

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра

мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма:

Якість, стандартизація та сертифікація
(назва освітньої програми)

Спеціальність:

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань:

15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти:

бакалавр
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
мікро-та наноелектроніки
(найменування кафедри)

Протокол №1 від 17.08.2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Теорія автоматичного керування Навчальна дисципліна вибіркової компоненти
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Василенко О. В., к.т.н., доцент, доцент кафедри мікро- і наноелектроніки
Контактна інформація викладача	Робочий телефон: +380617698367, телефон викладача: 0952394162, e-mail: traven03@yahoo.com
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 90 годин кредитів – 3 кредити ЄКТС розподіл годин: 14 годин лекційних, 14 годин лабораторних, 62 годин самостійна робота, вид контролю – залік
Консультації	Згідно з графіком консультацій https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
Пререквізити Дисципліни: «Українська мова», «Обчислювальна техніка та програмування» Постреквізити Дисципліни: «Проектування вимірювальних систем»	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
Теорія автоматичного керування (ТАК) – це курс теоретичного спрямування, що викладається в контексті використання методів і законів ТАК при проектуванні оптимальних автоматизованих вимірювальних систем. Вивчення навчальної дисциплін «Теорія автоматичного керування» дозволить студентів приймати обґрунтовані рішення при подальшому проектуванні САК, систем автоматичного регулювання (САР) та інформаційно-вимірювальних систем (ІВС).. У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати загальні компетентності: K01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях. K02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово. K03. Здатність спілкуватися іноземною мовою. K04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій. фахові компетентності: K14. Здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принцип їх роботи. K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки. K17. Здатність застосовувати стандартні методи розрахунку при конструюванні модулів, деталей та вузлів засобів вимірювальної техніки та їх обчислювальних компонент і модулів. Очікувані програмні результати навчання: ПР01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки. ПР02. Знати і розуміти основні поняття метрології, теорії вимірювань, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасні методи обробки та оцінювання точності вимірювального експерименту. ПР06. Вміти використовувати інформаційні технології при розробці програмного забезпечення для опрацювання вимірювальної інформації. ПР09. Розуміти застосовуванні методики та методи аналізу, проектування і дослідження, а та-	

кож обмежень їх використання. ПР12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів, в тому числі шляхом математичного моделювання. ПР19. Вміти розробляти автоматизовані системи вимірювання та контролю на основі промислових контролерів та інтелектуальних реле.
4. Мета вивчення навчальної дисципліни
підготовка спеціалістів, що зрозуміли і засвоїли основні поняття, закони і методи Теорії автоматичного керування для її практичного застосування для оптимального проектування систем автоматичного керування, інформаційно-вимірювальних систем в тому числі.
5. Завдання вивчення дисципліни
Пізнавальні – освоєння методів, законів і принципів Теорії автоматичного керування. Практичні – сформулювати практичні навички використання методів, законів і принципів Теорії автоматичного керування для оптимального проектування інформаційно-вимірювальних систем (ІВС).
6. Зміст навчальної дисципліни
Модуль 1. Змістовий модуль 1. Основні поняття Теорії автоматичного керування Вступ. Цілі та задачі дисципліни. Вимоги до студентів. Література. Основні поняття та визначення дисципліни. Поняття регулювання, керування, об'єкта регулювання, збурення, впливи, відхилення, уставки тощо. Ступені автоматизації: часткова, комплексна і повна. Ручне регулювання. Автоматичне регулювання. Аналогові та дискретні системи автоматичного регулювання. Тема 1. Основи теорії автоматичного керування (ТАК). Класифікація об'єктів регулювання: за видом регульованої величини, за характером матеріальних і енергетичних внутрішніх зв'язків, за призначенням, за динамічними властивостями. Об'єкти з зосередженими і розподіленими параметрами. Властивості об'єктів автоматичного регулювання, їх вхідні та вихідні величини. Збурення. Класифікація систем автоматизації за функціональними ознаками. Локальні системи автоматизації: системи автоматичного (СА) вимірювання; СА контролю; СА сигналізації; системи дистанційного керування; СА захисту; СА блокування. Основні принципи побудови систем автоматичного регулювання (САР): принцип за відхиленням, принцип за збуренням. САР: стабілізуючі (САР-С); програмні (САР-П); слідкуючі САР-S); екстремальні (САР-Е); оптимальні (САР-О), адаптивні та інші. Тема 2. Принципи побудови систем автоматичного регулювання та керування Основні принципи побудови систем автоматичного регулювання та керування: принцип за відхиленням, принцип за збуренням. Розімкнуті, замкнуті та комбіновані системи автоматичного регулювання. Циркуляція інформації в системах автоматичного регулювання. Багатоконтурні, каскадні та комбіновані системи регулювання. Умови використання перетворень функцій часу (Лапласа, Фур'є, Бесселя, z-перетворення тощо). Принципи регулювання. Системи автоматичного регулювання (САР) та керування (САК). Синтез регуляторів за передаточними функціями. Використання теорії комплексних чисел та функцій. Тема 3. Типові ланки САК та їх характеристики Структурні схеми САР та САК. Вхідні та вихідні величини елементів систем регулювання. Елементи та сигнали в САР та САК. Пропорційна ланка. Аперіодична ланка першого порядку, її часові функції та частотні характеристики. Знаходження параметрів аперіодичної ланки першого порядку. Інтегровальна, пропорційна та диференціальна ланки (ідеальна та реальна) ланка, їх часові та частотні характеристики. Функція передачі, статична і динамічна характеристики. Границі пропорційності, їх означення та фізичний зміст. Пропорційно-інтегральні регулятори. Функція передачі, статична і динамічна характеристики пропорційно-інтегрального регулятора. Настроювальні параметри регуляторів. Означення часу

