



Теорія автоматичного керування -3. Основи сучасного автоматичного керування

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалавр)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка та телекомунікації</i>
Спеціальність	<i>173 Авіоніка</i>
Освітня програма	<i>Системи керування літальними апаратами та комплексами</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 рік, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити (120 год)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>Rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: кандидат технічних наук, доцент Бурнашев Віталій Віталійович, тел. +044-2048224, e-mail: vvvburnashev@gmail.com Практичні: кандидат технічних наук, доцент Бурнашев Віталій Віталійович, тел. +044-2048224, e-mail: vvvburnashev@gmail.com
Розміщення курсу	<i>Платформа «Сікорський»</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль «Теорія автоматичного керування -3. Основи сучасного автоматичного керування» відноситься до обов'язкових навчальних дисциплін.

Мета та завдання дисципліни

Метою дисципліни є формування у аспірантів наступних здатностей згідно із освітньо-професійною програмою:

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК1);
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації (ЗК2);
- здатність до математичного опису і моделювання фізичних процесів в системах керування літальних апаратів (ЗК10);
- синтезувати і аналізувати багатовимірні, стохастичні та нелінійні системи автоматичного керування (ЗК11);
- здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів (ФК4);
- здатність розробляти авіоніку літальних апаратів та системи наземних комплексів із використанням інформаційних технологій (ФК5).

Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньої програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі знання та уміння:

- знання теорії автоматичного керування, дискретні моделі динамічних систем, методи синтезу і аналізу багатовимірних, стохастичних та нелінійних систем автоматичного керування (PH21);

- вміння використовувати методи математичного опису і моделювання фізичних процесів в системах керування літальних апаратів (PH23);

- вміння досліджувати багатовимірні, стохастичні та нелінійні динамічні системи на стійкість, визначати якість керування та синтезувати коригуючі пристрої лінійних неперервних систем (PH32).

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

Дисципліни, що забезпечують початкову підготовку до навчання: ЗО 10 «Вища математика», ЗО 17 «Технічна механіка».

Дисципліна забезпечує дисципліни ПО 6 «Чутливі елементи систем авіоніки», ПО 8 «Основи будови систем керування повітряних літальних апаратів і супутників».

Зміст навчальної дисципліни

Таблиця 1

Назва розділів, тем	Розподіл за семестрами та видами занять				
	Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні	СРС
Розділ 4. Нелінійні системи автоматичного керування					
Тема 4.1. Особливості нелінійних систем. Дослідження нелінійних систем на фазовій площині	5	2	-	2	1
Тема 4.2. Метод гармонічної лінеаризації	14	2	4	2	6
Тема 4.4. Стійкість нелінійних систем. Дослідження стійкості нелінійної системи.	9	2	-	2	3
Розділ 5. Статистична динаміка					
Тема 5.1. Випадкові процеси та їх основні статистичні характеристики	3	2		-	1
Тема 5.2. Спектральна теорія випадкових процесів	10	2	2	2	4
Тема 5.3. Проходження випадкового сигналу через лінійну систему	12	2	3	2	5
Тема 5.4. Стохастичний синтез лінійних систем керування	6	2	-	-	2

Тема 5.5 Метод статистичної лінеаризації	2				2
РОЗДІЛ 6. БАГАТОВИМІРНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ					
Тема 6.1. Аналіз систем автоматичного керування методом простору станів	19	2	5	2	8
Тема 6.2. Модальне керування. Спостереження детермінованих об'єктів. Динамічний регулятор	23	2	4	2	9
Тема 6.3. Оптимальне керування	12	2		2	4
Модульна контрольна робота	4			2	2
РР	10				10
Залік	6				6
Всього	120	18	18	18	66

Навчальні матеріали та ресурси

Базова

1. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического управления. СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.
2. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т1. Линейные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
3. Ким Д. П. Теория автоматического управления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 464 с.
4. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1978. – 256 с.
5. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления. – М.: Наука, 1988. – 256 с.
6. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. Бесекерского В. А. Изд. 4-е. – М.: Наука, 1972. – 588 с.

Допоміжна

7. Теорія автоматичного керування. Терміни, поняття, визначення. Довідник для студентів напряму «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Жученко А.І., Аверіна Т.В. – К.: НТУУ «КПІ», 2006. – 52 с.
8. Голубничий Н.И. и др. Беседы по автоматике. – К.: Техника, 1971. – 232 с.
9. Макаров И.М., Менский Б.М. Линейные автоматические системы (элементы теории, методы расчета и справочный материал). – М.: Машиностроение, 1982. – 504 с.
10. Справочник по теории автоматического управления / Под редакцией А.А.Красовского. – М.: Наука, 1987. – 712 с.
11. Зайцев Г.Ф., Костюк В.И., Чинаев П.И. Основы автоматического управления и регулирования. – К.: «Техніка», 1977. – 472 с.
12. Солодовников В. В., Плотников В.Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. — М.: Машиностроение, 1985. – 536 с.
13. Топчиев Ю.И. Атлас для проектирования систем автоматического регулирования. – М.: Машиностроение, 1989. – 752 с.
14. Краснопрошина А.А., Репникова Н.Б., Ильченко А.А. Современный анализ систем управления с применением MATLAB, Simulink, control Sistem: Учебное пособие. – Киев: Корнейчук, 1999. – 144 с.
14. Первозванский А.А. Курс теории автоматического управления. - М.: Наука, 1986. - 615 с.
15. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. - М.: Машиностроение, 1976. - 185 с.
16. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Линейные системы. – СПб.: Питер, 2005. – 336 с.

