



КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>V курс</i>
Обсяг дисципліни	<i>180 годин / 6 кредитів 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: к.т.н., доцент Бур'ян Сергій Олександрович, 0508403155 Практичні заняття: к.т.н., доцент Бур'ян Сергій Олександрович, 0508403155</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=1771</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни «Керування процесами» складено відповідно до освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки магістрів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

***Метою навчальної дисципліни** є підсилення у студентів наступних здатностей: ФК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; ФК17 Здатність розробляти енергоефективні електромеханічні системи керування за допомогою методів оптимізації, прогнозування та штучного інтелекту.*

***Предмет навчальної дисципліни** – методи синтезу регуляторів для систем керування технологічними координатами гідравлічних, теплових та інших процесів, що в свою чергу є запорукою отримання якісного вихідного продукту.*

***Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна:** ПРН02. Відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні; ПРН03. Опанувати нові версії або нове*

програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; ПРН07. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; ПРН22. Розробляти нечіткі регулятори, нейронні мережі, генетичні алгоритми, оцінювачі технологічних координат та параметрів для електромеханічних систем автоматичного керування та електроприводів, виконувати цифрову обробку сигналів в електромеханічних системах; ПРН26. Застосовувати методи оптимізованого та прогнозного керування при розробці нових електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, систем керування електричними транспортними засобами.

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

Дисципліна потребує знання окремих розділів дисциплін «Теорія автоматичного керування» (Перетворення структурних схем, складання структурних схем за диференційними рівняннями, синтез типових законів регулювання, визначення стійкості лінійних систем), «Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування» (Синтез нелінійних законів регулювання, визначення стійкості нелінійних систем), «Керування електроприводами» (Частотне та векторне керування асинхронними електродвигунами), «Інтелектуальне керування та оптимізація в електромеханічних системах» (нейронні мережі, оптимізація).

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Вступ до керування процесами

Тема 1.1. *Поняття про процеси та керування ними*

Тема 1.2. *Класифікація стратегій керування процесами*

Тема 1.3. *Ієрархія процесів керування*

Тема 1.4. *Принципи побудови математичних моделей процесів*

Розділ 2. Динаміка процесів

Тема 2.1. *Математичні моделі процесів у вигляді передавальних функцій та їх аналіз*

Тема 2.2. *Динаміка процесів першого та другого порядку*

Тема 2.3. *Динаміка складних процесів*

Тема 2.4. *Отримання емпіричних моделей процесів*

Розділ 3. Замкнені системи керування процесами

Тема 3.1. *Регулятори та зворотні зв'язки при керуванні процесами*

Тема 3.2. *Інструментарій для організації керування процесами*

Тема 3.3. *Надійність та безпека керування процесами*

Тема 3.4. *Динаміка та стійкість замкнених систем керування процесами*

Тема 3.5. *Принципи налаштування регуляторів*

Тема 3.6. *Стратегії керування процесами на рівні технологічного блоку*

Тема 3.7. *Частотний аналіз та проектування систем керування процесами*

Тема 3.8. *Випереджаюче керування процесами*

Розділ 4. Передові технології керування процесами

Тема 4.1. *Вдосконалені стратегії керування одноконтурними процесами*

Тема 4.2. *Дискретизація, фільтрація та керування*

Тема 4.3. *Керування багатоконтурними процесами та процесами з багатьма змінними*

Тема 4.4. *Оптимізація у режимі реального часу*

Тема 4.5. *Прогнозне керування процесами*

Тема 4.6. *Моніторинг процесів*

Тема 4.7. *Групове керування процесами*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Seborg, Dale E. *Process dynamics and control / Dale E. Seborg ... [et al.] –4th ed., 2017. ISBN 978-1-119-28591-5*
2. Я.І. Проць, О.А. Данилюк, Т.Б. Лобур *Автоматизація неперервних технологічних процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТДТУ ім. Пулюя, 2008. – 239с.*
3. *Instrumental fundamentals for process control / by Douglas O.J. deSa. 2000. ISBN 1-56032-901-7*
4. *Process Control: Modeling, Design and Simulation / by B. Wayne Bequette. – 2002. ISBN 0-13-353640-8*