ізодрому, його фізичний зміст.

Пропорційно-диференціальні регулятори. Час диференціювання, або час випередження, його означення. Функція передачі та структурне представлення пропорційно-диференціального регулятора. Пропорційно-інтегрально-диференціальні регулятори (ПІД – регулятори). Функція передачі та структурне представлення ПІД регулятора. Регулятори із змінною структурою. Аперіодична та коливна ланки другого порядку, їх часові функції та частотні характеристики. Знаходження параметрів ланок другого порядку.

Ланка запізнення та її характеристики.

Модуль 2. Змістовий модуль 2. Застосування ТАК при дослідженні САК

Тема 4. Параметри і характеристики САК

Вхідні та вихідні величини елементів автоматики. Статичні характеристики. Коефіцієнт перетворення. Коефіцієнт підсилення. Коефіцієнт стабілізації. Похибка (абсолютна, відносна, зведена). Поріг чутливості та причини, що його викликають. Зона нечутливості.

Динамічні характеристики елементів автоматики. Характеристики точності приладів і засобів автоматизації. Номінальна статична характеристика перетворення. Характеристики похибки та її систематичної і випадкової складових. Варіація збурення і реакція актуатора. Функції впливу. Поняття зворотного зв'язку як одного з основних понять автоматики. Коефіцієнт зворотного зв'язку. Додатний і від'ємний зворотний зв'язок.

Типові вхідні сигнали та реакція на них елементів. Перехідна функція, імпульсна перехідна функція, реакція елемента на гармонічні збурення. Математичний опис сигналів.

Нелінійні системи автоматичного регулювання та керування. Формування законів регулювання регуляторів за допомогою нелінійних елементів з метою підвищення якості регулювання. САР та САК зі змінною структурою. Адаптивні САК.

Тема 5. Аналіз САК

Амплітудно-фазова характеристика, амплітудно-частотна та фазочастотна характеристики елементів (ланок) систем автоматичного керування.

Логарифмічна амплітудна та логарифмічна фазова частотні характеристики типових ланок (аперіодичної першого порядку, інтегровальної, диференціювальних ланок та ланок другого порядку). Знаходження логарифмічних частотних характеристик послідовного з'єднаних ланок САК. Годографи. Зв'язок перехідних функцій системи з її функцією передачі. Аналітичні методи знаходження імпульсних перехідних функцій систем. Зв'язок перехідних функцій систем з імпульсними перехідними функціями.

