



ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем (Aerospace and rocket systems engineering)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів / 150 годин: 36 год. лекцій, 18 год. практичних занять, 18 год. лабораторних робіт, 78 год. СРС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / поточний контроль, МКР</i>
Розклад занять	<i>Відповідно до http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доцент, Писарець Анна Валеріївна, anna.v@ukr.net Практичні: к.т.н., доцент, Писарець Анна Валеріївна Лабораторні: к.т.н., доцент, Писарець Анна Валеріївна</i>
Розміщення курсу	<i>платформа Sikorsky</i>

Програма навчальної дисципліни

Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Мета дисципліни: підготовка висококваліфікованих фахівців з автоматичного керування.

Предмет дисципліни: фундаментальні поняття, визначення і принципи теорії автоматичного керування, схеми і моделі керування, методи аналізу систем автоматичного керування у часовій і частотній областях, що сприяє накопиченню знань про закономірності і властивості процесів керування технічними об'єктами незалежно від їх фізичної природи.

Компетентності, які студент отримає під час вивчення дисципліни:

- здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки (ФК 1);
- здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем (ФК 5);
- навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності (ФК 7);
- навички використання інтегральних технологій комп'ютерного проектування та комп'ютерного моделювання авіаційних та ракетно-космічних систем і їх елементів (ФК 14).

Програмні результати навчання

- пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки (ПРН 9);

- застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки (ПРН 15);
- розуміти структуру та принципи дії бортового та навігаційного обладнання авіаційної та ракетно-космічної техніки (ПРН 18);
- розраховувати енергетичні установки космічних апаратів та ракет: імпульсні двигуни, газові та газотурбінні двигуни, маховичні двигуни, рідинні та твердопаливні ракетні двигуни, сонячні батареї, генератори, приводи (ПРН 27).

Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна викладається на основі застосування теоретичних знань та практичних навичок, які були отримані студентами раніше під час вивчення ряду фундаментальних («Вища математика», «Фізика», «Електротехніка і електроніка» та ін.) та спеціальних курсів. Знання та вміння, отримані при вивченні цієї дисципліни, використовуються для опанування дисциплін професійної підготовки.

Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основні поняття та визначення в теорії автоматичного керування.

Тема. Основні поняття та визначення в теорії автоматичного керування.

Розділ 2. Характеристики динамічних ланок.

Тема 1. Часові характеристики.

Тема 2. Частотні характеристики.

Тема 3. Типові динамічні ланки та їх характеристики.

Розділ 3. Математичний опис автоматичних систем.

Тема 1. Побудова вихідних диференціальних рівнянь систем автоматичного керування.

Тема 2. Передаточні функції систем автоматичного керування.

Тема 3. Застосування структурних схем. Багатоконтурні системи керування.

Розділ 4. Стійкість лінійних систем.

Тема 1. Алгебраїчні критерії стійкості.

Тема 2. Частотні критерії стійкості.

Розділ 5. Якість і точність систем автоматичного керування.

Тема 1. Якість систем автоматичного керування

Тема 2. Кореневі методи. Частотні критерії якості.

Тема 3. Точність систем керування у типових режимах.

Тема 4. Методи підвищення точності систем автоматичного регулювання.

Розділ 6. Вдосконалення якості процесу регулювання.

Тема 1. Коригувальні засоби. Методи підвищення запасу стійкості.

Розділ 7. Методи синтезу систем автоматичного керування.

Тема 1. Методи синтезу систем автоматичного керування

Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – К.: Либідь, 2007. – 656 с.
2. Абраменко І. Г., Абраменко Д. І. Теорія автоматичного керування. – Харків: ХНАМГ, 2008. – 178 с.
3. Гоголюк П. Ф., Гречин Т. М. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. Друге видання, перероблене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с.

Додаткова література

1. *Modern control systems / Dorf Richard C., Bishop Robert H. – 12 th ed. Prentice Hall, 1082 p.*
2. *Попов Е. П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для втузов / Е. П. Попов. – М.: Наука, 1989. – 389 с.*

Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для опанування дисципліни передбачено лекції, практичні заняття і лабораторні роботи.

