



Методи структурного та параметричного синтезу регуляторів для систем з транспортним запізненням

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (доктор філософії)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>II курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>90 годин / 3 кредити ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік / МКР / РГР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. проф. Яндульський Олександр Станіславович, 0972648742</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програма навчальної дисципліни «Методи структурного та параметричного синтезу регуляторів для систем з транспортним запізненням» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки аспірантів з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів системи здатностей ставити та розв'язувати комплексні наукові задачі під час дослідницько-інноваційної діяльності у сфері автоматизації електроенергетичних систем, характерною особливістю яких, як і більшості технологічних об'єктів, є наявність значних запізнень в каналах управління та вимірювання, що пояснюється кінцевою швидкістю розповсюдження сигналів інформації в об'єктах (транспортне запізнення), поглиблення знань з теорії автоматичного керування для розв'язання задач синтезу регуляторів для систем з транспортним запізненням.

Предмет навчальної дисципліни – наукові засади щодо методів, організаційних та технологічних заходів проведення наукових досліджень в області синтезу регуляторів для систем з транспортним запізненням.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (СК03) здатність вирішувати проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних об'єктів і систем, зумовлених необхідністю забезпечення сталого розвитку шляхом розробки та застосування новітніх систем управління, захисту та автоматизації; (СК06) здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в галузі електричної інженерії в цілому та в галузі управління виробництвом та розподілом електроенергії, зокрема, та дотичні до неї міждисциплінарні проекти, лідерство під час їх реалізації.

Знання: (РН01) передові концептуальні та методологічні знання з електричної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій в галузі управління виробництвом та розподілом електроенергії.

Уміння: (РН08) розробляти техніко-економічне обґрунтування проектів з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки та оцінювати економічну ефективність їх впровадження.

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

Кредитний модуль дисципліни «Методи структурного та параметричного синтезу регуляторів для систем з транспортним запізненням» відповідно до структурно-логічної схеми ОКР «доктор філософії» базується на знаннях, отриманих студентами при вивченні таких дисциплін зі спеціальності як «Вища математика», «Фізика», «Теорія автоматичного управління», «Основи і засоби передачі інформації в електроенергетиці» та «Автоматичне та автоматизоване управління в енергосистемах».

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти іноземною мовою, оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого вивчення дисциплін, а також для якісного виконання наукових досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 4 розділи, а саме:

1. Вступ. Синтез оптимальних по швидкодії регуляторів для лінійних об'єктів із запізненням

Тема 1.1 Запізнення в об'єктах управління та його вплив на динаміку оптимальних по швидкодії систем.

Тема 1.2 Методи оптимального управління об'єктами із запізненням

2. Динамічні характеристики лінійних об'єктів із запізненням

Тема 2.1 Класифікація об'єктів із запізненням

Тема 2.2 Рівняння динаміки об'єктів із запізненням в часовому просторі

Тема 2.3 Опис динамічних властивостей об'єктів із запізненням в певній області

3. Оптимальні регулятори для об'єктів із запізненням.

Тема 3.1 Об'єкти із запізненням. Постановка задачі синтезу оптимальних регуляторів

Тема 3.2 Вирішення задачі синтезу. Отримання оптимального закону керування

Тема 3.3 Реалізація оптимального регулятора. Модальні цифрові регулятори

4. Стійкість і якість систем автоматичного регулювання із запізненням

Тема 4.1 Стійкість систем із запізненням. Ланки з розподіленими параметрами

Тема 4.2 Оцінка якості роботи системи автоматичного регулювання із запізненням

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Louis C. Westphal. Handbook of Control Systems Engineering. — 2nd edition; The Springer International Series in Engineering and Computer Science. — Springer, 2001. — Т. 635. — 1063 с.
2. Automatic control systems / Farid Golnaraghi, Bendjamen C. Kuo. — John Wiley&Sons, inc. — 2009. — 786 p.
3. Introduction to digital control systems theory/ A. Kulik, I. Dybska. — The textbook. — Kharkiv: National Aerospace University "Kharkov Aviation Institute", 2007. — 165 p
4. Попович МИ.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. — К.: Либідь, 1997.-544с.

