

Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Факультет електроенерготехніки та автоматики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Декан факультету електроенерготехніки
та автоматики

_____ О.С. Яндульський
(підпис)

“ _____ ” _____ 2017 р.

“ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ”

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни

підготовки *бакалаврів*

спеціальності *141 – “Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка”*

спеціалізації *“Електричні машини і апарати”*

(шифр за ОПП – *НП.04*)

Ухвалено методичною комісією факультету
електроенерготехніки та автоматики

Протокол від “ _____ ” _____ 2017 року № _____

Голова _____ В.А. Баженов

“ _____ ” _____ 2017 року

Київ – 2017 рік

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Доцент кафедри електромеханіки,
кандидат технічних наук,
доцент **Гайденко Юрій Антонович**

_____ (підпис)

Програма ухвалена на засіданні кафедри *електромеханіки*

Протокол від “ ____ ” _____ 2017 року № ____

Завідувач кафедри *електромеханіки*

_____ (Шинкаренко В.Ф.)
(підпис)

“ ____ ” _____ 2017 року

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Теорія автоматичного керування» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра за спеціалізацією “Електричні машини і апарати” спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Цикл, до якого належить навчальна дисципліна – цикл дисциплін професійної та практичної підготовки.

Предметом навчальної дисципліни є параметри та характеристики електромеханічних систем автоматичного керування. Головні засади цього курсу – базові поняття, методи створення математичних моделей, алгоритми аналізу, тощо: повинні входити в базову підготовку сучасного спеціаліста, незалежно від його фаху.

Міждисциплінарні зв'язки:

- 1) теоретичною базою дисципліни “Теорія автоматичного керування” є такі курси як: «Вища математика», «Фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Електричні машини систем автоматики» та «Основи комп'ютерних технологій аналізу та синтезу електричних машин».
- 2) Дисципліна “Теорія автоматичного керування” забезпечує такі спеціальні дисципліни: “Теорія електроприводу”, “Електромеханотроніка”, “Електрична частина станцій”, тощо.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. Метою навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- підбирати елементи для систем автоматичного керування з урахуванням конкретних умов їх експлуатації;
- аналізувати фізичні явища та процеси в системах автоматичного керування;
- виконувати синтез систем автоматичного керування;
- аналізувати якість систем автоматичного керування.

1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

ЗНАННЯ щодо:

- принципів організації систем автоматичного керування;
- методів аналізу та синтезу систем автоматичного керування;
- методам моделювання систем автоматичного керування;
- типових електромеханічних елементів та датчиків систем автоматичного керування.

уміння:

- оцінювати якість систем автоматичного керування на основі її математичної моделі та типових алгоритмів оцінки показників якості системи;
- створювати математичні моделі систем автоматичного керування, адекватні завданням;
- моделювати системи автоматичного керування із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій;
- виконувати синтез простих систем, їх наладжувати та випробовувати.

досвід:

- роботи з електромеханічними системами автоматичного керування;
- практичного застосування методів їх дослідження на основі чисельних експериментів;
- роботи з сучасними програмно-обчислювальними комплексами для аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

Вивчення дисципліни дає можливість студенту виявити свої навички та здібності, закласти фундамент як для подальшого освоювання спеціальних дисциплін на старших курсах, так і майбутньої діяльності.

2. На вивчення навчальної дисципліни відводиться 240 години / 8 кредитів ECTS.

Навчальна дисципліна містить семестрові (кредитні) модулі:

1. Теорія автоматичного керування – 1
2. Теорія автоматичного керування – 2

РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНОГО ЧАСУ

Форма навчання	Семестрові (кредитні) модулі	Всього кредитів/годин	Розподіл навчального часу за видами занять				Семестрова атестація
			Лекції	Практичні (семінарські) заняття	Лабораторні заняття (комп'ютерний практикум)	СРС	
Денна	Всього	8/240	72	18	18	132	
	1	4/120	36	18	–	66	Залік
	2	4/120	36	–	18	66	Екзамен

3. Зміст навчальної дисципліни

Семестровий (кредитний) модуль 1 – ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ – 1

Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 1.1. Основні поняття та визначення. Предмет теорії автоматичного керування (ТАК). Основні завдання ТАК. Історія розвитку теорії та практики автоматичного керування. Головні поняття та терміни. Сучасний стан та тенденції розвитку систем автоматичного керування (САК).

Тема 1.2. Принципи керування. Класифікація САК. Принцип керування за збуренням (розімкнені САК), за відхиленням (замкнені САК), принцип комбінованого керування та принцип адаптації. Класифікація систем автоматичного керування.