5.1. Лекції

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, завдання на СРС з посиланням на літературу)
1	Розділ 1. Основні поняття та визначення в теорії автоматичного керування. Тема 1. Основні поняття та визначення в теорії автоматичного керування. Загальні відомості про системи автоматичного керування. Класифікація систем автоматичного керування. Програми та закони регулювання. Принципи керування.
2	Розділ 2. Характеристики динамічних ланок. Тема 1. Часові характеристики. Загальні поняття про динамічні ланки. Типові динамічні ланки. Передаточна функція ланки. Часові характеристики динамічних ланок. Тема 2. Частотні характеристики. Частотна передаточна функція і частотні характеристики елементів систем автоматичного керування. Логарифмічні частотні характеристики елементів систем автоматичного керування. Тема 3. Типові динамічні ланки та їх характеристики Позиційні ланки. Інтегрувальні ланки. Диференціювальні ланки. Особливості часових і частотних характеристик.
3	Розділ 3. Математичний опис автоматичних систем Тема 1. Побудова вихідних диференціальних рівнянь систем автоматичного керування. Тема 2. Передаточні функції систем автоматичного керування. Визначення передаточної функції розімкненої системи. Передаточна функція замкненої системи відносно вхідного та зовнішнього збурень. Передаточна функція системи за похибкою. Тема 3. Застосування структурних схем. Багатоконтурні системи керування. Умовні позначення. Способи з'єднання ланок. Правила перетворення структурних схем.
4	Розділ 4. Стійкість лінійних систем. Тема 1. Алгебраїчні критерії стійкості Поняття про стійкість систем регулювання (поняття про критерії стійкості, характеристичне рівняння, корені характеристичного рівняння, межі стійкості систем автоматичного керування). Критерій стійкості Гурвіца. Приклади розв'язання задач. Тема 2. Частотні критерії стійкості. Частотні критерії стійкості. Критерій стійкості Михайлова. Приклади розв'язання задач. Критерій стійкості Найквіста. Логарифмічний критерій стійкості.
5	Розділ 5. Якість і точність систем автоматичного керування. Тема 1. Якість систем автоматичного керування Поняття про якість систем автоматичного керування. Показники якості систем

	<p>автоматичного керування. Визначення запасу стійкості та швидкодії за перехідною характеристикою. Наближена оцінка вигляду перехідного процесу за дійсною частотною характеристикою.</p> <p>Тема 2. Кореневі методи. Діаграма Вишнеградського. Інтегральні оцінки. Частотні критерії якості.</p> <p>Тема 3. Точність систем керування у типових режимах.</p> <p>Тема 4. Методи підвищення точності систем автоматичного регулювання.</p> <p>Підвищення порядку астатизму. Застосування ізодромних пристроїв. Регулювання за похідними від похибки. Неодиначні зворотні зв'язки.</p>
6	<p>Розділ 6. Вдосконалення якості процесу регулювання.</p> <p>Тема 1. Коригувальні засоби. Методи підвищення запасу стійкості.</p> <p>Послідовні коригувальні ланки. Паралельні коригувальні ланки.</p>
7	<p>Розділ 7. Методи синтезу систем автоматичного керування.</p> <p>Тема 1. Методи синтезу систем автоматичного керування</p> <p>Кореневі методи. Метод логарифмічних амплітудних характеристик. Синтез систем автоматичного регулювання на основі частотних критеріїв якості.</p>

5.2. Практичні заняття

Основні завдання циклу практичних занять полягають у закріпленні теоретичних положень дисципліни і набутті умінь та досвіду їх практичного застосування.

№ з/п	Назва теми заняття
1	Математичні моделі фізичних систем. Побудова рівнянь динаміки елементів систем автоматичного керування.
2	Визначення передаточних функцій елементів систем автоматичного керування.
3	Часові характеристики елементів систем автоматичного керування.
4	Перетворення структурних схем систем автоматичного керування. Визначення передаточних функцій системи керування.
5	Визначення стійкості систем автоматичного керування за алгебраїчними критеріями.
6	Частотні критерії стійкості систем автоматичного керування.
7	Оцінка якості перехідних процесів.
8	Точність систем керування у типових режимах.

