



Оптимальні методи керування електроенергетичними системами

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

- Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій(доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>2 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити 90 годин (27 лекцій)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	<i>Чт. 14:15, 16:10.</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropovtosha@ukr.net ² Практичні / Семінарські: к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович,, тел. 066-736-54-53, email: toropovtosha@ukr.net
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTQ0NTEyODIyOTk5

¹ В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану.
Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

² Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

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

Останнім часом все частіше використовуються програмні системи аналізу та синтезу електроенергетичних систем. Такі програмні засоби дозволяють вирішувати задачі синтезу з використанням сучасних методів пошуку оптимальних та близьких до оптимальних рішень, шляхом вирішення складних математичних задач числовими методами, включаючи символічні перетворення і обчислення з високим рівнем якості відображення результатів обчислень. Застосування прикладних програмних засобів істотно розширює можливості автоматизації всіх етапів математичного аналізу існуючих динамічних систем.

Метою вивчення дисципліни можна зазначити формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок використання найсучасніших методів синтезу та аналізу електроенергетичних систем різного класу. Вивчення матеріалу даної дисципліни виключно орієнтовано на широке застосування обчислювальної техніки та програмування.

Предметом навчальної дисципліни є методи керування електроенергетичними системами.

Результатом вивчення навчальної дисципліни є формування у студентів здатностей:

- використовувати сучасні методи синтезу електротехнічних систем для вирішення інженерних завдань у сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;
- розробляти програмні проекти на основі використання технології предметно-орієнтованого програмування;
- створювати та застосовувати алгоритми для вирішення типових задач.
- вирішувати основні символічні і чисельні завдання, будувати графіки функцій, розв'язувати лінійні та нелінійні рівняння, використовувати чисельне інтегрування та розв'язок диференціальних рівнянь різних класів.

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

Навчальна дисципліна «Оптимальні методи керування електроенергетичними системами» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів таких дисциплін як «Вища математика», «Теорія автоматичного управління», «Теорія оптимального управління», тощо.

Знання та вміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Оптимальні методи керування електроенергетичними системами», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері автоматизації електротехніки та мехатроніки.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Оптимальні методи керування електроенергетичними системами» складається з 3 розділів:

- **Розділ 1. Вступ до дисципліни "Оптимальні методи керування електроенергетичними системами":**

Тема 1.1. Огляд та порівняльна характеристика методів аналізу та дослідження електроенергетичних систем.

Тема 1.2. Існуючі програмні засоби дослідження електроенергетичних систем, що описуються структурними схемами та диференціальними рівняннями.

- **Розділ 2. Інтегровані системи аналізу динамічних систем MATLAB та MAPLE:**

Тема 2.1. Система автоматизованого проектування MATLAB. Запуск системи і порядок роботи.

Тема 2.2. Використання систем MATLAB та MAPLE для розв'язку алгебраїчних та диференціальних рівнянь. Використання системи MATLAB для розв'язку задач оптимізації.

Тема 2.3. Пакети розширення середовища. SIMULINK. CONTROL. Основні призначення та сфери застосування.

- Розділ 3. Сучасні методи синтезу електроенергетичних систем

Тема 3.1. Огляд існуючих методів синтезу електроенергетичних систем за бажаними характеристиками. Види критеріїв, за якими визначається вид бажаної характеристики системи.

Тема 3.2. Методи синтезу електроенергетичних систем, оптимальних за певною функцією або критерієм. Методи синтезу електроенергетичних систем, оптимальних за певним функціоналом якості.

Тема 3.3. Методи синтезу електроенергетичних систем, з урахуванням збурень стохастичного впливу з характеристиками «шуму».

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Гостев В.І., Баранов О.А., Лісовий І.П., Шматок С.О. Оптимальне керування складними об'єктами. -К.: Радіоаматор, 2000.-208с.
2. Садовой О.В., Дерещ О.Л. Спеціальні питання математичного опису і моделювання динаміки складних систем.–Дніпродзержинськ:Д ДТУ, 2014.–206 с.
3. Журахівський А. В., Яцейко А. Я. Оптимізація режимів електроенергетичних систем. Навчальний посібник. Друге видання, виправлене. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2010. 140 с.
4. Лежнюк П.Д., Остра Н.В., ВЦ Зелінський В.Ц. Оцінювання чутливості оптимального керування режимами електроенергетичних систем критеріальним методом: Монографія.–Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.–131с.

Допоміжна література:

1. MIT OpenCourseWare. System Identification. – Режим доступу <https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-435-systemidentification-spring-2005/index.html>
2. System Identification Toolbox пакету MATLAB. – Режим доступу: www.mathworks.com/products/sysid/.