17. Мирошник И.В. Теория автоматического управления. Нелинейные и оптимальные системы. – СПб.: Питер, 2006. – 272 с.

13. Інформаційні ресурси:

1. tau-predmet.narod.ru.
2. model.exponenta.ru

Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Таблиця 2

Розділ 4. Нелінійні системи автоматичного керування
Тема 4.1. Особливості нелінійних систем. Дослідження нелінійних систем на фазовій площині
Лекція 1. Особливості нелінійних систем. Основні типи нелінійностей. Поняття фазової площини. Фазові траєкторії. Фазові траєкторії. <u>Література:</u> [1] с.475-491 Завдання на СРС. Ковзаючий режим роботи САК
Тема 4.2. Метод гармонічної лінеаризації
Лекція 2. Метод гармонічної лінеаризації. Коефіцієнти гармонічної лінеаризації. Дослідження нелінійних систем методом гармонічної лінеаризації. <u>Література:</u> [1.] с.542-592
Тема 4.3. Стійкість нелінійних систем.
Лекція 3. Поняття і види стійкості нелінійної системи. Перший метод Ляпунова. Другий метод Ляпунова. Аналіз абсолютної стійкості. Аналіз абсолютної стійкості. Критерій Попова. <u>Література:</u> [1] с.515-525 Завдання на СРС. Абсолютна стійкість для системи з нульовими полюсами в лінійній частині.
Розділ 5. Статистична динаміка
Тема 5.1. Випадкові процеси та їх основні статистичні характеристики
Лекція 4. Типи випадкових процесів. Основні статистичні характеристики випадкових процесів. <u>Література:</u> [1] с.307-311
Тема 5.2. Спектральна теорія випадкових процесів
Лекції 4. Кореляційна функція та спектральна щільність випадкового процесу. Види спектральних щільностей. Необмежений та обмежений білий шум. Поняття спектру. <u>Література:</u> [1] с.312-326
Тема 5.3. Проходження випадкового сигналу через лінійну систему
Лекція 5. Зв'язок між спектральними щільностями на вході і виході динамічної системи. Дисперсія та математичне очікування на виході системи. Табличний інтеграл та методика його обчислення. <u>Література:</u> [1] с.328-335
Тема 5.4. Стохастичний синтез лінійних систем керування

<p>Лекція 6. Постановка задачі стохастичного синтезу. Розрахунок за методом мінімуму середньоквадратичної похибки при заданій структурі системи. Задача Вінера. Методика Боде-Шеннона.</p> <p><u>Література:</u> [1] с.335-339.</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Тема 5.5 Метод статистичної лінеаризації. <u>Література:</u> [1] с.669-672.</p>
<p>РОЗДІЛ 6. Багатовимірні системи автоматичного керування.</p>
<p>Тема 6.1. Аналіз систем автоматичного керування методом простору станів.</p>
<p>Лекція 6. Поняття стану системи та простору станів системи. Перехід до форми запису рівнянь системи в просторі станів. Матрична передатна функція.</p> <p><u>Література:</u> [4] с.135-139</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Дискретна форма запису рівнянь системи в просторі станів.</p>
<p>Тема 6.2. Модальне керування. Спостереження детермінованих об'єктів. Динамічний регулятор</p>
<p>Лекція 7. Властивість спостережуваності. Спостережуваність лінійних нестационарних та стаціонарних систем. Лінійний спостерігач стану. Оптимальний фільтр Калмана</p> <p><u>Література:</u> [16] с.266-269</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Фільтр Люенбергера</p>
<p>Лекція 8. Керованість динамічних систем. Формування якості замкненої системи за доступності повного вектора стану. Розміщення власних чисел та якості стабілізації. Модальне керування. Динамічний регулятор.</p> <p><u>Література:</u> [15] с.110-120</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Стохастично-оптимальний регулятор</p>
<p>Тема 6.3. Оптимальне керування</p>
<p>Лекція 9. Аналітичне конструювання оптимальних регуляторів (АКОР). Рівняння Ріккати для регулятора. Функціонал якості. Розв'язок задачі АКОР для стаціонарної системи.</p> <p><u>Література:</u> [16] с.239-241</p> <p><u>Завдання на СРС.</u> Принцип максимуму Понтрягіна</p>

Практичні заняття

Метою практичних занять є закріплення на практиці теоретичних знань, отриманих на лекціях. Передбачені наступні теми занять.

Практичні заняття № 1. Застосування методу гармонічної лінеаризації.