Визначення стійкості динамічних систем. Системи стійкі, нестійкі і ті, що перебувають на межі стійкості. Аналітичне формулювання умов стійкості. Аналіз якості процесу регулювання на основі розміщення коренів характеристичного рівняння системи. Ступінь стійкості системи, його зв'язок з часом перехідного процесу. Знаходження ступеня стійкості систем. Алгебраїчні та частотні критерії стійкості. Критерій Рауса. Критерій Гурвіца. Аналіз стійкості динамічних систем згідно з критерієм Найквіста. Вплив запізнення на стійкість систем. Частотні критерії стійкості для систем із запізненням. Запас стійкості. Критерій Михайлова.

Тема 6. Методи підвищення якості САК

Постановка задачі корекції автоматичних систем. Вплив структури системи та параметрів елементів системи на стійкість та якість. Корекція САР шляхом включення послідовних і паралельних ланок, включення додаткових зворотних зв'язків. Застосування методу логарифмічних частотних характеристик під час синтезу САР. Способи підвищення якості САР у системах із запізненням.

Комбіновані та адаптивні САК. Системи взаємозв'язаного регулювання. Вплив властивостей об'єкта регулювання і регулятора на характер процесу регулювання.

Перспективи розвитку Теорії автоматичного керування – перехід від синтезу та аналізу лінійних систем, які описуються функціями комплексної частоти, до нелінійних систем, які описуються функціями часу.

7. План вивчення навчальної дисципліни				
№ ти- жня	Назва теми	Форми органі- зації навчання	Кількість годин	
1	Вступ. Основні поняття Теорії автоматичного керування	лекція	2	
2	Аналіз бібліотеки елементарних ланок	лабораторна	2	
3	Основи теорії автоматичного керування	лекція	2	
4	Основні ланки САР в бібліотеці CAD	лабораторна	2	
5	Принципи побудови систем автоматичного регулювання та керування	лекція	2	
6	Синтез нових ланок САР в CAD	лабораторна	2	
7	Типові ланки САК та їх характеристики	лекція	2	
7	Основні поняття Теорії автоматичного керування	тестування		
8	Програма синтезу регуляторів в САЕ	лабораторна	2	
9	Параметри і характеристики САК	лекція	2	
10	Синтез PID-регулятора в 20-sim	лабораторна	2	
11	Аналіз САК	лекція	2	
12	Синтез та аналіз лінійної САК в Micro Cap	лабораторна	2	
13	Методи підвищення якості САК	лекція	2	
14	Синтез та аналіз лінійної САК в 20-sim	лабораторна	2	
14	Застосування ТАК при дослідженні САК	тестування		
8. Самостійна робота				
№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1, 2	Вступ. Основи теорії авто- матичного керування	Опрацювання літератури, під- готовка до лабораторних робіт.	7	Усне опитування на лекції.
3, 4	Принципи побудови сис- тем автоматичного регу- лювання та керування	Опрацювання літератури, під- готовка до лабораторних робіт.	7	Усне опитування на лекції.
5, 6	Типові ланки САК та їх характеристики	Опрацювання літератури, під- готовка до лабораторних робіт.	6	Усне опитування на лекції.
7	Змістовий модуль 1. Осно- вні поняття Теорії автома- тичного керування	Підготовка до тестування.	5	Тестування для самоконт- ролю в системі дистанцій- ного навчання (тест 1).
8, 9	Параметри і характери- стики САК	Опрацювання літератури, підго- товка до лабораторних робіт.	6	Усне опитування на лекції.
10,11	Аналіз САК	Опрацювання літератури, під- готовка до лабораторних робіт.	7	Усне опитування на лекції.
12, 13	Методи підвищення якості САК	Опрацювання літератури, під- готовка до лабораторних робіт.	7	Усне опитування на лекції.

14	Дослідження САК	Підготовка до тестування.	7	Тестування для самоконтролю в системі дистанційного навчання (тест 2).
15	Підсумковий контроль	Підготовка до заліку.	2	Залік, в тому числі в системі дистанційного навчання

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій (не менш ніж 2 години на тиждень або за попередньою домовленістю);
- використання системи дистанційного навчання Moodle:
<https://moodle.zp.edu.ua/course/view.php?id=4807>
- листування за допомогою електронної пошти traven03@yahoo.com (у форматі 24/7 кожного дня);
- відеозустріч в системі Zoom Meeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та Telegram (за графіком консультацій викладача);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).

