

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
Факультет електроенерготехніки та автоматики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан ФЕА

_____ О.С. Яндульський
(підпис)

« ____ » _____ 2017 р.

ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ – 2

РОБОЧА ПРОГРАМА
кредитного модуля

підготовки ***бакалаврів***

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

спеціалізації ***“Електричні машини і апарати”***

форми навчання ***денна***

шифр за ОПП – ***ПП.04/2***

Ухвалено методичною комісією ФЕА

Протокол від « ____ » _____ 2017 р. № ____

Голова методичної комісії

_____ В.А. Баженов
(підпис)

« ____ » _____ 2017 р.

Робоча програма кредитного модуля ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО
КЕРУВАННЯ – 2

для студентів спеціальності 141 ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА, спеціалізації “Електричні машини і апарати,

освітньо-кваліфікаційного рівня БАКАЛАВР за ДЕННОЮ формою навчання

складена відповідно до програми навчальної дисципліни ТЕОРІЯ АВТОМАТИЧНОГО
КЕРУВАННЯ

Розробник робочої програми:

Доцент кафедри електромеханіки, к.т.н., доцент
Гайденко Юрій Антонович

(підпис)

Робочу програму затверджено на засіданні кафедри ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

Протокол від « ____ » _____ 2017 року № ____

Завідувач кафедри

(підпис) В.Ф. Шинкаренко

« ____ » _____ 2017 р.

1. Опис кредитного модуля

Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Загальні показники	Характеристика кредитного модуля
Галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка	Назва дисципліни, до якої належить кредитний модуль Теорія автоматичного керування	Форма навчання денна
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка	Кількість кредитів ECTS 4	Статус кредитного модуля нормативний
Спеціалізація «Електричні машини і апарати»	Кількість розділів 3	Цикл до якого належить кредитний модуль професійної та практичної підготовки
	Індивідуальне завдання немає	Рік підготовки 4
		Семестр 7
Освітньо-кваліфікаційний рівень Бакалавр	Загальна кількість годин 120	Лекції 36 год.
		Практичні (семінарські) немає.
		Лабораторні 18 год.
	Тижневих годин: аудиторних – 3 СРС – 3	Самостійна робота 66 год.
		Вид та форма семестрового контролю Екзамен письмовий

Кредитний модуль «Теорія автоматичного керування – 2» відноситься до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки в межах нормативної частини навчального плану підготовки спеціалістів з освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Представлена робоча навчальна програма призначена для студентів, що навчаються за спеціалізацією «Електричні машини і апарати».

Кредитний модуль «Теорія автоматичного керування-2» – це другий з двох кредитних модулів з яких складається дисципліна «Теорія автоматичного керування». Модуль викладається в **7-му** семестрі. Успішне засвоєння матеріалу зазначеного кредитного модуля закладає базу для

вивчення таких суміжних курсів як: “Автоматизований електропривод”, “Електромеханотроніка” та “Електрична частина станцій”.

Питання, які розглядаються в модулі – це, передусім, питання математичного моделювання окремих фізичних об’єктів з урахуванням їх нелінійних властивостей, а також моделювання систем до складу яких входять ці об’єкти (нелінійних систем). Крім того, в модулі подаються питання дискретних систем автоматичного керування, а також розглядаються конструкції та характеристики основних вимірювально-інформаційних електромеханічних елементів систем автоматики (датчиків). Основною базою для вивчення цих питань є матеріал попереднього кредитного модуля «Теорія автоматичного керування-1» та дисципліни «Електричні машини систем автоматики», які викладаються в 6-му семестрі.

Також в другому кредитному модулі, розглядаються методи аналізу та синтезу нелінійних та дискретних систем, вивчаються алгоритми дослідження якості цих систем та способи її покращення. Розгляд методів аналізу базується на використанні так званих структурних схем, які являють собою графічне зображення математичної моделі, де реальні фізичні елементи замінені їх моделями, та зображені усі принципово важливі зв’язки між ними.

Таким чином, успішне освоєння матеріалу кредитного модуля «Теорія автоматичного керування-2» повинно дати можливість майбутньому спеціалістові обґрунтовано оцінити реальні системи керування, які можуть зустрітись в практичній роботі.

2. Мета та завдання кредитного модуля

2.1. Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- підбирати елементи для систем автоматичного керування з урахуванням конкретних умов їх експлуатації;
- аналізувати фізичні явища та процеси в нелінійних та дискретних САК;
- виконувати моделювання нелінійних та дискретних САК;
- аналізувати якість нелінійних та дискретних САК.

2.2. Основні завдання кредитного модуля.