Тема 1.3. Математичні моделі лінійних неперервних САК і методи їх створення. Складання вихідних диференціальних рівнянь САК. Основні методи створення математичних моделей САК: класичний метод, операторний та частотний методи. Використання прямого та зворотного перетворення Лапласа або Карсона-Хевісайда та перетворення Фур'є.

Розділ 2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИНАМІЧНИХ ЛАНОК І СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 2.1. Елементи автоматичних систем і їх характеристики. Типові ланки САК. Визначення динамічної ланки. Класифікація ланок за реакцією на вхідну дію і за видом диференціального рівняння. Передавальні функції ланок. Часові (перехідна характеристика і функція ваги), частотні (АФЧХ) та логарифмічні частотні (ЛЧХ) характеристики динамічних ланок.

Тема 2.2. Математичні моделі динамічних ланок. Математичні моделі типових динамічних ланок елементів електромеханічних систем: аперіодичної, коливальної, інтегруючої, диференціюючої та підсилюючої. Перехідні, частотні та логарифмічні частотні характеристики типових динамічних ланок.

Тема 2.3. Структурні схеми автоматичних систем. Побудова структурної схеми системи як графічного зображення математичної моделі системи. Передавальні функції типових з'єднань ланок: послідовного, паралельного, ланки охопленої зворотним зв'язком. Приклади складання структурних схем. Правила перетворення структурних і лінійних систем.

Розділ 3. СТІЙКІСТЬ ЛІНІЙНИХ НЕПЕРЕРВНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 3.1. Поняття та умова стійкості САК. Математичне та фізичне уявлення про стійкість систем. Умова стійкості САК за Ляпуновим. Аналіз стійкості за коренями характеристичного рівняння.

Тема 3.2. Критерії стійкості САК. Критерії стійкості як алгоритми, що спрощують перевірку умов стійкості. Алгебраїчні критерії стійкості: необхідна умова стійкості; критерій Раута-Гурвиця. Частотні критерії стійкості: критерій Михайлова; критерій Найквіста; побудова зон стійкості (*D-розбиття*) – критерій Наймарка.

Розділ 4. ЯКІСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 4.1. Загальні відомості про якість САК. Поняття якості керування. Основні способи дослідження якості САК. Головні показники якості САК.

Тема 4.2. Точність роботи САК. Похибки САК. Визначення точності роботи системи. Загальний вираз зображення похибки на базі передавальної функції САК. Статичні та астатичні системи. Похибки САК від зовнішніх збурень. Фактори що зумовлюють похибки в астатичних системах. Поняття квазістатичного режиму роботи САК. Похибки статичних та астатичних систем у квазістатичному режимі. Рекомендації по використанню різних типів систем згідно з цільовим призначенням САК.

Тема 4.3. Показники якості САК, що визначаються за її перехідним процесом. Показники якості САК, що визначаються за її перехідним процесом. Визначення запасу стійкості та швидкодії за перехідною характеристикою. Показники якості САК, що визначаються за її амплітудно фазовою характеристикою. Кореневі методи аналізу характеру перехідного процесу. Інтегральні критерії якості.

Розділ 5. КОРЕКЦІЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 5.1. Необхідність корекції САК. Поняття про корекцію. Протиріччя між умовами підвищення точності системи в усталеному і перехідному режимах. Необхідність і шляхи корекції САК. Призначення стабілізуючих елементів.

Тема 5.2. Пристрої стабілізації (корекції) САК. Корекція САК послідовними диференціюючими і інтегруючими пристроями (чотириполюсники на базі *RC-контурів* та *RL-контурів*). Коректувальні пристрої на базі операційних підсилювачів. Корекція САК паралельними коректувальними пристроями (корекція зворотними зв'язками). Стабілізуючі трансформатори.

Тема 5.3. Способи включення стабілізуючих ланок. Передавальна функція системи за наявності стабілізуючих елементів. Рекомендації по включенню стабілізуючих ланок. Можливості використання виродженої передавальної функції для перевірки стійкості та аналізу динаміки системи.

Семестровий (кредитний) модуль 2 – ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ – 2

Розділ 6. НЕЛІНІЙНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 6.1. Поняття про нелінійні системи. Типові нелінійності. Загальні відомості про нелінійні системи. Властивості нелінійних систем. Типові нелінійності електромеханічних елементів: насичення, зона нечутливості, сухе тертя, тощо. Вплив нелінійності на роботу САК.

