

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

(найменування центрального органу виконавчої влади у сфері освіти і науки)

Національний університет «Запорізька політехніка»

(повне найменування закладу вищої освіти)

Кафедра Електропривода та автоматизації промислових установок

(найменування кафедри, яка відповідає за дисципліну)

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Ректор (перший проректор)



18.09.2020 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ЗПН08

Теорія автоматичного керування

(код і назва навчальної дисципліни)

спеціальність

173 Авіоніка,

(код і назва спеціальності)

освітня програма (спеціалізація) Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів
(назва спеціалізації)

інститут, факультет Фізико-технічний інститут, Електротехнічний факультет
(назва інституту, факультету)

мова навчання українська

Робоча програма Теорія автоматичного керування для студентів
(назва навчальної дисципліни)

спеціальності 173 – Авіоніка

освітня програма (спеціалізація) Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів

(назва освітньої програми (спеціалізації))

„25” серпня 2020 року - ____ с.

Розробники: Казурова А.Є., доцент кафедри електропривода і автоматизації
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)
промислових установок, к.т.н., доцент

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри Електропривода і автоматизації
промислових установок

Протокол від “25” серпня 2020 року № 1

Завідувач кафедри Електропривода і автоматизації промислових установок
(найменування кафедри)

«25» серпня 2020 року  (Пирожок А.В.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Схвалено науково-методичною комісією ЕТФ факультету
Електротехнічний
(найменування факультету)

Протокол від “17” вересня 2020 року № 1

«17» вересня 2020 року Голова  (Антонов М.Л.)
(підпис) (прізвище та ініціали)

Узгоджено групою забезпечення освітньої програми*

«____» _____ 20____ року Керівник групи _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

*Якщо дисципліна викладається невипусковою кафедрою

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 10	Галузь знань <u>17 «Електроніка та телекомунікації»</u> (шифр і найменування)	нормативна	
Модулів – 3	Спеціальність <u>173 «Авіоніка»</u> (код і найменування) Освітня програма (спеціалізація) <u>«Електротехнічні комплекси та системи літальних апаратів»</u>	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		2-й / 3-й	2-й / 3-й
Індивідуальне науково-дослідне завдання <u>Курс. роб.</u> (назва)		Семестр	
Загальна кількість годин - 300		4-й / 5-й	4-й / 5-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 / 4 самостійної роботи студента – 7 / 6	Освітній ступінь: <u>бакалавр</u>	Лекції	
		30 / 30 год.	6 / 6 год.
		Практичні, семінарські	
		–	–
		Лабораторні	
		14 / 30 год.	2 / 6 год.
		Самостійна робота	
		76 / 90 год.	112 / 138 год.
		Індивідуальні завдання: 30 год.	
		Вид контролю: залік / екзамен	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – $44/106=0,42$

$60/90=0,67$

для заочної форми навчання – $8/142=0,06$

$12/138=0,09$

1. Мета навчальної дисципліни

Мета. Опанування студентами основ класичної теорії автоматичного керування, принципів побудови систем автоматичного керування (САК), а також методів їх проєктування і дослідження.

Завдання. Забезпечення студентів знаннями про загальні принципи побудови САК, методи синтезу, аналізу та моделювання САК різноманітних типів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:

загальні компетентності: здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1), здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації (ЗК2).

фахові компетентності: здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів (ФК4); здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів (ФК6); здатність обґрунтовувати прийняті рішення, ефективно працювати автономно та у складі колективу (ФК10).

Очікувані програмні результати навчання: автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності (РН2); організовувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності (РН5); критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності (РН6); розробляти математичні моделі літальних апаратів як об'єктів керування (РН15).

2. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Загальні відомості про системи керування.

Тема 1. Вступ та класифікація систем автоматичного керування (САК).

- 1.1. Класифікація САК за принципом дії.
- 1.2. Класифікація САК за характером зміни вихідної змінної.
- 1.3. Класифікація САК за математичним описом.