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

ЗНАННЯ щодо:

- принципів організації нелінійних та дискретних САК;
- методів аналізу та синтезу нелінійних та дискретних САК;
- методам моделювання нелінійних та дискретних САК.

УМІННЯ:

- оцінювати якість нелінійних та дискретних САК на основі її математичної моделі та типових алгоритмів оцінки показників якості системи;

- створювати математичні моделі нелінійних та дискретних САК, адекватні завданням;
- моделювати нелінійні та дискретні САК із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

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.

Успішне засвоєння програми кредитного модуля дає можливість студенту виявити свої навички та здібності, закласти фундамент як для подальшого освоювання спеціальних дисциплін на старших курсах, так і майбутньої діяльності.

3. Структура кредитного модуля

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	CPC
1	2	3	4	5	6
Розділ 1. Нелінійні системи автоматичного керування					
<i>Тема 1. Поняття про нелінійні системи. Типові нелінійності</i>	3	2			1
<i>Тема 2. Методи дослідження нелінійних САК</i>	3	2			1
<i>Тема 3. Стійкість нелінійній САК</i>	11	2		4	5
<i>Тема 4. Автоколювання в нелінійних САК і методи їх аналізу</i>	16	4		4	8
<i>Контрольна робота з розділу 1</i>	4				4
Разом за розділом 1	37	10		8	19
Розділ 2. Дискретні системи автоматичного керування					
<i>Тема 1. Поняття про дискретні САК. Види дискретних систем</i>	6	4			2
<i>Тема 2. Математичний апарат для дослідження дискретних САК</i>	6	4			2
<i>Тема 3. Аналіз стійкості та якості імпульсних САК</i>	18	6		4	8
<i>Тема 4. Адаптивні САК</i>	15	4		4	7
<i>Контрольна робота з розділу 2</i>	4				4
Разом за розділом 2	49	18		8	23
Розділ 3. Елементна база електромеханічних САК					
<i>Тема 1. Вимірювально-інформаційні електромеханічні елементи САК (датчики)</i>	8	2		2	4
<i>Тема 2. Найбільш розповсюджені типи датчиків</i>	10	6			4
Разом за розділом 3	18	8		2	8
<i>Екзамен</i>	16				16
Всього годин	120	36		18	66

4. Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Загальні відомості про нелінійні системи. Властивості нелінійних систем. Типові нелінійності електромеханічних елементів: насичення, зона нечутливості, сухе тертя, тощо. Вплив нелінійності на роботу САК. <i>Література: [1], Гл.16, с.474-500; [2], Розд. 10, с. 462-466; [3], Гл.3, с.84-87; [4], Гл.8 с. 390-395.</i>
2	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. <i>Література: [2], Розд.10, с.466-482; [3], Гл.3, с.87-99; [4], Гл. 8, с. 396-403.</i>
3	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. <i>Література: [1], Гл.20, с. 631-645; [2], Розд.10, с.468-473; [4], Гл. 8, с. 403-436.</i>
4	Визначення автоколивань, причини їх виникнення. Дослідження автоколивань методом гармонічної лінеаризації. <i>Література: [1], Гл.17,18, с.501-542; [2], Розд.10, с.483-484; [4], Гл. 8, с. 437-445.</i>
5	Методи знаходження параметрів автоколивань – метод Гольдфарба та метод Попова. Алгоритм дослідження системи на автоколивання. <i>Література: [1], Гл.18, с. 543-606; [4], Гл. 8, с. 437-453.</i>
6	Загальні відомості про дискретні системи. Класифікація дискретних систем. Імпульсні системи автоматичного керування. Види та роди моделювання сигналів в імпульсних САК: АІМ, ШІМ, ФІМ, ЧІМ. <i>Література: [1], Гл.14, с.406-429; [2], Розд.8, с. 354-361; [3], Гл.4, с.99-102; [4], Гл.10, с.496-505.</i>
7	Цифрові системи автоматичного керування. Релейні САК. Приклади дискретних систем автоматичного регулювання. <i>Література: [1], Гл.15, с.445-473; [2], Розд.9, с. 427-461; [4], Гл.10, с.548-552.</i>
8	Поняття про ґратчасті функції. Формування імпульсу в імпульсних САК. Параметри імпульсного елемента. <i>Література: [1], Гл.14, с.406-411; [2], Розд.8, с.375-379; [3], Гл.4, с.102-106; [4], Гл.10, с.506-516.</i>
9	Дискретне перетворення Лапласа. Z-перетворення. Передавальна функція розімкненої та замкненої імпульсної системи. <i>Література: [1], Гл.14, с.412-429; [2], Розд.8, с. 379-387, с.388-402; [3], Гл.4, с.106-109; [4], Гл.10, с.516-528.</i>
10	Визначення стійкості імпульсних САК. Умови стійкості імпульсних систем. Використання Z-перетворення для аналізу стійкості САК. <i>Література: [1], Гл.14, с.430-435; [2], Розд.8, с. 403-404; [3], Гл.4, с.109-114; [4], Гл.10, с.529-537.</i>
11	Критерії стійкості замкненої імпульсної системи: алгебраїчні (необхідна умова стійкості, критерій Раута-Гурвиця) та частотні (аналог критерію Найквіста, аналог критерію Михайлова). Приклади використання критеріїв стійкості. <i>Література: [1], Гл.14, с.430-435; [2], Розд.8, с. 404-406; [4], Гл.10, с. 529-537.</i>
12	Якість імпульсних систем в усталеному і перехідному режимах. Методи оцінки якості імпульсних систем. Корекція імпульсних систем. <i>Література: [1], Гл.14, с.436-441; [2], Розд.8, с. 406-413; [3], Гл.4, с.114-116; [4], Гл.10, с. 537-548.</i>
13	Загальні відомості про адаптивні САК, принципи побудови та призначення. Системи екстремального керування. Способи пошуку екстремуму інтегрального показника якості системи. <i>Література: [1], Гл.25, с.723-732; [2], Розд.12, с. 560-564, с.573-587; [3], Гл.5, с.130-146; [4], Гл.12, с.606-628.</i>
14	Самоналагоджувальні САК: системи з розімкнутими та замкненими колами самоналагодження, системи з екстремальним самоналагодженням. <i>Література: [1], Гл.25, с.733-740; [2], Розд.12, с. 564-572; [3], Гл.5, с.146-150; [4], Гл.12, с.635-638.</i>

