



СУЧАСНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИМИ КОМПЛЕКСАМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	14 «Електроінженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	<i>Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси</i>
Статус дисципліни	Обов'язковий
Форма навчання	Очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів ECTS / 150 годин аудиторних – 72 год: лекції – 36 годин; лабораторні – 36 один; самостійна робота – 48 годин
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=34696b98-e09a-4156-9403-6ca63703b64d
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: Професор, д.т.н. Сільвестров Антон Миколайович, 0955547571 Лабораторні: Доцент, к.т.н. Халімовський, 0636844307
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=1705 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=1706

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної базової дисципліни «Сучасні системи автоматичного керування електротехнологічними комплексами» складено відповідно до освітньої програми «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування і конкретизація у студентів здатностей використовувати теоретичні знання і практичний досвід, потрібні для правильної експлуатації та проектування сучасних систем автоматичного керування.

Предмет навчальної дисципліни – сучасні автоматичні системи управління різними класами електротехнологічних об'єктів, систем і комплексів.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (ЗК1-8) **K01.** Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. **K02.** Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. **K04.** Здатність спілкуватися державною мовою як усно,

так і письмово. **K05.** Здатність спілкуватися іноземною мовою. **K07.** Здатність працювати у команді. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). **K06.** Здатність приймати обґрунтовані рішення. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. **ФК7** Здатність використовувати інформаційні і комунікаційні технології та спеціалізоване програмне забезпечення при навчанні та у професійній діяльності. **K18.** Здатність виконувати професійні обов'язки із дотриманням вимог правил техніки безпеки, охорони праці, виробничої санітарії та охорони навколишнього середовища

Знання: ЗН 18 Загальних методів розробки сучасних систем автоматичного керування електротехнічними процесами і апаратами.

Уміння: УМ 4 Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі. **УМ 5** Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі. **УМ 7** Володіти логікою та методологію наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області. **УМ 13** Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в електроенергетиці.

Досвід: аудиторної та самостійної роботи при засвоєнні нового матеріалу; використання набутих знань при розв'язанні задач типового характеру.

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

1. Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка». Дисципліна «Електротехніка і електроніка», використовуючи відомі закони фізики, подає теорію електричних кіл, машин і трансформаторів як елементів електротехнологічних комплексів..

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Науковий підхід до побудови сучасних систем автоматичного керування (САК).

Розділ 2. Системний підхід, як інструмент дослідження електротехнологічних об'єктів (ЕТО).

Розділ 3. Статистично оптимальні методи параметричної ідентифікації ЕТО.

Розділ 4. Дослідження методів оцінювання параметрів моделей ЕТО за неточними вхідними і вихідними сигналами.

Розділ 5. Неперервні математичні моделі динамічних об'єктів керування.

Розділ 6. Методи ідентифікації динамічних об'єктів.

Розділ 7. Методи і системи оптимального керування динамічними об'єктами.

Розділ 8. Дослідження адаптивних систем оптимального керування динамічними об'єктами.

Розділ 9. Інтелектуальні системи автоматичного керування.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Сільвестров А.М., Островерхов М.Я., Шефер О.В., Ладік Н.А., Зіменков Д.К Сучасні системи автоматичного керування технологічними комплексами: Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів вищої освіти ступеня магістра за освітньою програмою «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/К.–КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТОВ «Поліпринт», 2023. – 386 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57128>

2. Сільвестров А.М., Островерхов М.Я., Шефер О.В., Ладік Н.А., Зіменков Д.К Системи автоматичного керування технологічними комплексами: Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського як навчальний посібник для здобувачів вищої освіти ступеня бакалавр за освітньою програмою «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка/К.; КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТОВ «Поліпринт», 2022. – 460 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47686>

3. Островерхов М.Я., Сільвестров А.М., Зеленський К.Х. Методи дослідження електротехнічних систем і комплексів/Л.: ТАЛКОМ, 2019. – 300 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47969>

4. Павленко Т.П. Автоматизований електропривод загально-промислових механізмів. Конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / Т. П. Павленко, О. В. Донець, О. М. Петренко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 132 с.