Змістовий модуль 2. Лінійні системи керування.

Тема 1. Опис лінійних САК.

- 1.1. Лінеаризація нелінійних рівнянь.
- 1.2. Дві форми запису лінійних диференціальних рівнянь.

Тема 2. Динамічні ланки, їх характеристики та типи з'єднання.

- 2.1 Класифікація динамічних ланок.
- 2.2 Динамічні характеристики ланок.
 - 2.2.1 Часові динамічні характеристики.
 - 2.2.2 Частотні динамічні характеристики.
- 2.3 Типи з'єднання ланок у САК.
 - 2.3.1 Послідовне з'єднання ланок.

2.3.2 Паралельне з'єднання ланок.

2.3.3 Зустрічно-паралельне з'єднання ланок.

Тема 3. Основні правила перетворення структурних схем.

Тема 4. Передаточні функції замкнених САК.

Тема 5. Стійкість руху безперервних лінійних САК.

5.1 Кореневі критерії стійкості.

5.2 Коефіцієнтні (алгебраїчні) критерії стійкості.

5.2.1 Критерій про необхідні умови стійкості.

5.2.2 Критерій Рауса-Гурвіца.

5.3 Частотні критерії стійкості.

5.3.1 Критерій Михайлова.

5.3.2 Критерій Найквіста.

5.3.3 Застосування критерію Найквіста до систем з чистим запізнюванням.

5.3.4 Логарифмічний критерій Найквіста.

Тема 6. Оцінка якості регулювання.

6.1 Показники точності САК.

6.1.1 Типові регулятори.

6.1.2 Визначення показників точності САК.

6.2 Визначення показників якості перехідних процесів.

6.3 Визначення показників якості за коренями характеристичного рівняння.

6.4 Інтегральні показники якості.

6.5 Частотні показники якості.

Тема 7. Методи підвищення точності САК. Випадкові процеси в САК.

7.1 Підвищення точності за рахунок збільшення коефіцієнта передачі розімкнутого кола.

7.2 Підвищення точності за рахунок збільшення ступеня астатизму.

7.3 Підвищення точності за рахунок введення в закон керування похідної від помилки або гнучкого зворотного зв'язку.

7.4 Підвищення точності за рахунок застосування комбінованого керування.

7.5 Підвищення точності за рахунок застосування неединичних зворотних зв'язків.

7.6 Випадкові процеси в САК.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Цифрові системи керування.

Тема 1. Функціональна схема САК і її циклограма роботи. АЦП та ЦАП.

Тема 2. Поняття про решітчасті функції і різницеві рівняння. Z-перетворення.

Тема 3. Розв'язання лінійних різницевих рівнянь. Передаточні функції цифрових систем керування.

Тема 4. Системи з екстраполятором нульового порядку.

Тема 5. Формула Тастіна. Передаточні функції регулятора. Теорема Котельникова.

Тема 6. Стійкість руху та якість цифрових САК.

Змістовий модуль 4. Нелінійні САК.

Тема 1. Основні нелінійні ланки. Структурні перетворення нелінійних САК.

Тема 2. Поняття про фазовий простір і фазові траєкторії.

Тема 3. Особливості динаміки нелінійних систем.

Тема 4. Методи дослідження стійкості та якості нелінійних систем.

4.1 Дослідження стійкості методами Ляпунова.

4.1.1 Теорема Ляпунова про асимптотичну стійкість.

4.1.2 Теорема Барбашина-Красовського.

4.2 Дослідження стійкості методом фазової площини.

4.3 Критерій абсолютної стійкості В.М. Пóпова.

Тема 5. Гармонічна лінеаризація.

