждень

1	2	3
7	7.1 Структурне моделювання некорегованої і корегованої АСК за допомогою пакета Matlab (Simulink) 7.2 Визначення показників якості за перехідними характеристиками $h(t)$ некоректованої і корегованої замкнутої АСК	15 тиждень

МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Методи навчання з «**Синтез систем автоматичного керування**», що використовуються при взаємодії між викладачем та студентами:.

1. Пояснювально-ілюстративний метод (Студенти одержують знання на лекції, з навчальної або методичної літератури, через екранний посібник в "готовому" виді).
2. Репродуктивний метод (Студенти застосовують вивчене на основі зразка або правила, засвоєння алгоритмів виконання типових завдань, кількаразового відтворення опанованих знань при виконанні лабораторних, практичних робіт, програмованого контролю, самоконтролю).
3. Метод проблемного викладу (При викладанні матеріалу ставиться проблема, формулюється пізнавальне завдання. Надаються способи рішення поставленого завдання, системи доказів, порівняння точок зору, різних підходів аналізу, синтезу, порівняння, узагальнення, конкретизації, виділення головного).
4. Частково-пошуковий, або евристичний (на практичних і лабораторних заняттях організується активний пошук, поетапно направляється й контролюється рішення пізнавальних завдань на основі роботи над комп'ютерними програмами і навчальними посібниками).
5. Дослідницький метод (Проводиться аналіз матеріалу, постановка проблем і завдань, які виконуються з використанням дослідницького методу обґрунтування, припущень, пошуку відповідних джерел необхідної інформації, процесу рішення. Студенти самостійно вивчають літературу,

джерела, ведуть спостереження й виміри й виконують інші дії пошукового характеру щоб робити правильні наукові висновки. Комп'ютерне моделювання процесів в технічних системах в якості засобу розробки, перевірки, вимірювання, а також визначення принципів та закономірностей синтезу, функціонування систем і їх прогнозування).

МЕТОДИ КОНТРОЛЮ

Оцінювання знань студентів здійснюється під час проведення поточного та семестрового контролю.

Поточний контроль реалізується у формі опитування, захисту лабораторних робіт, рішення вправ на практичних заняттях, виконання індивідуальних завдань, проведення контрольних робіт, ректорських контрольних робіт тощо.

Контроль виконання складових частин робочої програми, що засвоюються під час самостійної роботи студента, проводиться:

- з лекційного матеріалу – шляхом перевірки конспектів;
- з практичних та лабораторних – за допомогою перевірки виконаних поточних завдань, а також контрольних та розрахункових завдань;

Семестровий контроль проводиться в усній формі по екзаменаційних білетах на екзамені відповідно до навчального плану зі спеціальності в обсязі навчального матеріалу, визначеного робочою програмою та у терміни, встановлені учбовим графіком.

Результати поточного контролю (поточна успішність) враховується як допоміжна інформація для визначення оцінки з дисципліни.

Студент допускається до семестрового екзамену з дисципліни за умови відпрацювання усіх практичних, лабораторних занять, що передбачено цією навчальною програмою.

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

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

Контрольні роботи	Лабораторні роботи	КР (КП)	РГЗ	Індивідуальні завдання	Тощо	Залік	Сума
	30	60				10	100

Критерії та система оцінювання знань та вмінь студентів.

Таблиця 2. Шкала оцінювання знань та вмінь: 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	<ul style="list-style-type: none"> - Глибоке знання навчального матеріалу, 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	<ul style="list-style-type: none"> - Глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу, - 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	<ul style="list-style-type: none"> - 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.
	D	Задовільно	<ul style="list-style-type: none"> - Знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування; 	Невміння давати аргументовані відповіді на запитання;

64-74			- вміння вирішувати прості практичні задачі.	- невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки; - невміння вирішувати складні практичні задачі.
60-63	Е	Задовільно	- Знання основних фундаментальних положень - 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 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	Ф (потрібне повторне вивчення)	Незадовільно	-	- Повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; - істотні помилки у відповідях на запитання; -незнання основних фундаментальних

				х положень; - невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач
--	--	--	--	--

НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Аналіз та синтез лінійних систем автоматичного керування: лаб. практикум / В.М. Шамардіна, Л.В. Асмолова. - Харків: НТУ «ХП», 2009.- 92с. (Бібліотека НТУ «ХП»)
2. Аніщенко М.В., Осічев О.В., Тимощенко А.В. та ін. Електромеханіка: дистанційне навчання та віддалені лабораторії Навчальний посібник.- Х. : ТОВ «Планета прінт». 2016.- 120с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література

1	Теорія автоматичного управління: Підручник/За ред. Г.Ф. Зайцева. — К.:Техніка, 2002. — 668 с.
2	Попович М. Г. Теорія автоматичного керування: підручник / М. Г. Попович, О. В. Ковальчук. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
3	Dorf R., Bishop R., Modern control systems. – Addison-Wesley: 2005. – 832 p.
4	Гоголюк П.Ф., Гречин Т.М. Теорія автоматичного керування: Навч. посібник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2009. – 280 с.
5	Kattan P. MATLAB for Beginners: A Gentle Approach. – 2010. – 300 p. https://www.researchgate.net/publication/301358471_MATLAB_for_Beginners_A_Gentle_Approach
6	Аніщенко М.В., Осічев О.В., Тимощенко А.В. та ін. Електромеханіка: дистанційне навчання та віддалені лабораторії Навчальний посібник.- Х. : ТОВ «Планета прінт». 2016.- 120с.

Допоміжна література

7	Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделювання електромеханічних систем в Simulink: Навч. Посібник для студентів вищих технічних
---	--

	закладів. – К.: ВД «Стилос», 2008. - 528 с.
8	Александров Є.Є., Козлов Е.П., Кузнецов Б.І. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Том. І. Теорія автоматичного керування. – Харків: НТУ "ХПІ", 2002. – 490 с.
9	Кубрак А.І. Комп'ютерне моделювання та ідентифікація автоматичних систем / А.І. Кубрак, А.І. Жученко, М.З. Кваско. – К. : Політехніка, 2004. – 424 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ В ІНТЕРНЕТІ

1. <http://citm.ho.ua/Dist/Method/3-4636.pdf>
2. https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%B8_%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B8_%D0%B2_MATLAB