15	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. <i>Література: [5], Гл.1, с.9-13.</i>
16	Датчики опору. Класифікація, призначення та характеристики датчиків опору. Приклади конструкцій та застосування резистивних, індуктивних та ємнісних датчиків. <i>Література: [5], Гл.3, с.62-76; [10], Гл.9, 10, с.56-71.</i>
17	Основні види датчиків генераторного типу (електромагнітні, датчики термо-ЕРС, датчики п'єзо-ЕРС) та їх властивості. <i>Література: [5], Гл.2, с.14-61; [10], Гл.14, 15, с.87-97.</i>
18	Радіаційні (іонізаційні) датчики. Конструкції та приклади застосування. Підведення підсумків курсу. <i>Література: [5], Гл.7, с.126-132; [10], Гл.12, с.78-84.</i>

5. Практичні заняття

Практичні заняття навчальним планом не передбачені.

5. Семінарські заняття

Семінарські заняття навчальним планом не передбачені.

6. Лабораторні заняття

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.

№ з/п	Назва лабораторної роботи	Кількість ауд. годин
1	Вступне заняття. Правила роботи з комп'ютерною технікою. Інструктаж по техніці безпеки.	2
2	Характеристики елементів автоматичних систем	4
3	Аналіз стійкості замкнених автоматичних систем	4
4	Аналіз перехідних процесів статичних систем	4
5	Аналіз перехідних процесів астатичних систем	4

7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Самостійна проробка та викладення окремих розділів курсу	4
2	Розгляд та аналіз сучасних нелінійних та дискретних САК	4

8. 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.

9. Оцінювання результатів навчання

Одержання стійких знань можливо при створенні умов студентам для регулярної навчальної роботи по вивченню та повторенню матеріалу дисципліни. Для організації такої роботи та контролю ефективності навчального процесу передбачено виконання двох модульних контрольних роботи (МКР). Тематика МКР відповідає змісту матеріалу, що викладається студентам на лекціях та практичних заняттях у відповідності з тематичним планом дисципліни.

Для студентів також передбачені консультації не менше одного разу на тиждень. При проведенні консультацій студенту потрібно не тільки надавати допомогу в виконанні індивідуального завдання, але й виявити недоліки в його підготовці по результатам МКР та усунути їх.

10. Контакти з викладачем

Спілкування з викладачем проводиться через електронний кампус або електронною поштою gaidenko@ukr.net.

11. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

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

- 1) виконання та захист **4** лабораторних робіт;
- 2) виконання **2** модульної контрольної роботи;

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1) Лабораторні роботи

Ваговий бал – **8**.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює **8×4=32 бали**.

