



МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</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>IV курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>135 годин / 4,5 кредитів ECTS</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/МКР</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881</i> Лабораторні: <i>д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881</i>
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» складено відповідно до освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є посилення та закріплення у студентів наступних здатностей: (K01) здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу; (K11) здатність вирішувати практичні задачі із застосуванням систем автоматизованого проектування і розрахунків (САПР); (K22) здатність використовувати математичні методи та методи теорії автоматичного керування при дослідженні лінійних та нелінійних систем, проводити аналіз

показників якості, синтезувати П, ПД, ПІ, ПІД та інші регулятори, скласти та аналізувати структурні схеми систем автоматичного керування; (K23) здатність застосовувати пакети моделюючих програм для аналізу, синтезу та дослідження електромеханічних систем автоматизації та електроприводів;

(K25) здатність здійснювати розрахунки механічної частини електропривода, механічних перехідних процесів, розраховувати параметри двигунів постійного та змінного струму, виконувати їх моделювання та аналіз;

(K26) здатність вирішувати комплексні проблеми, пов'язані із керуванням автоматизованими електроприводами різноманітних технологічних застосувань з електроприводами постійного та змінного струму.

Предмет навчальної дисципліни – алгоритми керування електромеханічними перетворювачами різних типів, а також динамічні, статичні та енергетичні показники якості електромеханічних систем побудованих на їх основі, в тому числі з врахуванням напівпровідникових перетворювачів напруги.

Програмні результати навчання, на покращення яких спрямована дисципліна:

Компетенції: (ПР03) знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР22) знати і розуміти основи перетворення координат та принципів частотного та векторного керування електромеханічними системами; (ПР25) знати способи підвищення ефективності алгоритмів керування електроприводами, електромеханічними системами, основи теорії електромобільності; (ПР26) знати і розуміти закони перетворення структурних схем, типові закони керування, методи дослідження стійкості лінійних систем автоматичного керування; типові бібліотеки блоків Simulink, основи програмування у М-файлах..

Уміння: (ПР06) застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесорну техніку для вирішення практичних проблем у професійній діяльності; (ПР07) здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах; (ПР09) уміти оцінювати енергоефективність та надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем;

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти дисциплінами «Автоматизований електропривод», «Електропривод», «Керування електроприводами», «Теорія автоматичного керування», «Математичні методи в електромеханіці», «Електричні машини», «Нелінійні та дискретні системи автоматичного керування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на **2 розділи**, а саме:

Розділ 1. Математичні моделі елементів електромеханічних систем

Тема 1.1. Загальні відомості про моделювання електромеханічних систем.

Тема 1.2. Моделі двигунів постійного струму.

Тема 1.3. Моделі двигунів змінного струму.

Тема 1.4. Генерування типових траєкторій заданих сигналів.

Тема 1.5. Альтернативні пакети моделюючих програм.

Тема 1.6. Моделювання електромеханічних систем на основі двигунів постійного струму.

Тема 1.7. Моделювання транзисторних перетворювачів електромеханічних систем в SimPowerSystems.

Тема 1.8. Динамічні моделі деяких технологічних об'єктів. Одномасовий технологічний об'єкт з постійним моментом інерції. Двомасовий технологічний об'єкт з пружністю. Одноланковий маніпулятор у вертикальній площині. Одноланковий маніпулятор з пружністю. Маса-пружна система.

Розділ 2. Моделювання електромеханічних систем на основі двигунів змінного струму

Тема 2.1. Моделювання алгоритму частотного керування асинхронним двигуном.

Тема 2.2. Моделювання системи непрямого векторного керування асинхронними двигунами: стандартне векторне керування.

Тема 2.3. Моделювання системи непрямого векторного керування асинхронними двигунами: керування з компенсаціями перехресних зв'язків.

Тема 2.4. Моделювання системи прямого векторного керування.

Тема 2.5. Моделювання систем векторного керування в режимі ослаблення поля.

Тема 2.6. Дослідження робастності систем векторного керування.

Тема 2.7. Моделювання систем векторного керування синхронними двигунами з постійними магнітами.

Тема 2.8. Моделювання систем керування моментом та модулем вектора потокозчеплення.

Тема 2.9. Моделювання систем регулювання кутового положення.