Тема 6. Загальні поняття про коректування нелінійних систем.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		лк	пр	лаб	інд	с.р.		лк	пр	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Загальні відомості про системи керування.												
Тема 1. Вступ та класифікація САК	14	4	-	2	-	8	11	1	-	-	-	10
Разом за змістовим модулем 1	14	4	-	2	-	8	11	1	-	-	-	10
Змістовий модуль 2. Лінійні системи керування.												
Тема 1. Опис лінійних САК	12	2	-	2	-	8	14.5	0.5	-	-	-	14
Тема 2. Динамічні ланки, їх характеристики, типи з'єднання	22	6	-	2	-	14	19	1	-	2	-	16
Тема 3. Основні правила перетворення структурних схем	12	2	-	2	-	8	12.5	0.5	-	-	-	12
Тема 4. Передаточні функції замкнених САК	10	2	-	-	-	8	12.5	0.5	-	-	-	12
Тема 5. Стійкість руху безперервних лінійних САК	20	6	-	4	-	10	17	1	-	-	-	16
Тема 6. Оцінка якості регулювання	20	6	-	2	-	12	17	1	-	-	-	16
Тема 7. Методи підвищення точності САК. Випадкові процеси в САК.	10	2	-	-	-	8	16.5	0.5	-	-	-	16
Разом за змістовим модулем 2	106	26	-	12	-	68	109	5	-	2	-	102
Усього годин	120	30	-	14	-	76	120	6	-	2	-	112
Модуль 2												
Змістовий модуль 3. Цифрові системи керування.												
Тема 1. Функціональна схема САК і її циклограма роботи. АЦП та ЦАП	10	2	-	2	-	6	10.5	0.5	-	-	-	10
Тема 2. Поняття про решітчасті функції і різницеві рівняння. Z-перетворення	16	4	-	4	-	8	17	1	-	2	-	14
Тема 3. Розв'язання лінійних різницевого	16	4	-	4	-	8	15	1	-	-	-	14

рівнянь. Передаточні функції цифрових систем керування												
Тема 4. Системи з екстраполятором нульового порядку	12	2	-	2	-	8	10.5	0.5	-	-	-	10
Тема 5. Формула Тастіна. Передаточні функції регулятора. Теорема Котельникова	12	2	-	2	-	8	10.5	0.5	-	-	-	10
Тема 6. Стійкість руху та якість цифрових САК	12	2	-	2	-	8	10.5	0.5	-	-	-	10
Разом за змістовим модулем 3	78	16	-	16	-	46	74	4	-	2	-	68
Змістовий модуль 4. Нелінійні САК.												
Тема 1. Основні нелінійні ланки. Структурні перетворення нелінійних САК	10	2	-	2	-	6	14.2	0.2	-	2	-	12
Тема 2. Поняття про фазовий простір і фазові траєкторії	12	2	-	2	-	8	12.4	0.4	-	-	-	12
Тема 3. Особливості динаміки нелінійних систем	12	2	-	2	-	8	12.4	0.4	-	-	-	12
Тема 4. Методи дослідження стійкості та якості нелінійних систем	16	4	-	4	-	8	14.4	0.4	-	2	-	12
Тема 5. Гармонічна лінеаризація	12	2	-	2	-	8	10.2	0.2	-	-	-	10
Тема 6. Загальні поняття про коректування нелінійних систем	10	2	-	2	-	6	12.4	0.4	-	-	-	12
Разом за змістовим модулем 4	72	14	-	14	-	44	76	2	-	4	-	70
Усього годин	150	30	-	30	-	90	150	6	-	6	-	138
Модуль 3												
ІНДЗ	30	-	-	-	30	-	30	-	-	-	30	-
Усього годин	300	60	-	44	30	166	300	12	-	8	30	250

5. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальними планами спеціальності (освітньої програми).

6. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальними планами спеціальності (освітньої програми).