Тема 6.2. Методи дослідження нелінійних систем. Точні та наближені методи дослідження нелінійних САК. Метод гармонічної лінеаризації. Фізичне обґрунтування методу на базі аналізу фільтруючих властивостей САК та комплексної еквівалентної передавальної функції нелінійної ланки.

Тема 6.3. Стійкість нелінійних систем. Особливості стійкості нелінійних систем. Поняття про фазові портрети. Дослідження стійкості нелінійних систем методом Ляпунова. Поняття про абсолютну стійкість. Частотний критерій абсолютної стійкості рівноваги В.М. Попова.

Тема 6.4. Автоколивання в нелінійній системі і методи їх аналізу. Визначення автоколивань, причини їх виникнення. Дослідження автоколивань методом гармонічної лінеаризації. Алгоритм дослідження системи на автоколивання. Методи знаходження параметрів автоколивань – метод Гольдфарба та метод Попова.

Розділ 7. ДИСКРЕТНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

Тема 7.1. Поняття про дискретні системи. Види дискретних систем. Загальні відомості про дискретні системи. Класифікація дискретних систем. Імпульсні системи автоматичного керування. Види та роди моделювання сигналів в імпульсних САК: АІМ, ШІМ, ФІМ, ЧІМ. Цифрові системи автоматичного керування. Релейні САК. Приклади дискретних систем автоматичного регулювання.

Тема 7.2. Математичний апарат для дослідження дискретних систем. Поняття про ґратчасті функції. Формування імпульсу в імпульсних САК. Параметри імпульсного елемента. Дискретне перетворення Лапласа. Z-перетворення. Передавальна функція розімкненої та замкненої імпульсної системи.

Тема 7.3. Аналіз стійкості та якості імпульсних САК. Умови стійкості імпульсних систем. Критерії стійкості замкненої імпульсної системи: алгебраїчні (необхідна умова стійкості, критерій Раута-Гурвиця) та частотні (аналог критерію Найквіста, аналог критерію Михайлова). Методи оцінки якості імпульсних систем. Корекція імпульсних систем.

Тема 7.4. Адаптивні системи автоматичного керування. Загальні відомості про адаптивні САК, принципи побудови та призначення. Системи екстремального керування. Способи пошуку екстремуму інтегрального показника якості системи. Самоналагоджувальні САК: системи з розімкнутими та замкненими колами самоналагодження, системи з екстремальним самоналагодженням.

Розділ 8. ЕЛЕМЕНТНА БАЗА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ САК

Тема 8.1. Вимірювально-інформаційні електромеханічні елементи систем автоматики (датчики). Силові елементи систем. Загальні поняття про вимірювально-інформаційні електромеханічні елементи систем автоматики (датчики). Перетворення неелектричних показників технологічного процесу в електричний сигнал. Класифікація датчиків. Основні показники датчиків.

Тема 8.2. Найбільш розповсюджені типи датчиків. Датчики опору. Класифікація, призначення та характеристики датчиків опору. Основні види датчиків генераторного типу (електромагнітні, датчики термо-ЕРС, датчики п'єзо-ЕРС) та їх властивості. Радіаційні (іонізаційні) датчики.

4. Рекомендована тематика практичних (семінарських) занять

Приблизний перелік тем практичних занять:

1. Використання математичних методів аналізу динамічних процесів.
2. Часові та частотні характеристики типових електромеханічних елементів.
3. Передавальні функції розімкнених та замкнених САК.
4. Визначення статичної та квазістатичної похибки САК.
5. Використання критеріїв стійкості для аналізу простих систем. Визначення критичних значень параметрів.
6. Методи поліпшення стійкості системи. Аналіз системи за наявності стабілізуючих ланок.
7. Визначення показників якості САК. Перевірка зумовленого часу перехідного процесу.
8. Зв'язок часових та частотних характеристик системи. Побудова кривої перехідного процесу на базі частотної характеристики.

5. Рекомендований перелік лабораторних робіт

Головною метою лабораторних робіт є набуття студентами практичних навичок та закріплення лекційного матеріалу стосовно складання та наладці простих САК на базі електромеханічних елементів, ознайомлення з методами експериментального та чисельного дослідження елементів і систем автоматичного керування.

Крім того, важливим є оволодіння сучасними комп'ютерними засобами моделювання процесів в САК. Аналіз отриманих в результаті чисельного експерименту результатів поглиблює теоретичні знання та сприяє більш глибокому та системному розумінню принципів побудови та функціонування САК. Теми лабораторних занять:

1. Характеристики елементів автоматичних систем.
2. Електричні машини як елементи систем автоматики.
3. Аналіз стійкості замкнених автоматичних систем.
4. Аналіз перехідних процесів статичних систем.
5. Аналіз перехідних процесів астатичних систем.