Тема 2.10. Моделювання з врахуванням обмежень регуляторів та елементів електромеханічних систем.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. H. Abu-Rub High performance control of AC drives with MATLAB/Simulink models /H. Abu Rub, A. Iqbal, J. Guzinski. // John Wiley & Sons. –2012. –492p.

2. Чорний О. П. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О. П., Луговой А. В., Д. Й. Родькін, Сисюк Г. Ю., Садовой О. В. – Кременчук. –2001. –376 с.

3. Островерхов М. Я., Пижов В. М. Моделювання електромеханічних систем в «SIMULINK» / Навч. посібник для студентів вищих технічних закладів. –К.: ВД «Стилос», 2008. –528 с.

4. Теорія електропривода / За ред. М.Г. Поповича.- К.: Вища школа, 1993.-494 с.

5. Теорія мехатронних систем – 1: Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи для студентів заочної форми навчання напряму підготовки 6.050702 – "Електромеханіка" спеціальності "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" / Уклад: С. М. Пересада, С. М. Ковбаса. –К.: НТУУ "КПІ", 2011 р. –96 с.

6. Автоматизація електромеханічних систем-2. Конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.050702 – "Електромеханіка" спеціальності "Електромеханічні системи автоматизації та електропривод" / Уклад: С. М. Пересада, –К.: каф. АЕМС-ЕП НТУУ "КПІ", 2014 р. –90 с.

7. Krashnan, R. Electric motor drives: modeling, analysis and control /R. Krishnan // Prentice Hall. – 2001. 653 p.

8. Bose B. K. Power Electronics and Variable Frequency Drives. –IEEE Press, 1997. –639p.

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	Тема 1.1. Загальні відомості про моделювання електромеханічних систем.
2	Тема 1.2. Моделі двигунів постійного струму.
3	Тема 1.3. Моделі двигунів змінного струму.
4	Тема 1.4. Генерування типових траєкторій заданих сигналів.
5	Тема 1.5. Альтернативні пакети моделюючих програм.
6	Тема 1.6. Моделювання електромеханічних систем на основі двигунів постійного струму.
7	Тема 1.7. Моделювання транзисторних перетворювачів електромеханічних систем в SimPowerSystems.
8	Тема. 1.8. Динамічні моделі деяких технологічних об'єктів. Одномасовий технологічний об'єкт з постійним моментом інерції. Двомасовий технологічний об'єкт з пружністю. Одноланковий маніпулятор у вертикальній площині. Одноланковий маніпулятор з пружністю. Масо-пружна система.
9	Тема 2.1. Моделювання алгоритму частотного керування асинхронним двигуном.
10	Тема 2.2. Моделювання системи непрямого векторного керування асинхронними двигунами: стандартне векторне керування
11	Тема 2.3. Моделювання системи непрямого векторного керування асинхронними двигунами: керування з компенсаціями перехресних зв'язків.
12	Тема 2.4. Моделювання системи прямого векторного керування.
13	Тема 2.5. Моделювання систем векторного керування в режимі ослаблення поля.
14	Тема 2.6. Дослідження робастності систем векторного керування.
15	Тема 2.7. Моделювання систем векторного керування синхронними двигунами з постійними магнітами.
16	Тема 2.8. Моделювання систем керування моментом та модулем вектора потокозчеплення.
17	Тема 2.9. Моделювання систем регулювання кутового положення.
18	Тема 2.10. Моделювання з врахуванням обмежень регуляторів та елементів електромеханічних систем.

Лабораторні роботи

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Дослідження електромеханічних властивостей двигунів постійного струму методом математичного моделювання.
2	Дослідження електромеханічних властивостей асинхронних двигунів
3	Дослідження електромеханічних властивостей синхронних двигунів

4	<i>Дослідження електромеханічних систем при відпрацюванні типових керуючих дій методом математичного моделювання</i>
5	<i>Дослідження системи частотного керування асинхронними двигунами</i>
6	<i>Дослідження роботи напівпровідникових перетворювачів електромеханічних систем методом математичного моделювання</i>
7	<i>Дослідження системи підпорядкованого керування двигуном постійного струму методом математичного моделювання</i>
8	<i>Дослідження систем непрямого векторного керування асинхронними двигунами методом математичного моделювання.</i>
9	<i>Дослідження системи прямого векторного керування методом математичного моделювання.</i>
10	<i>Дослідження властивостей робастності систем векторного керування методом математичного моделювання.</i>
11	<i>Дослідження системи векторного керування координатами синхронного двигуна з постійними магнітами методом математичного моделювання.</i>
12	<i>Дослідження систем керування кутовим положенням методом математичного моделювання.</i>