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення системи автоматизованого моделювання «Matlab / Simulink»	2
2	Дослідження динамічних характеристик інтегруючої та інерційної ланок	4
3	Дослідження динамічних характеристик коливальної ланки	4
4	Розв'язання диференціального рівняння третього порядку	4
5	Дослідження впливу гнучкого зворотного зв'язку на якісні показники САК	6
6	Дослідження впливу чистого запізнювання на якісні показники САК	8
7	Дослідження САК з ПД-регулятором	8
8	Дослідження САК при наявності збурення в системі	8

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
1	Вступ та класифікація систем автоматичного керування (САК)	8	10
2	Опис лінійних САК	8	14
3	Динамічні ланки, їх характеристики та типи з'єднання	14	16
4	Основні правила перетворення структурних схем	8	12
5	Передаточні функції замкнених САК	8	12
6	Стійкість руху безперервних лінійних САК	10	16
7	Оцінка якості регулювання	12	16
8	Методи підвищення точності САК. Випадкові процеси в САК	8	16
9	Функціональна схема САК і її циклограма роботи. АЦП та ЦАП	6	10
10	Поняття про решітчасті функції і різницеві рівняння. Z-перетворення	8	14
11	Розв'язання лінійних різницевих рівнянь. Передаточні функції цифрових систем керування	8	14
12	Системи з екстраполятором нульового порядку	8	10
13	Формула Тастіна. Передаточні функції регулятора. Теорема Котельникова	8	10

14	Стійкість руху та якість цифрових САК	8	10
15	Основні нелінійні ланки. Структурні перетворення нелінійних САК	6	12
16	Поняття про фазовий простір і фазові траєкторії	8	12
17	Особливості динаміки нелінійних систем	8	12
18	Методи дослідження стійкості та якості нелінійних систем	8	12
19	Гармонічна лінеаризація	8	10
20	Загальні поняття про коректування нелінійних систем	6	12
	Разом	166	250

9. Індивідуальні завдання

Для студентів денної форми навчання – курсова робота.

Для студентів заочної форми навчання – 2 контрольні роботи та курсова робота.

10. Методи навчання

Під час викладання курсу використовуються такі методи навчання:

- розповідь – для оповідної, описової форми розкриття навчального матеріалу;
- пояснення – для розкриття сутності певного явища, закону, процесу;
- бесіда – для усвідомлення за допомогою діалогу нових явищ, понять;
- ілюстрація – для розкриття предметів і процесів через їх символічне зображення (малюнки, схеми, графіки);
- практична робота – для використання набутих знань у розв’язанні практичних завдань;
- аналітичний метод – мисленевого або практичного розкладу цілого на частини з метою вивчення їх суттєвих ознак;
- індуктивний метод – для вивчення явищ від одиничного до загального;
- дедуктивний метод – для вивчення навчального матеріалу від загального до окремого, одиничного;
- проблемний виклад матеріалу – для створення й розв’язання проблемної ситуації.

11. Очікувані результати навчання з дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

- знати основи теорії автоматичного керування;
- вміти використовувати набуті знання з теорії автоматичного керування у вивченні фахових дисциплін та у подальшій професійній діяльності.

12. Засоби оцінювання

Для студентів денної форми навчання: письмове і усне опитування на лекціях, аудиторна контрольна робота, виконання та захист лабораторних робіт, захист курсової роботи, проведення чотирьох підсумкових рубіжних контролів.

Для студентів заочної форми навчання: захист контрольних робіт, захист курсової роботи, усне опитування на консультаціях.

13. Критерії оцінювання

Кожний модуль оцінюється за 100-бальною системою.

Оцінювання академічних успіхів студента з дисципліни «Теорія автоматичного керування» здійснюється за такими критеріями та у відповідності до такої методики.

Найменування завдань	Лекції		Лабораторні заняття	Разом
	Контрольні роботи на лекціях	Різні види поточного опитування та якість відвідування занять	Виконання лабораторних робіт та їх захист	
Лекції	40			100
Лекції		10		
Лабораторні заняття			50	

У відповідності до названих вище норм отримання балів визначається підсумкова модульна оцінка першого (третього) рубіжного контролю (РК-1 (РК-3)) за 100-бальною шкалою.

Якщо студентом відпрацьований перший контроль з оцінкою в межах 60-100 балів, йому присвоюється 50% виконання навчального навантаження дисципліни «Теорія автоматичного керування».