Практичні заняття № 2. Стійкість нелінійних систем.

Практичне заняття № 3. Статистичні характеристики на виході лінійної системи.

Практичне заняття № 4. Формуючі фільтри

Практичне заняття № 5. Модульний контроль

Практичні заняття № 6. Метод простору станів

Практичні заняття № 7. Керованість та спостережуваність

Практичне заняття № 8. Оптимальні спостерігачі

Практичне заняття № 9. Модульний контроль

Лабораторні роботи

Основні завдання циклу лабораторних робіт. Цикл занять направлений на закріплення теоретичних знань, отримання студентами вмінь та досвіду дослідження динамічних систем, синтезу та аналізу систем керування за допомогою пакетів математичних програм.

№	Назва роботи	Кількість годин
1	Дослідження автоколивань в релейній системі	4
2	Формування випадкових процесів з заданими характеристиками	4
3	Дослідження динамічної ланки при випадковому вхідному процесі	4
4	Синтез і аналіз лінійних спостерігачів	6

Політика та контроль

Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента (СРС) полягає в підготовці до аудиторних занять, ознайомлення з тематичною літературою, виконанням самостійних робіт. Об'єм та тематика самостійної роботи наведені в Табл. 1, 2.

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків): кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента.

Політика академічної поведінки та доброчесності (плагіат, поведінка в аудиторії): конфліктні ситуації мають відкрито обговорюватись в академічних групах з викладачем, необхідно бути взаємно толерантним, поважати думку іншого. Плагіат та інші форми нечесної роботи неприпустимі. Недопустимі підказки і списування у ході занять, контрольних роботах, на екзамені.

Норми академічної етики: дисциплінованість; дотримання субординації; чесність; відповідальність; робота в аудиторії з відключеними мобільними телефонами.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

1) виконання та захист лабораторних робіт; 2) дві частини модульної контрольної роботи; 3) штрафні та заохочувальні бали.

Умови позитивної проміжної атестації. Для отримання “зараховано” з проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менше ніж 20 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 50 балів). Для отримання “зараховано” з проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менше ніж 40 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 80 балів).

1. Система рейтингових балів

1.Лабораторні роботи

Ваговий бал – 10.

Критерії оцінювання:

- повне і правильне виконання, відмінні відповіді на захисті – 10;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 8-9;
- неповне виконання, з помилками – 6-7;

- завдання не виконувалось – 0.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи $4 \times 10 = 40$ балів.

2. Модульний контроль

Ваговий бал – 15 за кожне з двох завдань кожної з двох частин контрольної роботи.

Критерії оцінювання кожного завдання:

- “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 15 балів;
- “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 11 - 14 балів;
- “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 8-10 балів;
- “незадовільно”, незадовільна відповідь – 0 балів.

Максимальна кількість балів за МКР дорівнює $15 \times 2 \times 2 = 60$ балів.

5. Штрафні та заохочувальні бали за:

- невчасне виконання лабораторної роботи без поважної причини –2 бали;
- виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни, участь у факультетській олімпіаді з дисципліни тощо. Надається до 5 заохочувальних балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: $R_C = 40 + 60 = 100$ балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає $R = R_C = 100$ балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування усіх частин модульної контрольної роботи, виконання і захист чотирьох лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг (r_C) не менше 40 % від R_C , тобто 40 балів.

Якщо студент за семестр не набрав 60 балів, він зобов'язаний здавати залік. В такому випадку бали, набрані на протязі семестру, скасовуються.

Білет містить два завдання: теоретичне питання і задачу. Відповідь на теоретичне питання оцінюється, в залежності від повноти і правильності:

- “відмінно”, повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації)..... 45 – 50 балів;
- “добре”, достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності)37 – 44 бали;
- “задовільно”, неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки).....30 – 36 балів;
- “незадовільно”, незадовільна відповідь0 балів.

Критерії оцінювання задачі:

- “незадовільно”, хід рішення повністю не вірний0 балів;
- “задовільно”, хід розв'язання частково вірний при можливій наявності помилок в обчисленнях.30 – 36 балів;
- “добре”, хід розв'язання повністю вірний; наявні лише помилки в обчисленнях.37 – 44 бали;
- “відмінно”, хід розв'язання повністю вірний, помилки незначні або відсутні.....45 – 50 балів.

Бали, отримані за теоретичне питання додаються до балів за задачу. Залік виставляється згідно таблиці.

$RD = r_C$	Оцінка за університетською шкалою
95...100	Зараховано (відмінно)
85...94	Зараховано (дуже добре)
75...84	Зараховано (добре)
65...74	Зараховано (задовільно)
60...64	Зараховано (достатньо)
$RD \leq 60$	Незараховано (незадовільно)
$RC < 40$ або не виконані інші умови допуску до заліку	Не допущено

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом, к.т.н. Бурнашевим Віталієм Віталійовичем

Ухвалено кафедрою СКЛА (протокол № 16 від 12 . 05 . 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № від . .2021 р.)