Розрахунково-графічна робота (РГР)

Студенти виконують розрахунково-графічну роботу яка полягає у дослідженні властивостей робастності спостерігача магнітного потоку ротора до параметричних збурень. Для цього кожному студенту у відповідності до варіанту видаються рівняння спостерігача, а також тип асинхронного двигуна, для кого необхідно виконати дослідження. В процесі виконання РГР студенти набувають навичок щодо створення моделюючих програми, налаштування спостерігачів та дослідження їх властивостей методом математичного моделювання.

6. Самостійна робота студента

<i>№з/п</i>	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	27
2	<i>Виконання та захист РГР</i>	10
3	<i>Підготовка до МКР</i>	10
4	<i>Підготовка до заліку</i>	16

6. Контрольні роботи

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

При вивченні кредитного модуля приводиться одна модульна контрольна робота (МКР). Контрольні роботи проводяться на лекційних заняттях. Кожен студент отримує індивідуальне завдання, на яке відповідає в письмовій формі. Тематика контрольних робіт присвячена аналізу графіків перехідних процесів та встановленню на їх основі властивостей та показників якості систем керування двигунами змінного струму. На модульній контрольній роботі студент має відповісти на короткі запитання за варіантом графіків перехідних процесів.

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;*
- *політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився 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 «Моделювання електромеханічних систем»;*
- *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.*

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

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, виконання та захист лабораторних робіт та РГР.

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

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:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання та захист розрахунково-графічної роботи;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Лабораторні заняття	РГР	МКР
18	36	16	30

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

Ваговий бал 1. Максимальна кількість балів на всіх лекціях – 1 бал * 18 = 18 балів.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 1 бал;
- частково вірна відповідь – 0.5 балів;
- невірна відповідь – 0 балів;

Лабораторні роботи

Ваговий бал –4.

Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи – 4 бали * 9 = 36 балів.

Критерії оцінювання

- повне і вчасне виконання роботи – 2 бали;
- неповне виконання роботи – 1 бал;
- вчасний захист роботи на наступному занятті з повними відповідями на запитання (до 3-х запитань) – 2 бали;
- невчасний захист роботи з повними відповідями на запитання – 1 бал;
- невчасний захист роботи та незадовільні відповіді на запитання – 0 балів.

Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – 16.

Максимальна кількість балів за РГР – 16.

Критерії оцінювання

виконання та оформлення

- результати виконаних досліджень є коректними та оформлені належним чином – 8 балів;
- сумнівні результати дослідження та/або неякісне оформлення 3 – 7 балів;
- невірні результати досліджень – 0 балів.

захист РГР

на захисті студенту задається чотири запитання, вірна відповідь на кожне з яких оцінюється у 2 два бали.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР – 30.

Максимальний бал за МКР – 30.

Критерії оцінювання

На модульній контрольній роботі студент має відповісти на 15 коротких запитань, вірна відповідь на кожне з яких оцінюється у 2 бали, часткова відповідь – 1 бал, відсутність відповіді або невірна відповідь – 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 повний конспект лекцій, виконані та захищені лабораторні 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 частин. Перша частина полягає у налаштування моделюючої програми для дослідження динамічних, статичних та енергетичних характеристик системи векторного керування для заданих параметрів двигуна та умов тесту. Друга частина полягає у відповіді на 10 коротких запитань про показники якості досліджуваної системи векторного керування.

Критерії оцінювання заліку

- моделююча програма запускається є працездатною і демонструє для досліджуваної системи коректні результати – 10 балів;
- параметри двигуна введено вірно – 10 балів;
- умови тесту налаштовано вірно – 10 балів;
- вірна відповідь на кожне з десяти запитань – 7 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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 доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, д.т.н. Ковбасою С. М.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 6 від 28.12.2022)

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