5.3. Лабораторні заняття

Основні завдання циклу лабораторних занять полягають у набутті навиків роботи у розширенні Simulink програмного середовища MatLab; опануванні методики моделювання динамічних систем та їх елементів; ознайомленні з методами побудови часових і частотних характеристик динамічних систем; оцінці можливостей системи за результатами моделювання.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	<p>Основи моделювання систем автоматичного керування в MatLab.</p> <p>Мета роботи: ознайомитись з бібліотекою блоків розширення SimuLink системи MatLab; опанувати методику створення моделей засобами SimuLink; ознайомитись з призначенням та вихідними параметрами блоків-джерел сигналу (розділ Sources) та приймачів сигналів (розділ Sinks); дослідити параметри стандартних вхідних сигналів; опанувати методику об'єднання типових сигналів у єдиний векторний сигнал.</p>	2

2	Визначення часових характеристик типових динамічних ланок. Мета роботи: навчитись за передаточною функцією ланки визначати часові характеристики останньої засобами Matlab; дослідити перехідну та вагову функції динамічної ланки.	3
3	Визначення частотних характеристик типових динамічних ланок. Мета роботи: навчитись за передаточною функцією ланки визначати частотну передаточну функцію; опанувати методуку побудови частотних характеристик динамічної ланки засобами Matlab; дослідити частотні характеристики ланки.	3
4	Дослідження динамічних і частотних характеристик позиційних ланок. Мета роботи: ознайомитись з класифікацією позиційних ланок; оцінити часові та частотні характеристики динамічних ланок; перевірити відповідність отриманих результатів теоретичним положенням; вивчити особливості характеристик різних типів позиційних ланок; дослідити вплив параметрів ланки на її характеристики.	5
5	Дослідження характеристик інтегровальних і диференціальних ланок. Мета роботи: ознайомитись з класифікацією інтегровальних і диференціальних ланок; оцінити часові та частотні характеристики динамічних ланок; перевірити відповідність отриманих результатів теоретичним положенням; вивчити особливості характеристик різних типів динамічних ланок; дослідити вплив параметрів ланки на її характеристики.	5

Самостійна робота студента

6.1. При підготовці до лекції потрібно перечитати матеріали попередньої лекції.

6.2. Підготовка до виконання лабораторної роботи вимагає ознайомлення з теоретичними відомостями, наведеними у протоколі. Після виконання роботи потрібно оформити протокол проведених досліджень, записати висновки до кожного завдання, відповісти на контрольні запитання, наведені у протоколі.

6.3. Підготовка до практичного заняття передбачає роботу із конспектом за темою і розв'язання індивідуального завдання.

Самостійна робота студентів передбачає самостійний розгляд ними питань, які виникають при вивченні відповідних розділів курсу.

На самостійну роботу студентів виділяється 78 годин, з яких 36 годин - на підготовку до екзамену.

Таблиця розподілу часу на самостійну роботу студента

Назва теми, що виносить на самостійне опрацювання	Кількість годин на СРС
1	2
1. Підготовка до лекційних, практичних занять та лабораторних робіт	38
2. Підготовка МКР	4
3. Підготовка до екзамену	36
Всього	78

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- відвідування занять є обов'язковим;
- на практичних заняттях потрібно приймати активну участь у розв'язуванні задач;
- захист лабораторних робіт відбувається виконанням завдань, аналогічних завданням лабораторної роботи (що підтверджує опанування студентом певних прийомів і алгоритмів) та опитуванням за лекційними матеріалами, що відповідають темі роботи;
- заохочувальні бали студент отримує за активну участь у навчальному процесі (вчасне виконання і захист лабораторних робіт, розв'язування задач під час практичних занять).

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за виконання:

- 1) індивідуальних завдань на практичних заняттях;
- 2) та захист лабораторних робіт;
- 3) модульної контрольної роботи.

Критерії нарахування балів

Практичне заняття оцінюється у 4 бали:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 3,9 – 3,6 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 3,5 - 2,5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 2,4 бали;
- «незадовільно», пасивна робота – 0 балів;

Максимальна кількість балів на всіх практичних заняттях становить 4 бали $\times 7 = 28$ бал.