Кількість аудиторних годин, що відводиться для виконання лабораторних робіт наступна: для 1, 3, 4, 5 роботи – 4 години; для 2-ої роботи – 2 години.

6. Рекомендовані індивідуальні завдання

З метою поглибленого оволодіння окремими розділами курсу та поширення кола пророблених питань, студентам можуть бути запропоновані індивідуальні завдання, за виконання яких нараховуються додаткові заохочувальні бали при встановленні рейтингу студента згідно рейтингової системи оцінювання (PCO).

В якості індивідуального завдання можуть бути рекомендовані такі теми:

- самостійна проробка та викладення окремих розділів курсу;
- розгляд та аналіз сучасних САК;
- монтаж та наладка елементів САК для лабораторії.

7. Рекомендована література

7.1. Основна література

1. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – 4-е изд. – СПб.: Изд-во «Профессия», 2003. – 752 с. – ISBN 5-93913-035-6.
2. Виглеб Г. Датчики: Пер. с нем. – М.: Мир, 1989. – 196 с. – ISBN 5-03-000634-6.
3. Зайцев Г.Ф. та ін. Теорія автоматичного управління / Г.Ф. Зайцев, В.К. Стеклов, О.І. Бріцький; За ред. Г.Ф. Зайцева. – К.: Техніка, 2002. – 688 с. – ISBN 966-575-044-5.
4. Михайлов В.С. Теория управления. – К.: Вища шк., 1988. – 312 с. – ISBN 5-11-001791-3.
5. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2007. – 656 с. – ISBN 978-966-06-0447-6.
6. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления / Под ред. В.А. Бесекерского. – 5-е изд. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
7. Теорія автоматичного керування. Використання візуального моделювання для аналізу систем автоматичного керування: методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни для студ. електромеханічних спец. / Уклад.: Ю.А. Гайденок, В.В. Чумак. – К.: НТУУ “КПІ”, 2008. – 68 с.

7.2. Додаткова література

8. Мееров М.В. Введение в динамику автоматического регулирования электрических машин. М.: АН СССР, 1956. – 418 с.
9. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб пособ. – 2-е изд. – М.: Наука, 1989. – 304 с. – ISBN 5-02-014112-7.
10. Попов Е.П. Теория нелинейных систем автоматического регулирования и управления: Учеб пособ. – 2-е изд. – М.: Наука, 1988. – 256 с. – ISBN 5-02-013903-3.
11. Турчин А.М. Электрические измерения неэлектрических величин. – М.: Госэнергоиздат, 1954. – 292 с.

8. Підсумковий контроль результатів навчання

Для вищезазначених кредитних модулів визначені наступні види семестрового контролю:

- *Електричні машини – 1* (семестр 6) – **ЗАЛІК**;
- *Електричні машини – 2* (семестр 7) – **ЕКЗАМЕН**.

9. Засоби діагностики успішності навчання

З метою контролю знань у процесі оволодіння матеріалом, об'єктивної атестації студентів та їх рейтингової оцінки рекомендовано проводити у 6-му та 7-му семестрах по одній модульній контрольній роботі (МКР). Тематика МКР відповідає змісту матеріалу, що викладається студентам на лекціях, практичних та лабораторних заняттях у відповідності з тематичним планом дисципліни.

В якості засобів діагностики рекомендуються *екзаменаційні білети з теоретичними та практичними завданнями та тести.*

10. Методичні рекомендації

При складанні робочих навчальних програм кредитних модулів для спеціальності «Електричні машини і апарати» необхідно враховувати особливість дисципліни «Теорія автоматичного керування» яка полягає в тому, що при її вивченні потрібно оволодіти не тільки математичними методами аналізу та синтезу систем автоматичного керування, але й розуміти фізичну суть процесів, які відбуваються в САК. Кожна тема це певна проблема (теоретична або практична), яку потрібно вирішити студентам разом з викладачем на занятті. Для структурування та кращого засвоєння студентами матеріалу доцільним є надання матеріалу у вигляді так званого «опорного конспекту» де фіксуються головні пункти матеріалу в наочній формі, наприклад, в вигляді структурно-логічної схеми. Використання різних скорочень та символів дає можливість показати опорний конспект в компактному вигляді. По окремим темам студентам можна пропонувати самим скласти опорні схеми.

Застосування рейтингової системи оцінки знань не тільки по результатам екзаменів, а також по результатам контрольних робіт, захисту контрольних завдань та лабораторних робіт є додатковою мотивацією для студентів щодо вивчення матеріалу дисципліни.