9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістових модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти залік за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому оцінюється за 100-бальною шкалою.

Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС – A, B, C, D, E, FX, F).

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (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

Оцінки «зараховано» заслуговує студент, який виявив повне (певне) знання навчального матеріалу, успішно (частково) виконав передбачені програмою завдання, засвоїв рекомендовану основну літературу. Оцінка «зараховано» виставляється студентам, які засвідчили системні (не системні) знання понять та принципів навчальної дисципліни і здатні до їх самостійного поповнення та оновлення (використання) під час подальшої навчальної роботи і професійної діяльності. Одночасно вони допустили певні неточності, пропуски, помилки, які зумовили некоректність окремих результатів та висновків.

Оцінка «не зараховано» виставляється студентіві, який виявив значні прогалини в знаннях

основного навчального матеріалу, допустив грубі помилки у виконанні передбачених програмою завдань, незнайомий з основною літературою, а також студентам, у яких відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою.

Під час контролю по першому змістовому модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 30 балів (3 лабораторні роботи по 25 балів = 75 балів);
- виконання ІДЗ впродовж змістовного модуля – до 10 балів;
- тестування/АКР за тематикою змістовного модуля – до 15 балів.

Під час контролю по другому змістовому модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 35 балів (2 лабораторні роботи по 35 балів = 70 балів);
- тестування/АКР за тематикою змістовного модуля – до 20 балів;
- виконання ІДЗ впродовж змістовного модуля – до 10 балів.

Під час контролю по третьому змістовому модулю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- повнота відповіді та активність роботи студента на лабораторній роботі оцінюється до 35 балів (2 лабораторні роботи по 35 балів = 70 балів);
- виконання ІДЗ впродовж змістовного модуля – до 10 балів;
- тестування/АКР за тематикою змістовного модуля – до 20 балів.

Підсумковий контроль визначається як середня контролів за змістові модулі.

Під час екзаменаційної сесії студенти, які незгодні з оцінкою, або отримали незадовільну оцінку, з'являються на **залік**.

Якщо студент додатково складає залік, то оцінювання враховує наступні критерії:

1. студент отримує два теоретичне питання, які потребують змістовної відповіді, кожне з них оцінюється від 0 до 30 балів;

- 30-25 балів отримують студенти, які повністю розкрили сутність поняття, дали його чітке визначення або проаналізували і зробили висновок з конкретного теоретичного положення.
- 24-20 балів отримують студенти, які правильно, але не повністю дали визначення поняття або поверхово проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
- 19-10 балів отримують студенти, які правильно, але лише частково визначили те чи інше поняття або частково проаналізували і зробили висновок з теоретичного положення.
- 9-0 балів отримують студенти, які частково і поверхово визначили те чи інше поняття або сформулювали висновок з теоретичного положення, допустивши неточності та помилки.

2. Студент також отримує задачу, яка має продемонструвати його навички в практиці автоматизованого проєктування, яке оцінюється в 40 балів максимум.

- 40-35 балів отримують студенти, які правильно реалізували проєкт і він показав правильну роботу при натурному, або модельному експерименті;
- 34-30 балів отримують студенти, які реалізували проєкт і він показав адекватну роботу при натурному, або модельному експерименті;
- 29-20 балів отримують студенти, які зробили помилки під час проєктування;
- 19-0 балів отримують студенти, які зробили суттєві помилки під час проєктування.

В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та заліку.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна оцінюється за 100-бальною шкалою. Під час підсумкового контролю враховуються наступні види робіт та відповідні критерії:

- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті двох лабораторних робіт студента оцінюється до 60 балів всього;
- правильність виконання, оформлення та повнота відповіді при захисті індивідуальної роботи студента оцінюється до 20 балів;
- дві АКР/тестування в системі Moodle (до 10 балів кожне).

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Скласти всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента).

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (сервіс Moodle) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання.

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено в Положенні про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка»

<https://zp.edu.ua/normativna-baza-navchalnogo-procesu>

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3.