За кожну лабораторну можна отримати бали згідно наступного рейтингу:

- Повне виконання завдання в системі MATLAB-Simulink, якісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – **8 балів**.
- Виконання завдання з незначними помилками або неякісне оформлення протоколу і повна відповідь при захисті роботи – **5 ... 7 балів**.
- Суттєві помилки у виконаному завданні але повне розуміння теми і матеріалу лабораторної роботи – **3 ... 4 балів**.
- Неповна або неточна відповідь при захисті роботи і погане оформлення протоколу – **1 ... 2 балів**.
- Лабораторна робота у цілому незахищена – **0 балів**.

2) Модульний контроль

Ваговий бал – **14**.

Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу дорівнює **14×2=28 бали**.

Модульний контроль оцінюється згідно наступного рейтингу:

- Повне і точне виконання – **14 балів**.
- Відповіді неточні, є окремі несуттєві помилки – **9...13 балів**.
- Відповіді неповні, є окремі суттєві помилки – **1...8 балів**.
- Відповіді неправильні – **0 балів**.

Штрафні та заохочувальні бали (r_s) за:

- відсутність на лабораторному занятті або лекції без поважної причини – мінус **2 бали**.
- розробка оригінального способу розв'язання лабораторного завдання – плюс **1...3 бали**.
- Правильні та точні відповіді на лекційних заняттях – плюс **1...3 бали**.

Розрахунок шкали рейтингу:

Сума вагових балів протягом семестру складає:

$$R_c = 32 + 28 + r_s = 60 \text{ балів} + r_s.$$

Екзаменаційна складова шкали дорівнює 40% від R_D , а саме:

$$R_E = 2R_D/5 = 2 \cdot 100/5 = 40 \text{ балів}.$$

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає:

$$R_D = R_C + R_E = 100 \text{ балів.}$$

Необхідною умовою допуску до екзамену є складання усіх лабораторних робіт, МКР та стартовий рейтинг r_C не менше 50% від R_C , тобто **30 балів**.

Для отримання студентом відповідних оцінок його рейтингова оцінка R_D переводиться згідно з таблицею:

$R_D = R_C + R_E$	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
≥ 95	A	відмінно
85...94	B	добре
75...84	C	
65...74	D	задовільно
60...64	E	
30...59	Fx	незараховано
$R_C < 30$ або не виконані інші умови допуску до екзамену	F	не допущений

Критерії оцінювання екзамену

Якщо поточний рейтинг $r_C \geq 0,5R_C$, тобто **30 – 60** балів – студенти виконують екзаменаційну роботу.

Максимальна кількість балів екзамену $R_E = 40$ балів.

Відповідь на екзамені оцінюється наступним чином:

- повне і правильне виконання завдання, вичерпні і логічні відповіді на всі питання (при необхідності, і на додаткові) – **36...40 балів**;
- повне і правильне (або з незначними помилками) виконання завдання, присутні окремі помилки при відповіді на питання, які втім студент може виправити за допомогою викладача – **25...35 балів**;
- повне виконання завдання з суттєвими помилками, часткова відповідь на питання та/або допущення окремих несуттєвих помилок при відповіді на питання – **15...25 балів**;
- неповне виконання (або невиконання) завдання, наявність в завданні значних помилок; часткова відповідь (або її відсутність) на питання, допущення суттєвих помилок при відповіді на питання – **менше 15 балів**.

12. Методичні рекомендації

Особливість дисципліни «Теорія автоматичного керування» 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. Також, при викладанні лекційного матеріалу, важливим і доцільним є використання технічних засобів відображення (наприклад, проекторів та портативних ПК). Крім того, важливим є наявність у студентів навиків роботи з обчислювальною технікою.

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

13. Рекомендована література

13.1. Базова

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. *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.
3. *Михайлов В.С.* Теория управления. – К.: Вища шк, 1988. – 312 с. – ISBN 5-11-001791-3.
4. *Попович М.Г., Ковальчук О.В.* Теорія автоматичного керування: Підручник. – 2-ге вид. – К.: Либідь, 2007. – 656 с. – ISBN 978-966-06-0447-6.
5. *Виглеб Г.* Датчики: Пер. с нем. – М.: Мир, 1989. – 196 с. – ISBN 5-03-000634-6.
6. 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.

13.2. Допоміжна

1. *Мееров М.В.* Введение в динамику автоматического регулирования электрических машин. М.: АН СССР, 1956. – 418 с.
2. *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.
3. *Турчин А.М.* Электрические измерения неэлектрических величин. – М.: Госэнергоиздат, 1954. – 292 с.

14. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри електромеханіки <http://em.fea.kpi.ua/>
2. Бібліотека НТУУ «КПІ» <http://www.library.kpi.ua/>