Інформаційні ресурси

<http://uk.wikipedia.org> – Веб-сайт відомої у світі електронної енциклопедії

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Тиж- день	Зміст навчальної роботи
1-2	Лекція 1-2. Огляд та порівняльна характеристика методів аналізу та дослідження електроенергетичних систем. Лекція 3. Складання математичної моделі двигуна постійного струму у формі структурної схеми та системи диференціальних рівнянь в матричній формі. Запуск програми MATLAB, використання функцій tf, ss, ssdata.
3-4	Лекція 4-5. Існуючі програмні засоби дослідження електроенергетичних систем, що описуються структурними схемами та диференціальними рівняннями. Лекція 6. Використання системи Matlab для розв'язку задач оптимізації. Використання функцій Lqr, dlqr в MATLAB, розрахунок вагових коефіцієнтів відповідних матриць.
5-6	Лекція 7-8. Система автоматизованого проектування MATLAB. Запуск системи і порядок роботи. Використання системи Matlab для розв'язку алгебраїчних та диференціальних рівнянь. Лекція 9. Пакети розширення середовища. SIMULINK. CONTROL. Основні призначення та сфери застосування.
7-8	Лекція 10-11. Використання функцій Lqr, dlqr в MATLAB, розрахунок вагових коефіцієнтів відповідних матриць. Огляд існуючих методів синтезу динамічних систем за бажаними характеристиками. Лекція 12. Види критеріїв, за якими визначається вид бажаної характеристики системи. Визначення параметрів ПІД – регулятора за графіком перехідного процесу вихідної координати. Модульна контрольна робота 1.
9-10	Лекція 13. Методи синтезу електроенергетичних систем, оптимальних за певною функцією або критерієм. Лекція 14. Використання функції care для визначення параметрів оптимального регулятора за квадратичним функціоналом якості. Лекція 15. Використання методу кореневого годографу для синтезу коригуючих пристроїв.
11-12	Лекція 16. Використання методу кореневого годографу для синтезу коригуючих пристроїв. Реалізація методу кореневого годографу у програмному забезпеченні MATLAB. Лекція 17. Реалізація методу кореневого годографу у програмному забезпеченні MATLAB. Лекція 18. Використання функції root, особливості реалізації
13-14	Лекція 19. Синтез функціоналу якості за принципом максимуму Понтрягіна. Лекція 20. Використання програмного забезпечення MAPLE для вирішення алгебраїчних та арифметичних рівнянь Ріккати. Лекція 21. Використання функції MAPLE для вирішення алгебраїчних рівнянь Ріккати
15-16	Лекція 22. Використання нелінійного функціоналу якості для синтезу квазіоптимального регулятора у програмному забезпеченні MAPLE. Лекція 23. Використання програмного забезпечення MATLAB для вирішення алгебраїчних та арифметичних рівнянь Ріккати Лекція 24. Використання функції MATLAB для вирішення алгебраїчних рівнянь Ріккати
17-18	Лекція 25. Синтез системи керування стохастичним об'єктом при наявності зубрень типу «білий шум».

	Лекція 26. Використання програмного забезпечення MATLAB для визначення параметрів естиматора невизначених координат Лекція 27. Побудова естиматора невизначених координат для двигуна постійного струму
--	---

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	<u>Тема 1.1.</u> Огляд та порівняльна характеристика методів аналізу та дослідження електроенергетичних систем. Література: [1-5]	6
2	<u>Тема 1.2.</u> Існуючі програмні засоби дослідження електроенергетичних систем, що описуються структурними схемами та диференційними рівняннями. Література: [1-5]	6
3	<u>Тема 2.1.</u> Система автоматизованого проектування MATLAB. Запуск системи і порядок роботи. Література: [2-3]	6
4	<u>Тема 2.2.</u> Використання системи MATLAB для розв'язку алгебраїчних та диференційних рівнянь. Використання систем MATLAB та MAPLE для розв'язку задач оптимізації. Література: [4]	6
5	<u>Тема 2.3.</u> Пакети розширення середовища. SIMULINK. CONTROL. Основні призначення та сфери застосування. Література: [4-5]	6
8	<u>Тема 3.1.</u> Огляд існуючих методів синтезу електроенергетичних систем за бажаними характеристиками. Види критеріїв, за якими визначається вид бажаної характеристики системи.. Література: [1]	6
9	<u>Тема 3.2.</u> Методи синтезу електроенергетичних систем, оптимальних за певною функцією або критерієм. Методи синтезу електроенергетичних систем, оптимальних за певним функціоналом якості. Література: [1-5]	6
10	<u>Тема 3.3.</u> Методи синтезу електроенергетичних систем, з урахуванням збурень стохастичного впливу з характеристиками «шуму». Література: [1-5]	6
	Виконання розрахунково-графічної роботи	8
	Підготовка до МКР	3
	Підготовка до заліку	4

- Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Оптимальні методи керування електроенергетичними системами» заснована на політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і доброчесність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни «Оптимальні методи керування електроенергетичними системами» потребує: підготовки до практичних занять; виконання індивідуального завдання згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка та участь у практичних заняттях передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни та планами практичних занять; вивчення теоретичного матеріалу; виконання завдань, запропонованих для самостійного опрацювання.