Лабораторна робота:

- бездоганна робота – 4 бали (2 бал за виконання і 2 бали – за захист);
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 1,5 бали;
- робота не виконана або не захищена – 0 балів.

Максимальна кількість балів за виконання і захист лабораторних робіт становить 4 бали $\times 5 = 20$ балів.

Модульна контрольна робота оцінюється у 12 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 12 - 11 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 10-9 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 8-7 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_C = 4 \times 7 + 4 \times 5 + 12 = 60 \text{ балів.}$$

Рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_C + R_E = 60 + 40 = 100$ балів.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

Умовою першої атестації є отримання не менш 9 балів. Умовою другої атестації – отримання не менш 28 балів.

Семестровий контроль: *екзамен.*

Умови допуску до семестрового контролю: *зарахування усіх лабораторних робіт, позитивна оцінка за виконання МКР, семестровий рейтинг більше 35 балів.*

На іспиті студент виконує письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних питання і одне практичне. Кожне питання оцінюється у 10 балів.

Система оцінювання питань:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10 – 9 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 8 – 7,5 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 7,4 – 6 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки відповідно до таблиці:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- *перелік питань, які виносяться на семестровий контроль наведено у додатку А.*

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцент, к.т.н., доцент, Писарець Анна Валеріївна

Ухвалено кафедрою космічної інженерії (протокол № 15 від 07.06.2023 р.).

Погоджено Методичною комісією НН ІАТ (протокол № 6 від 22.06.2023 року).

Питання курсу

1. Поняття про замкнені автоматичні системи.

Класифікація систем автоматичного керування за характером внутрішніх динамічних процесів.

Принципи керування

Лінеаризація рівнянь.

Запис лінеаризованих рівнянь ланок.

Передаточна функція.

2. Динамічні ланки та їх характеристики.

Поняття про динамічну ланку. Класифікація динамічних ланок.

Часові характеристики динамічних ланок.

Застосування перетворення Лапласа для визначення часових характеристик.

Частотна передаточна функція та частотні характеристики динамічних ланок.

Логарифмічні частотні характеристики динамічних ланок.

Взаємозв'язок між передаточною функцією ланки та її характеристиками.

Позиційні ланки.

Підсилювальна ланка.

Аперіодична ланка першого порядку.

Аперіодична ланка другого порядку.

Коливальна ланка.

Консервативна ланка.

Інтегрувальні ланки.

Ідеальна інтегрувальна ланка.

Інтегрувальна ланка із сповільненням.

Диференціювальні ланки.

Ідеальна диференціювальна ланка.

Диференціювальна ланка із сповільненням.

3. Побудова вихідних диференціальних рівнянь систем автоматичного керування.

Побудова вихідних диференціальних рівнянь.

Передаточні функції систем автоматичного керування.

4. Застосування структурних схем.

Послідовне з'єднання ланок.

Паралельне з'єднання ланок.

Зворотні зв'язки.

5. Поняття про стійкість систем.

Характеристичне рівняння та його корені.

Межі стійкості.

Критерій стійкості Гурвіца.

Критерій стійкості Михайлова.

Критерій стійкості Найквіста.

Логарифмічний критерій стійкості.

Побудова областей стійкості. D-розбиття.

6. Оцінка якості регулювання.

Поняття про якість регулювання.

Види перехідних процесів.

Показники якості перехідного процесу.

Частотний метод аналізу якості перехідних процесів.

Побудова перехідної функції за допомогою дійсних трапецеїдальних частотних характеристик.

Наближена оцінка виду перехідного процесу за дійсною частотною характеристикою.

Інтегральні оцінки якості перехідного процесу САК.

Кореневі методи оцінки якості перехідного процесу.

Степінь стійкості. Коливальність. Згасання за період.

Точність систем автоматичного керування. Коефіцієнти похибок.

7. Вдосконалення якості процесу регулювання

Послідовні коригувальні ланки.

Паралельні коригувальні ланки.

Методи підвищення запасу стійкості.

8. Методи синтезу систем автоматичного керування

Кореневий метод.

Метод кореневих годографів.

Метод стандартних перехідних характеристик.