5. Марченко, А. А. Теорія автоматичного керування. Дослідження системи автоматичного регулювання. Курсова робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Системи управління виробництвом і розподілом електроенергії» / А. А. Марченко, В. С. Гулий, Д. В. Настенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,23 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 31 с.

6. Бахрушин В.Є. Теорія керування : навч. посіб. / В.Є. Бахрушин, Т.Ю. Огаренко. – Запоріжжя : КПУ, 2014. – 224 с.

Додаткові:

1. Моделювання об'єктів та систем керування засобами MatLab: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / М. В. Коржик. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 174 с.

2. Сучасна теорія управління. Частина 2. Прикладні аспекти сучасної теорії управління [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», спеціалізацій «Автоматизоване управління технологічними процесами», «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» / Ю. М. Ковриго, О. В. Степанець, Т. Г. Баган, О. С. Бунке ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,98 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 155 с..

3. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Інтелектуальні системи управління» для студентів спеціальності 7.05020201, 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами» / Уклад.: Л.Д. Ярошук. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 11 с. <https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/17579/>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Розділ 1. НАУКОВИЙ ПІДХІД ДО ПОБУДОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ (САК).	
1	Визначення системи за Р. Калманом та класифікація підсистем ідентифікації. Поняття системи, її стану, критеріїв оптимальності, релаксаційного процесу оптимізації, систем ідентифікації за ступінню їх досконалості.
Розділ 2. СИСТЕМНИЙ ПІДХІД, ЯК ІНСТРУМЕНТ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ (ЕТО)	
2	Декомпозиція складних (багаторівневих) САК Три рівні оптимізації в багаторівневих САК, цілеорієнтація підсистем, принцип узгодженості критеріїв якості підсистем.
3	Багаторівнева інтелектуальна САК Композиція підсистем різних рівнів ієрархічної САК; функціональна схема адаптивної підсистеми ідентифікації в ієрархічній САК; проектори, упорядкування методів ідентифікації і вибір найкращого; енергетичний підхід до побудови моделей на основі функцій Лагранжа.

Розділ 3. СТАТИСТИЧНО ОПТИМАЛЬНІ МЕТОДИ ПАРАМЕТРИЧНОЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЕТО	
4	Дослідження методу найменших квадратів (МНК) Регресійні моделі статистики об'єктів, сутність МНК та його числові характеристики, приклади використання МНК в реальній ситуації. Регуляризувальний ефект шумів в незалежних змінних, зсув оцінок МНК і необхідність модернізації МНК.
5	Інтегрований МНК та умови інваріантності оцінок Узагальнений МНК, нерівність Коші-Шварца-Буняковського. Інтегрований МНК, аналіз складових методу, кількісні показники, рекурентна форма, вагова функція, алгоритм ІМНК. Методи однократного ділення і прогнозу кореляцій.
Розділ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛЕЙ ЕТО ЗА НЕТОЧНИМИ ВХІДНИМИ І ВИХІДНИМИ СИГНАЛАМИ	
6	«Інтелектуальна» підсистема ідентифікації типу БАСІ Множини критеріїв оптимальності, математичних моделей, методів параметричної ідентифікації та вибір найкращої структури «модель-метод-критерій» в БАСІ.
Розділ 5. НЕПЕРЕРВНІ МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ	
7	Неперервні математичні моделі динамічних об'єктів керування Моделі механіки, електромеханіки, електрогідравлики, динаміки руху літальних апаратів, моделі «вхід-вихід» і в змінних стану.
Розділ 6. МЕТОДИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДИНАМІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ	
8	Ідентифікація імпульсної перехідної і передаточної функцій динамічного об'єкта Генерування тестових сигналів у вигляді моделі «білого шуму». Не параметрична ідентифікація і.п.ф. взаємкореляційним методом, регуляризація і параметризація і.п.ф. Параметрична ідентифікація передаточної функції (метод Сімою, моментів, частотні методи).
Розділ 7. МЕТОДИ І СИСТЕМИ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ	
9	Методи класичного варіаційного аналізу Методи Ейлера, Ейлера-Пуассона, Ейлера-Лагранжа. Оптимальне керування ДПС.
10	Принцип максимуму Л.С. Пантрягіна Синтез оптимальних за швидкодією САК ДПС, розімкнені і замкнені САК, квазіоптимальні (робастні).
11	Метод динамічного програмування Р. Белмана Дискретний і неперервний варіанти методу.
Розділ 8. ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ОПТИМАЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ДИНАМІЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ	
12	Адаптивне автономне керування процесом виготовлення кварцової трубки Дослідження узгодженості показників якості підсистем ієрархічної системи. Ідентифікація і ортогоналізація каналів управління процесом, забезпечення еталонної динаміки процесу.
13	Адаптивне оптимальне керування МПТ Он-лайн і оф-лайн ідентифікація, інваріантність до збурення, оптимальність перехідних процесів.
14	Адаптивне оптимальне керування нестійкими, нестаціонарними об'єктами Алгоритми забезпечення стійкості і якості перехідних процесів для об'єктів I, II і вищих порядків.
15	Адаптивне локально оптимальне кусково-стале керування нестаціонарними об'єктами Непараметричне визначення перехідної функції, прогнозування руху і поточне визначення сходинок оптимального керування.
16	Адаптивна оптимальна САК БПЛА