Додаткова література

5. *Process Control Systems: Application, Design, Adjustment / by F.G. Shinskey*
6. *Process Control Fundamentals [Електронний ресурс]: Instrumentation & Control: Process Control Fundamentals – Електрон. дані (1 файл). – 73 с. - Режим доступу: <http://www.paccontrol.com/download/Process%20Control%20Fundamentals.pdf>*

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)
1-2	<p>Розділ 1. Вступ до керування процесами</p> <p>Тема 1.1. Поняття про процеси та керування ними Загальні відомості про процеси. Типові проблеми, що виникають при керуванні процесами. Приклад процесу – процес змішування речовин.</p> <p>Тема 1.2. Класифікація стратегій керування процесами Типові стратегії керування процесами. Приклад складного процесу – процес дистиляції. Література: [1, с. 2-5].</p>
3-4	<p>Тема 1.3. Ієрархія процесів керування</p> <p>Тема 1.4. Принципи побудови математичних моделей процесів Література: [1, с. 8-13].</p>
5-6	<p>Розділ 2. Динаміка процесів</p> <p>Тема 2.1. Математичні моделі процесів у вигляді передавальних функцій та їх аналіз Застосування перетворення Лапласа у керуванні процесами. Передавальні функції типових процесів. Властивості передавальних функцій процесів.</p> <p>Тема 2.2. Динаміка процесів першого та другого порядку Вхідні сигнали типових процесів. Динаміка процесів першого порядку. Лінеаризація нелінійних моделей процесів. Література: [1, с. 40-79].</p>
7-8	<p>Розділ 3. Замкнені системи керування процесами</p> <p>Тема 3.1. Регулятори та зворотні зв'язки при керуванні процесами Вступ до замкнених систем керування. Основні способи керування замкненими системами. Застосування ПІД-регуляторів. Релейні регулятори. Динаміка процесів з регуляторами.</p>

	<i>Література: [1, с. 134-145].</i>
9-10	Тема 3.4. Динаміка та стійкість замкнених систем керування процесами <i>Представлення процесів у вигляді структурних схем. Передавальні функції замкнених систем керування процесами. Стійкість замкнених систем керування процесами.</i> <i>Література: [1, с. 183-200].</i>
11-12	Тема 3.5. Принципи налаштування регуляторів <i>Показники якості замкнених систем керування процесами. Налаштування коефіцієнтів регуляторів. Регулятори з двома ступенями свободи. Он-лайн налаштування регуляторів.</i> <i>Література: [1, с. 210-228].</i>
13-14	Розділ 4. Передові технології керування процесами Тема 4.1. Вдосконалені стратегії керування одноконтурними процесами <i>Каскадне керування процесами. Компенсація технологічних затримок процесів. Інференційне керування. Нелінійне керування процесами.</i> <i>Література: [1, с. 289-306].</i>
15-16	Тема 4.2. Дискретизація, фільтрація та керування <i>Дискретизація процесів та відновлення сигналів. Обробка сигналів та їх фільтрація. Z-перетворення для цифрових систем. Налаштування цифрових ПІД-регуляторів.</i> <i>Література: [1, с. 316-335].</i>
17-18	Тема 4.3. Керування багатоконтурними процесами та процесами з багатьма змінними <i>Взаємодія різних процесів та різних контурів керування. Створення пари регульованих величин. Налаштування багатоконтурної системи з ПІД-регулятором. Стратегії для керування системами з багатьма змінними.</i> <i>Література: [1, с. 341-359].</i>

Практичні заняття

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми заняття та перелік основних питань</i>
1	<i>Практичне заняття №1. Математичні моделі процесів у вигляді передавальних функцій та їх аналіз. Складання математичних моделей типових процесів у середовищі Matlab/Simulink.</i> <i>Література: [1, с. 40-79].</i>
2-3	<i>Практичне заняття №2-3. Моделювання типових процесів, що описуються аперіодичними ланками.</i> <i>Література: [1, с. 81-91].</i>
4-5	<i>Практичне заняття №4-5. Динаміка процесів першого та другого порядку. Дослідження процесу другого порядку у середовищі Matlab/Simulink.</i> <i>Література: [1, с. 81-91].</i>
6-7	<i>Практичне заняття №6-7. Регулятори та зворотні зв'язки при керуванні процесами. Моделювання замкненої системи керування процесом.</i> <i>Модульна контрольна робота 1.</i> <i>Література: [1, с. 134-145].</i>
8-9	<i>Практичне заняття №8-9. Розробка системи керування тепловим процесом. Моделювання режимів роботи системи.</i> <i>Література: [1, с. 134-145].</i>