Результатом підготовки до заняття має бути здобуття вмінь та навичок роботи з системами цифрової обробки даних. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Здобувач вищої освіти повинен дотримувати навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

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

1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується зі 100 балів, з них 60 бали складає стартова шкала. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, що студент отримує за:

- роботу на лекційних заняттях (27 занять);
- виконання розрахункової роботи;
- написання модульної контрольної роботи.

2. Критерії нарахування балів:

2.1. Робота на лекційних заняттях:

- бездоганна робота – 1 бали;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 0,5 бал;
- відсутність на занятті без поважних причин – штрафний –0,5 бали.

2.2. Виконання розрахункової роботи:

- творча робота –32 бали;
- роботу виконано з незначними недоліками – 29-31 бал;
- роботу виконано з певними помилками – 20-28 балів;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

2.3. Виконання модульної контрольної роботи:

- бездоганна робота – 12 балів;
- є певні недоліки у підготовці та/або виконанні роботи – 6-11 балів;
- відсутність на занятті без поважних причин – штрафні –2 бали.

За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується штрафний –1 бал (усього не менше –5 балів).

3. Умовою першої атестації є отримання не менше 10 балів та виконання всіх практичних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 50% можливих балів, від поточного рейтингу.

4. Умовою допуску до заліку є зарахування всіх практичних робіт, розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше 25 балів.

5. На заліку студенти виконують тестове завдання. Перелік запитань наведений у Рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Тестове завдання оцінюється у 40 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв’язування завдання) – 35-40 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв’язування завдання з незначними неточностями) – 30-34 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 65% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв’язування завдання з незначними неточностями) – 25-29 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 22-24 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 20-21 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

6. Сума стартових балів та балів за тестове завдання на заліку переводиться до кінцевої оцінки згідно з таблицею:

Метод оцінювання	Кількість	Мінімальна оцінка в балах	Максимальна оцінка в балах
<i>Робота на лекціях</i>	27	14	27
<i>Модульна контрольна робота</i>	1	6	12
<i>Розрахункова робота</i>	1	20	32
<i>Стартовий рейтинг</i>	1	45	71
<i>Залік</i>	1	20	29
<i>Підсумковий рейтинг</i>	<i>залік</i>	60	100

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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Рекомендації щодо виконання індивідуального семестрового завдання

Вивчення кредитного модуля «Оптимальні методи керування електроенергетичними системами» передбачає виконання студентами розрахунково-графічної роботи.

ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

Об’єкт описується передаточною функцією:



1. Визначити структуру та параметри оптимального LQR- регулятора для значеннях матриць обмежень на динаміку та керування, що відповідають критерію Меррієма.
2. Перевірити стійкість отриманої системи методом кореневого годографу.
3. Скласти та перевірити стійкість отриманої системи методом цифрового моделювання з використанням пакету Simulink.

Питання для заліку з навчальної дисципліни «Оптимальні методи керування електроенергетичними системами».

1. Назвати основні функціональні можливості системи MATLAB та його програмні пакети.
2. Якими функціями здійснюється перетворення моделі системи із матричного рівняння у передаточну функцію і навпаки?
3. Які параметри перехідного процесу вихідної координати використовуються в MATLAB при побудові регулятора.
4. Що таке LQR? Які ще подібні регулятори ви знаєте?
5. Чим відрізняється LQR- регулятор від модального регулятора.
6. В чому полягає принцип максимуму Понтрягіна?
7. В чому полягає принцип розрахунку вагових коефіцієнтів за методом Меррієма?
8. Вирішення алгебраїчного рівняння Ріккати, які функції MATLAB для цього використовуються.
9. Спосіб перетворення алгебраїчного рівняння Ріккати в арифметичне.
10. Які функції MATLAB або MAPLE використовуються для вирішення арифметичного рівняння Ріккати.
11. Відмінності функції від функціоналу критерію якості.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцент кафедри автоматизації управління електротехнічними комплексами, к.т.н., Торопов Антон Валерійович

Ухвалено: кафедрою АУЕК (протокол № 17 від 17.06.20 р.)

Погоджено: Методичною комісією факультету³ (протокол №8 від 23.06.20 р.)

³ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.