	Рівняння руху БПЛА, активна ідентифікація АДК з використанням тестового впливу типу псевдо-білого шуму, оптимальне керування.
<i>Розділ 9. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ</i>	
17	Структура і алгоритм функціонування інтелектуальних САК Структурна схема інтелектуальних систем (ІС). Динамічні експертні ІС в задачі керування. ДЕС і бази знань. Три типи ДЕС, їх структура і алгоритм функціонування.
18	Нейромережеві технології ІС Властивості нейромереж, навчання, узагальнення, абстрагування, проектування нейромереж, схема нейрона, багатошаровість нейромережі, алгоритм навчання.

Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Моделювання в середовищі MATLAB, Simulink динаміки двигуна постійного струму з керуванням по: - струму збудження магнітного потоку; - напрузі якорного кола. Дослідити часові і частотні характеристики за умови відсутності і наявності дроселя («реактора») в колі якоря ДПС.
2	Визначення методом найменших квадратів (МНК) статичної залежності напруги генератора постійного струму від струму збудження магнітного потоку і струму якоря з перевіркою статистичної значущості коефіцієнтів моделі і її достовірності за критеріями Стюдента і Фішера. Оцінити важливість ортогональності змінних в сенсі точності і об'єктивності оцінок коефіцієнтів моделі.
3	Шляхом комп'ютерного моделювання в середовищі MATLAB, Simulink провести дослідження впливу «білого шуму» у вимірах незалежних змінних регресійної моделі на не зміщеність і ефективність оцінок параметрів моделі залежності напруги ГПС від струмів збудження і навантаження.
4	Дослідити ефективність використання методу Сімою для ідентифікації об'єкта II порядку залежно від ступеня коливальності: від аперіодичного до коливального.
5	Дослідити якість методу моментів для ідентифікації об'єкта II порядку від залежно від ступеня коливальності: аперіодичного до коливального, без запізнення і з запізненням.
6	Дослідити частотні методи ідентифікації динамічних об'єктів з розкладанням передаточної функції в ряд Маклорена і без розкладання. Визначити вплив перехідних процесів на неточність частотних методів.
7	Провести дослідження методу модального керування з ідентифікацією параметрів нестійкого об'єкта і адаптацією коефіцієнтів зворотного зв'язку за умови ідентичності до еталонної моделі замкненої системи.
8	Провести дослідження системи кусково-сталого локально-оптимального управління нестационарним об'єктом з непараметричною ідентифікацією перехідної функції.
9	Шляхом комп'ютерного моделювання в MATLAB, Simulink провести дослідження чутливості різних оптимальних алгоритмів керування до неточності оцінок параметрів моделі, а саме, алгоритмів оптимального і квазіоптимального за швидкодією об'єктом III порядку.

Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Зробити конспект I розділу посібника [1]: - види досліджень САК; - методологія і методи досліджень САК; - етапи; - предмет і об'єкт досліджень; - мета і завдання; - моделювання, як метод.	4
2	Дослідити табл. 2.1 посібника [1] та визначення різних за ступінню досконалості підсистем ієрархічних САК	4

3	Дослідити усі складові та характеристики методів МНК, ІМНК, МОД, МПК.	4
4	Дослідити на прикладі: $y(k) = \beta_1 x(k)$ вплив «білого шуму» у вимірі $x(k)$ на зміщеність і ефективність МНК-оцінки параметра β_1 .	4
5	Розробити структуру і складові інтелектуальної системи прогнозування енергетичних показників електротехнологічного комплексу (множини критеріїв, методів і математичних моделей)	4
6	На основі механіки, електрики і гідравліки записати і пояснити моделі типів «пружина – маса», «пружина – маса – демпфер», моментний ДПС, електрогідпривод рульових машинок, літак, маятник звичайний і перевернутий.	4
7	Провести непараметричну ідентифікацію імпульсної передаточної функції ланки I порядку	4
8	Розглянути структурні схеми і алгоритми функціонування градієнтних систем off-line ідентифікації з паралельною, послідовно-паралельною, ортогональною і ноніусною моделями	4
9	Написати конспект лекцій по варіаційному обчисленню Ейлера-Пуассона-Лагранжа. Розрахувати оптимальне керування об'єктом (згідно вашого варіанта).	4
10	Написати конспект лекцій по варіаційному обчисленню за принципом максимуму Л.С. Пантрягіна. Розрахувати оптимальне керування об'єктом (згідно вашого варіанта).	4
11	Написати конспект лекцій по варіаційному обчисленню за методом динамічного програмування Р.Белмана. Розрахувати оптимальне керування об'єктом (згідно вашого варіанта).	4
12	Дослідити і зробити конспект алгоритмів навчання в інтелектуальних САК.	4
Всього:		48

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних, практичних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за вказівкою викладача;
- правила захисту лабораторних робіт: лабораторна робота захищається індивідуально.
- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахунково-графічної роботи з дисципліни здійснюється індивідуально;
- правила призначення заохочувальних балів: заохочувальні не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь в університетських та Всеукраїнській олімпіадах з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасне виконання РГР та несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають зниження максимального балу за певний вид активності до 75%.

Мінімальний бал не змінюється. Якщо студент(-ка) не проходив(-ла) або не з'явився(-ася) на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. У такому разі є можливість написати МКР, але максимальний бал за неї буде становити 75% від максимального. Перескладання захисту лабораторних робіт, РГР та МКР не передбачено;

- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Теоретичні основи електротехніки-1». Лабораторні роботи, РГР та МКР, які не відповідають вимогам діючого Положення про систему запобігання академічному плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського, оцінюються в 0 балів. У такому разі лабораторна робота або РГР може бути перероблена із зміною варіанту. Максимальний бал буде знижено на 30%.
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, розв'язання задач

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: іспит

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт, семестровий рейтинг більше 30 балів.

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

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- розв'язання задач на практичних заняттях.
-

Експрес-опитування	Виконання лабораторних робіт	МКР	Rc	Ri	R
10	36	14	60	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал – 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

1 бал * 10 = 10 балів.

На лекції є можливість опитування не більше 5 студентів.

Критерії оцінювання

- *правильні відповіді на окремі питання з місця – 1 бал;*

Виконання та захист лабораторних робіт

*Ваговий бал – 4 (2 бали – оформлені результати у вигляді протоколу, 2 бали – захист роботи).
Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи – 4 бали * 9 = 36 балів.
Мінімальна кількість балів за всі лабораторні роботи (за умови їх повного виконання та захисту) – 4 балів * 9 * 60% = 21,6 балів.*

Критерії оцінювання:

Результати числового експерименту на побудованій математичній моделі:

- *відмінна підготовка до лабораторної роботи (знання мети роботи, знання основних теоретичних положень), активна участь у виконанні досліджень, правильна побудова математичної моделі та візуалізація результатів розрахунку у повному об'ємі – (0,9..1) * 2 бали;*
- *добра підготовка до лабораторної роботи, активна участь у виконанні досліджень, незначні помилки при чисельних розрахунках – (0,89..0,75) * 2 бали;*
- *задовільна підготовка до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, суттєві помилки при чисельному розрахунку та візуалізації результатів – (0,74..0,6) * 2 бали;*
- *неготовність до лабораторної роботи, пасивна участь у виконанні досліджень, невірна побудова математичної моделі чи проведення чисельного експерименту – 0 балів.*