10-11	Практичне заняття №10-11. Динаміка та стійкість замкнених систем керування процесами. Дослідження динаміки та стійкості різних технологічних процесів. Література: [1, с. 183-200].
12-13	Практичне заняття №12-13. Середовище для розробки систем керування гідравлічними процесами – SimHydraulics. Створення простих моделей керування насосними установками. Література: [1, с. 183-200].
14-15	Практичне заняття №14-15. Середовище для розробки систем керування гідравлічними процесами – SimHydraulics. Створення гідромереж. Література: [1, с. 183-200].
16-17	Практичне заняття №16-17. Вдосконалені стратегії керування одноконтурними процесами. Модульна контрольна робота №2. Література: [1, с. 289-306].
18	Залікова контрольна робота.

Розрахунково-графічна робота (РГР)

У якості індивідуального завдання студенти виконують розрахунково-графічну роботу (РГР). Кожному студенту видається окремий варіант технологічного процесу, до якого необхідно синтезувати регулятор технологічної координати, скласти структурну схему, виконати дослідження методом математичного моделювання та перевірити стійкість розробленої системи. Метою РГР є закріплення у студентів сформованих на лекціях та практичних заняттях здатностей, знань та умінь.

Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Розділ 2. Тема 2.3. Динаміка складних процесів	2
2	Розділ 2. Тема 2.4. Отримання емпіричних моделей процесів	2
3	Розділ 3. Тема 3.2. Інструментарій для організації керування процесами	2
4	Розділ 3. Тема 3.3. Надійність та безпека керування процесами	2
5	Розділ 3. Тема 3.6. Стратегії керування процесами на рівні технологічного блоку	2
6	Розділ 3. Тема 3.7. Частотний аналіз та проектування систем керування процесами	2
7	Розділ 3. Тема 3.8. Випереджаюче керування процесами	2
8	Розділ 4. Тема 4.4. Оптимізація у режимі реального часу	2
9	Розділ 4. Тема 4.5. Прогнозне керування процесами	2
10	Розділ 4. Тема 4.6. Моніторинг процесів	2
11	Розділ 4. Тема 4.7. Групове керування процесами	2
12	Виконання та захист РГР	10
13	Підготовка до МКР	2
14	Підготовка до заліку	6

6. Контрольні роботи

Метою контрольних робіт є закріплення та перевірка теоретичних знань із кредитного модуля, набуття студентами навичок самостійного вирішення поставлених задач.

Одна модульна контрольна робота (МКР) розбивається на дві контрольні роботи тривалістю в одну годину. Контрольні роботи проводяться на практичних заняттях. Кожен студент отримує індивідуальне завдання, на яке відповідає в письмовій формі. Перша контрольна робота проводиться в кінці другого розділу і присвячена теоретичним та практичним питанням цього розділу. Студенти повинні продемонструвати можливість самостійно отримати математичний опис заданого процесу у вигляді функціональної схеми. Друга контрольна робота проводиться в кінці вивчення третього розділу. На цій МКР студенти повинні продемонструвати вміння самостійно синтезувати систему автоматичного керування заданим технологічним процесом.

Політика та контроль

6. 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;

- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явиться на МКР (без поважної причини), 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;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Поточний контроль: тестування, МКР, виконання завдань до практичних занять та РГР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу.

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 30 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Менше 30	Не допущено

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

- тестування по кожному лекційному заняттю;
- виконання завдань до практичних занять;
- виконання та захист розрахунково-графічної роботи;
- виконання модульних контрольних робіт (МКР);

Тестування по лекціям	Практичні заняття	РГР	МКР 1	МКР 2
18	18	40	12	12

Тестування по матеріалам лекційних занять

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів за тестування – 1 бал * 18 лекцій = 18 балів.