У відповідності до названих вище норм отримання балів визначається підсумкова модульна оцінка другого (четвертого) рубіжного контролю (РК-2 (РК-4)) за 100-бальною шкалою.

Якщо студентом відпрацьований другий контроль з оцінкою в межах 60-100 балів, йому присвоюється ще 50% виконання навчального навантаження дисципліни і з врахуванням 50% РК-1 (РК-3), йому присвоюється 100% виконання навчального навантаження дисципліни.

У цьому випадку студент звільнюється від складання заліку (екзамену) з дисципліни «Теорія автоматичного керування», а загальна оцінка за знання курсу визначається як середньозважена результатів РК-1 (РК-3) і РК-2 (РК-4).

Студенти, які отримали “незадовільно” з одного РК (РК-1 (РК-3) чи РК-2 (РК-4)), складають залік (екзамен) з курсу «Теорія автоматичного керування» під час підсумкового контролю. Ця оцінка і оцінка позитивного РК, як середньозважена, і є заліковою (екзаменаційною) оцінкою.

Оцінка “незадовільно” (менш 60 балів) в одному з РК (РК-1 (РК-3) чи РК-2 (РК-4)) може враховуватись при визначенні загальної лише у випадках, коли вона становить не менш ніж 35 балів і є достатньою для забезпечення загальної задовільної оцінки. Окремого рішення не перекладати цей РК не потрібно.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

14. Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Теорія автоматичного керування” для студентів спеціальності 173 “Авіоніка” денної та заочної форм навчання / Укл.: А.Є. Казурова, С.Г. Деєв. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 54 с.

2. Програма, методичні вказівки з вивчення дисципліни «Теорія автоматичного керування» та контрольні завдання для студентів спеціальності 173 “Авіоніка” заочної форми навчання / Укл.: А.Є. Казурова, С.Г. Деєв, І.А. Андріяс. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 42с

3. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни “Теорія автоматичного керування” для студентів спеціальності 173 “Авіоніка” денної та заочної форм навчання / Укл.: А.Є. Казурова, С.Г. Деєв. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 42 с.

4. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни “Теорія автоматичного керування” для студентів спеціальності 173 “Авіоніка” денної та заочної форм навчання / Укл.: А.Є. Казурова, С.Г. Деєв, І.А. Андріяс. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 34 с.

15. Рекомендована література

Базова

1. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування : Підручник / М.Г. Попович, О.В. Ковальчук. – Либідь, 1997. – 544 с.
2. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування / М.Г. Попович. – Київ : «Либідь», 2007. – 656 с.
3. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. Учебное пособие для вузов / Е.П. Попов. – 2-е изд., М. : Наука, 1989. – 301 с.
4. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. Учебное пособие для вузов / Е.П. Попов. – 2-е изд., стер. – М. : Наука, 1988. – 255 с.
5. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования / 2-е изд., перераб. и доп. – К. : Вища шк., 1989. – 431 с.
6. Потапенко Е. М. Основы теории и методы автоматического управления : учебное пособие / Е. М. Потапенко, А. Е. Казурова // Запорожье : ЗНТУ, 2013. – 273 с.

Допоміжна

1. Макаров И.М. Линейные автоматические системы / И.М. Макаров, Б.М. Менский. – М. : Машиностроение, 1982. – 504 с.
2. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства / Н.Т. Кузовков. – М. : Машиностроение, 1976. – 184 с.
3. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. – М. : Наука, 1975. – 768 с.
4. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления : Пер. с англ. / Б. Куо. – М. : Машиностроение, 1986. – 444 с.
5. Изерман Р. Цифровые системы управления : Пер. с англ. / Р. Изерман. – М. : Мир, 1984. – 541 с.
6. Юревич Е.Й. Теория автоматического управления / Е.Й. Юревич. – Л. : Энергия Ленингр. Отд-ние, 1975. – 410 с.

16. Інформаційні ресурси