Захист роботи:

- *повні відповіді на теоретичні питання за темою роботи – (0,9..1) * 2 бали;*
- *неповні відповіді на теоретичні питання – (0,89..0,75) * 2 бали;*
- *часткові відповіді на теоретичні питання або відсутність відповідей на окремі питання, за умови розуміння загальної мети роботи та основних етапів проведення дослідження – (0,74..0,6) * 2 бали;*
- *невірні відповіді на більшість теоретичних питань за темою роботи – 0 балів.*

Модульна контрольна робота

Завдання кожної контрольної роботи складається двох задач по темам:

- *метод модального керування;*
- *застосування МНК.*

Ваговий бал – 7.

*Максимальна кількість балів – 7 балів * 2 = 14 балів.*

Критерії оцінювання

- *повне розв'язання задачі – 7 балів;*
- *правильний алгоритм розв'язання задачі з незначними помилками у розрахунках – 5.6 ... 5.9 балів;*
- *правильний алгоритм розв'язання задачі з суттєвими помилками; – 4.9 ... 5.5 балів;*
- *правильний алгоритм розв'язання задачі, але неповна, або неточна відповідь – 4.2...4.8 балів.*

Форма семестрового контролю – іспит

Екзаменаційний квиток складається з трьох теоретичних запитань

Екзамен проводиться у письмовій формі. Після перевірки відповідей у студента є можливість усно відповісти на додаткові питання для підвищення оцінки.

Критерії оцінювання іспиту

*Рейтинг $R_c \geq 0,6 * R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.*

*Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) * R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають іспит.*

Максимальний рейтинг іспиту $R_i = 40$ балів.

Рейтинг іспиту $R_i = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг іспиту $R_i = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг іспиту $R_i = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг іспиту $R_i \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Критерії оцінювання екзамену

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають іспит.

Максимальний рейтинг іспиту $R_i = 40$ балів.

Рейтинг іспиту $R_i = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг іспиту $R_i = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг іспиту $R_i = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на екзаменаційні питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг іспиту $R_i \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

Робочу програму навчальної дисципліни (сілабус) складено:

- професором кафедри теоретичної електротехніки ФЕА, д.т.н. Сільвестровим А. М.;
- доцентом кафедри теоретичної електротехніки ФЕА, к.т.н. Халімовським О.М.

Ухвалено кафедрою теоретичної електротехніки ФЕА (протокол № 15 від 19.06.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (№ 10 від 20.06.2024 р.)

Перелік екзаменаційних питань з кредитного модуля «Сучасні системи автоматичного керування електротехнічними комплексами»

1. Що спільного і в чому різниця між «великими», «динамічними» і «кібернетичними» системами?
2. Яка різниця між фундаментальними і прикладними дослідженнями?
3. Надайте визначення поняття методології.
4. В чому різниця методу і алгоритму?
5. Які етапи наукового дослідження?
6. Надайте визначення предмету і об'єкту дослідження.
7. Поясніть зв'язок мети і завдання дослідження, моделі і моделювання.
8. За якими ознаками надано класифікацію моделей?
9. Надайте приклад фундаментального і прикладного дослідження.
10. Надайте приклад аналізу і синтезу.
11. Надайте приклад трьох етапів дослідження.
12. Надайте приклад предмету і об'єкту дослідження.
13. Надайте приклад мети і завдання дослідження.
14. Надайте приклад теоретичної і емпіричної моделі.
15. Визначте поняття системного підходу.
16. Чому не існує моделей, ізоморфних до об'єкта?
17. Поясніть сутність декомпозиції, композиції і цілеспрямованості підсистем різних рівнів.
18. Поясніть принцип узгодженості підсистем різних рівнів.
19. Яка роль проекторів у багаторівневій системі?
20. Поняття динамічної системи за Р. Калманом.
21. Поняття цілеспрямованої моделі.
22. Які основні складові ієрархічної системи та в чому полягає поняття їх узгодженості?
23. Які задачі вирішує БАСІ у вузькому і широкому сенсі?
24. Приведіть приклад системи, що самоорганізується.
25. Поясніть багаторівневу декомпозицію систем.
26. В чому полягає принцип узгодженості підсистем ієрархічної системи?
27. З яких складових складається багаторівнева система, особливо підсистема БАСІ в ній?
28. За яких умов МНК дає оптимальні оцінки параметрів?
29. Які числові характеристики МНК?
30. Як впливає не діагональність інформаційної матриці на якість МНК-оцінок параметрів?
31. В чому сутність методу найменших квадратів?
32. Які числові характеристики МНК-оцінок вектора параметрів моделі ви знаєте?
33. Яким чином оцінюється статистична значущість коефіцієнтів рівняння регресії?
34. Знайти за МНК залежність $y(x)$, де y і x задані таблицею:

k	1	2	3	4
y	0,1	10,1	19,8	100,2
x	0	2	4	20

35. 10. Як впливає неточність вимірів $x(k)$ на зміщеність і ефективність МНК-оцінок залежності $y(x(k))$
36. Яка реальна ситуація не відповідає умовам теореми Гаусса-Маркова?

37. Як вплинуть на зміщення МНК-оцінки шуми в вимірах незалежних змінних ММ?
38. В чому полягає подібність регуляризації по Тихонову і МНК-оцінювання в умовах шумів в незалежних змінних?
39. В чому сутність узагальненого МНК?
40. Чим обмежується зсув $\pm \tau$ сигналів в ІМНК?
41. Яким умовам повинна задовольняти вагова функція $\eta(m)$ в ІМНК?
42. В чому сутність методів МОД і прогнозу кореляції?
43. Яким чином в методі прогнозу кореляцій (МПК) досягається зменшення зміщення і дисперсії МПК-оцінок параметрів ММ?
44. Які моделі-претенденти було використано в БАСІ-системі?
45. Які методи ідентифікації?
46. Чим відрізняється узагальнений МНК від МНК?
47. Як побудовано критерій оптимальності в інтегрованому МНК?
48. Чому симетричний зсув в ІМНК краще від несиметричного?
49. Яким чином задається вагова функція ІМНК?
50. Які плюси і мінуси методу одноразового ділення (МОД)?
51. В чому сутність методу прогнозу кореляцій?
52. Поясніть роботу БАСІ на прикладі прогнозу часового ряду споживання електроенергії?
53. В чому полягає лінеаризація моделі маятника?
54. Визначте передаточну функцію 2-х масової системи.
55. Поясніть структурну схему ММ ДПС.
56. Дайте визначення стану системи.
57. Перейдіть від диференційного рівняння системи до системи в формі Коші в скалярному і векторно-матричному поданні?
58. Як перейти від системи рівнянь в формі Коші до матричної передаточної функції?
59. Як методом Ейлера перейти від неперервних до дискретних моделей?
60. Напишіть рівняння динаміки системи, що має масу m , демпфер b , жорсткість пружини k , на яку діє сила $F(t)$.
61. Надайте приклади лінеаризації нелінійних моделей маятника маси M на підвісі довжиною L .
62. Напишіть модель ДПС, що керується струмом збудження.
63. Напишіть модель ДПС, що керується напругою якоря.
64. Як від диференційного рівняння механічної системи «маса – пружина – демпфер» перейти до системи у формі Коші?
65. Як від системи у формі Коші перейти до дискретної моделі?
66. Навести алгоритм ідентифікації методу 3-х моделей.
67. Визначити поняття активної ідентифікації динамічних моделей.
68. Навести алгоритм визначення імпульсних перехідних функцій.
69. Навести визначення псевдовипадкової двійкової послідовності.
70. Навести властивості псевдовипадкових двійкових послідовностей.
71. Навести алгоритм отримання непараметричних оцінок.
72. Навести алгоритм отримання частотних характеристик.
73. Навести алгоритм отримання перехідних функцій об'єкта.
74. Навести алгоритм визначення коефіцієнтів рядів, які розкладаються передаточні функції.
75. Навести зв'язок коефіцієнтів ряду Маклорена передаточної функції з імпульсною перехідною функцією.
76. Сутність кореляційного методу визначення імпульсної перехідної функції об'єкта ідентифікації.