Тестування проводиться у системі дистанційного навчання Moodle та доступне протягом 2 робочих днів після завершення поточної лекції. У деяких випадках термін проходження тестування може бути продовжений лектором. Тривалість проходження одного тестування – 10 хвилин. Кількість спроб – одна. У деяких випадках, що пов'язані з технічними проблемами студентів, може надатися повторна спроба на окремі тестування.

Кожне тестування містить 10 запитань різного формату (вибір правильного варіанту з переліку; вірно/невірно; визначити відповідність; чисельна відповідь; вибір пропущених слів; перетаскування на зображення тощо).

Критерії оцінювання

- запитання типу «вибір правильного варіанту з переліку», «вірно/невірно», «чисельна відповідь» оцінюються однозначно: вірна відповідь – 0,1 бал, невірна відповідь – 0 балів;
- запитання, на які немає однієї конкретної відповіді, типу «визначити відповідність», «вибір пропущених слів», «перетаскування на зображення» оцінюються у відповідності до кількості елементів у тесті (наприклад, якщо треба вставити 4 слова у текст, то студент отримає по 0,025 балів за одне правильне вставлене слово, а за всі 4 правильно вставлені слова отримає відповідно 0,1 бал) – невірна відповідь – 0 балів, частково вірна відповідь – 0,01-0,09 балів, вірна відповідь 0,1 бал.

Практичні заняття

Ваговий бал –1. Максимальна кількість балів за всі практичні заняття – 1 бал * 18 занять = 18 балів.

На практичних заняттях студенти разом із викладачем розв'язують завдання за тематикою практичного заняття. Після кожного практичного заняття студенти отримують домашнє завдання, яке необхідно вирішити та надати на перевірку викладачу

до початку наступного заняття (зазвичай це 2 тижні, однак іноді цей час може бути змінений викладачем у деяких конкретних випадках).

Перше практичне заняття, зазвичай, поводитьсь коли лекційний матеріал ще не начитаний, тому його тематика не пов'язана з конкретними темами дисципліни, а направлена на перевірку логічного мислення студентів та можливості інтуїтивно, без знань методів синтезу, скласти схеми для простих логічних задач.

Критерії оцінювання

- домашнє завдання вирішено вірно та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 1 бал;
- домашнє завдання вирішено вірно, але здано протягом більш ніж 2-х тижнів після практичного заняття – 0,5 бали;
- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом 2-х тижнів після практичного заняття – 0,8 бали;
- домашнє завдання вирішено із незначними помилками та здано протягом більш ніж 2-х тижнів після практичного заняття – 0,2 балів;
- домашнє завдання вирішено із значними помилками – повертається на доопрацювання.

Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – 20. Максимальна кількість балів за 2 частини РГР – 40.

Розрахунково-графічна робота (РГР) оформлюється та здається окремо у визначений лектором термін.

До захисту на максимальний бал допускаються студенти, які у визначений викладачем термін виконали РГР та оформили її у відповідності до встановлених вимог. При здачі РГР на перевірку після встановленого терміну максимальний бал за захист РГР зменшується вдвоє.

Критерії оцінювання РГР:

- своєчасна здача роботи, розуміння представленого матеріалу, повні відповіді на запитання до захисту – 35-40 балів;
- своєчасна здача роботи, розуміння представленого матеріалу, відповіді на запитання до захисту з деякими неточностями – 20-34 бали;
- - своєчасна здача роботи, не повне розуміння представленого матеріалу, відповіді на запитання до захисту з значними неточностями – 0-19 балів.
- робота виконана, але студент взагалі не орієнтується у матеріалі/робота виконана із значними помилками – на доопрацювання.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал за одну МКР – 12. Максимальний бал за 2 МКР складає 24 бали.

Критерії оцінювання

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 11-12 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 6-10 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 0-5 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 3 бали) або відсутність під час проведення роботи – 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 зарахована РГР та здані усі завдання до практичних занять. 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. Залікова робота проводиться на останньому лекційному занятті. Студент проходить тестування у середовищі Moodle. На тестування пропонується 100 тестових, кожне з яких оцінюється в 1 бал. Для отримання позитивної оцінки необхідно набрати 60 балів і вище. Час тестування зазвичай складає 100 хвилин, але може бути скоригований лектором та (або) викладачам, що приймає залік.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, к.т.н. Бур'яном С.О.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 7 від 13.01.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №5 від 26.01.2023 р.)