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)
1	Вступ. Запізнення в об'єктах управління та його вплив на динаміку оптимальних по швидкодії систем. Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
2	Методи оптимального управління об'єктами із запізненням. Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
3	Класифікація об'єктів із запізненням. Рівняння динаміки об'єктів із запізненням в часовому просторі Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
4	Опис динамічних властивостей об'єктів із запізненням в певній області. Приблизнена заміна системи із запізненням звичайними динамічними системами. Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
5	Оптимальні регулятори для об'єктів із запізненням. Постановка задачі синтезу оптимальних регуляторів. Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
6	Вирішення задачі синтезу. Отримання оптимального закону керування. Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
7	Реалізація оптимального регулятора. Модальні цифрові регулятори. Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
8	Стійкість систем автоматичного регулювання із запізненням. . Ланки з розподіленими параметрами. Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]
9	Оцінка якості роботи системи автоматичного регулювання із запізненням Літературні джерела: [1, 2, 3, 4]

6. Самостійна робота аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	27
2	Виконання РГР	14
3	Підготовка до МКР	9
4	Підготовка до заліку	13

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 на лекційних та практичних заняттях.
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних 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 умови вказівки викладача;
- правила захисту індивідуальних завдань: захист розрахункової роботи з дисципліни здійснюється індивідуально і лише у випадку, коли студент не погоджується із нарахованими балами за результатами перевірки РГР (за умови дотримання календарного плану виконання РГР);
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах та наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР.
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів 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 «Методи структурного та параметричного синтезу регуляторів для систем з транспортним запізненням»
- 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 (РСО)

Поточний контроль: Експрес-опитування, МКР, РГР.

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за модульну контрольну роботу, мінімально позитивна оцінка за РГР, семестровий рейтинг більше 60 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

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

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).
- підготовка РГР

Експрес-опитування	РГР	МКР
14	40	46

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал 1.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

1 бал * 14 = 14 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1;

Індивідуальне семестрове завдання (РГР)

Згідно з робочою навчальною програмою кожен студент виконує розрахунково-графічну роботу.

Максимальна кількість балів за виконання РГР – 40.

Критерії оцінювання

- повне, точне і вчасне виконання – 40 балів;
- розрахунок неточний є окремі несуттєві помилки – 14...35 балів;
- розрахунок неповний, є окремі суттєві помилки – 2...13 балів;
- розрахунок неправильний – 0 балів;
- на виконання РГР відводять 8 тижнів з моменту видачі завдання; здача РГР після встановленого терміну передбачає нарахування штрафного балу -2 за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР – 46.

Максимальний бал за МКР – 46.

Критерії оцінювання

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 40 – 46 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) - 20 – 39 балів;
- відповідь містить менше 50 % необхідної інформації – 0 балів;

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – залік

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до заліку є зарахування розрахункової роботи, модульної контрольної роботи. Для отримання заліку з кредитного модулю «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів, а також виконані умови допуску до заліку.

Студенти, які наприкінці семестру мають рейтинг менше 60 балів, а також ті, хто хоче підвищити свою оцінку в системі ECTS, виконують залікову контрольну роботу. При цьому набрані бали студентом анулюються, а оцінка за залікову контрольну роботу є остаточною.

Залікова робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання заліку

- «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 95 - 100 балів;
- «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 85-94 бали;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 75-84 бали;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 65-74 балів;
- «достатньо», неповна відповідь, але не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 60 - 64 бали;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Завдання на РГР

Виконання РГР відбувається шляхом імітаційного моделювання в середовищі Матлаб системи автоматичного регулювання частоти та активної потужності двох енергосистем. Завдання на РГР передбачає проведення дослідження впливу затримок в каналах передачі інформації на характер управління при збуреннях в енергосистемах. Параметри енергосистем та типи збурення визначаються лектором для кожного студента індивідуально.

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Запізнення в об'єктах управління та його вплив на динаміку оптимальних по швидкодії систем
2. Методи оптимального управління об'єктами із запізненням
3. Класифікація об'єктів із запізненням
4. Рівняння динаміки об'єктів із запізненням в часовому просторі
5. Опис динамічних властивостей об'єктів із запізненням в певній області
6. Задачі синтезу. Знаходження оптимального закону управління
7. Реалізація оптимального регулятора. Модальні цифрові регулятори
8. Синтез регуляторів систем автоматичного управління об'єктами із запізненням
9. Стійкість систем із запізненням. Ланки з розподіленими параметрами
10. Оцінка якості роботи системи автоматичного регулювання із запізненням

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у НАКАЗІ № 7-177 від 01.10.2020 ПРО ЗАТВЕРДЖЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ПРО ВИЗНАННЯ В КПІ ІМ. ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ, НАБУТИХ У НЕФОРМАЛЬНІЙ/ІНФОРМАЛЬНІЙ ОСВІТІ

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф. кафедри автоматизації енергосистем ФЕА, д.т.н. Яндульським О.С.

Ухвалено кафедрою автоматизації енергосистем ФЕА (протокол №11 від 22.06.20)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол №8 від 23.06.20 р.)

¹Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.