77. Як встановити зв'язок коефіцієнтів ряду Маклорена з коефіцієнтами передаточної функції?
78. Сутність методу Сімою.
79. Сутність методу моментів.
80. Визначення коефіцієнтів передаточної функції по АФЧХ об'єкта.
81. One-line ідентифікація ортогональними моделями.
82. Метод послідовно-паралельної моделі з градієнтною ідентифікацією параметрів.
83. Сутність і переваги методу трьох моделей.
84. Поняття ноніусних моделей.
85. Як співвідносяться поняття диференціалу функції і варіації функціоналу?
86. Визначення екстремалі функціоналу методом Ейлера для функціоналу:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} (tx(t) + \dot{x}(t))^2 dt.$$

87. Задача Лагранжа на умовний екстремум функціонала.
88. Задача Ейлера-Лагранжа в керуванні ДПС.
89. Ігольчата варіація і виведення рівнянь на основі принципу максимуму Л.С.Пантрягіна.
90. Пошук оптимального за швидкодією керування на основі теореми А.Фельдбаума про $n - 1$ переключень.
91. Приклад оптимального за швидкодією керування астатичним об'єктом (ДПС).
92. Квазіоптимальне за швидкодією керування об'єктом
93. $T_1 T_2 \ddot{x}(t) + (T_1 + T_2) \dot{x}(t) + x(t) = kU(t)$.
94. Метод динамічного програмування Р.Белмана. Статична варіаційна задача пошуку оптимального шляху.
95. Дискретна динамічна задача Р.Белмана.
96. Неперервний варіант методу динамічного програмування Р.Белмана.
97. Як безконтактно досягається формування маленьких розмірів кварцової трубки з кварцового блоку великих розмірів?
98. Для чого необхідна розв'язка каналів керування за діаметром і товщиною стінки трубки?
99. Що дає режим «навчання» для режиму «робота» установки?
100. В чому полягає ноніусне уточнення моделі процесу?
101. Як за допомогою підсистеми ідентифікації і методу модального керування перейти від квазістаціонарного до стаціонарного об'єкту і, відповідно до розділу 7, реалізувати оптимальне керування за відповідними показником оптимальності (швидкодія, точність, мінімум палива, тощо).
102. Умова узгодженості показників якості керування і ідентифікації в адаптивних САК,
103. Структура і принцип роботи адаптивної САК процесом витягування кварцової трубки.
104. Поясніть структуру і принцип роботи адаптивної до нестаціонарності об'єкта системи кусочно сталого керування з непараметричною ідентифікацією перехідної характеристики об'єкта.
105. Ідентифікація і оптимальне (до еталонної моделі) керування нестійкими нестаціонарними об'єктами (на прикладі нестійкого аперіодичного об'єкта I порядку).
106. В чому різниця і що спільного між оцінюванням по МНК, ІМНК, МОД, МПК?
107. Як вирішується варіаційна задача за методом Ейлера?
108. В чому полягає задача на умовний екстремум і як вона вирішується за допомогою множників Лагранжа?
109. Проведіть синтез оптимальної за швидкодією САК аперіодичним об'єктом II порядку за теоремою Фельдбаума.
110. Проведіть синтез квазіоптимальної за швидкодією САК аперіодичним об'єктом II порядку за теоремою Фельдбаума.

111. Для ланки I порядку з передаточною функцією $W(p) = \frac{10}{5p+1}$ для чотирьох кроків і показнику $I = \sum_{k=0}^3 (\varepsilon^2(k) + u^2(k)) + 10$ розрахувати дискретним методом динамічного програмування Р. Белмана оптимальне керування $u^*(k)$.
112. В чому полягає автономність і оптимальність САК процесом витягування кварцової трубки з блоку?
113. Поясніть алгоритм роботи адаптивної оптимальної САК нестаціонарним об'єктом з кусково-сталім керуванням, прогнозуванням та непараметричним визначенням перехідної функції. Плюси і мінуси такої системи.
114. Поясніть алгоритм роботи адаптивної оптимальної САК ДПС.
115. Поясніть алгоритм роботи адаптивної оптимальної САК каналу крену ракети.
116. Поясніть структуру і алгоритм функціонування інтелектуальної САК.
117. Поясніть структуру і алгоритм функціонування САК нейромережі.