



Практикум з програмно-апаратної реалізації електромеханічних систем

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>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>I курс, весняний семестр</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/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881 Практичні: 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 «Практикум з програмно-апаратної реалізації електромеханічних систем» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки магістрів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є підсилення у студентів наступних здатностей: здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність виявляти та оцінювати ризики.

Предмет навчальної дисципліни – електромеханічні системи електричних транспортних засобів, які включають в себе нові електромеханічні перетворювачі, засоби силової електроніки, методи керування та обробки сигналів, а також проблематика сучасних наукових досліджень в області електромеханічних систем електричних транспортних засобів.

Програмні результати навчання на підсилення яких спрямовано освітній компонент:

Компетенції: ЗК08. Здатність працювати автономно та в команді. ФК1. Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач електроенергетики, електротехніки та

електромеханіки. ФК4. Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки ФК5. Здатність здійснювати аналіз техніко-економічних показників та експертизу проектно-конструкторських рішень в області електро-енергетики, електротехніки та електромеханіки. ФК12. Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електро-енергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів. ФК14. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем. ФК19. Здатність використовувати промислові контролери середнього та високого рівнів для розв'язання задач автоматизації технічних систем і побудови автоматизованих електромеханічних та електротехнічних систем керування ФК20. Здатність використовувати стандартизовані мови та підходи до програмування автоматизованих електромеханічних систем.

Уміння: ПРН20. Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами. ПРН24. Проектувати системи автоматизації з використанням сучасного програмного забезпечення, промислових контролерів та інтелектуальних панелей. ПРН27. Розуміти процеси керування перетворенням енергії у електричному транспорті та проектувати на їх основі мікроконтролерні системи керування та електроприводи для тролейбусів, трамваїв та вагонів метрополітену.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Практичним курсом іншомовного ділового спілкування», оскільки значна частина новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, закріплені в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого проходження практики на виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Кожне лекційне заняття присвячується розгляду практичних аспектів реалізації складових електромеханічних систем. Практичні заняття мають тематику відповідних лекційних занять. На практичних заняттях студенти самостійно реалізують схемотехнічні та програмні рішення. Дисципліну структурно розділено на **3 розділи**, а саме: **Розділ 1. Реалізація пристроїв силової електроніки**

Тема 1.1. Розімкнене регулювання струму за допомогою чопера з широтно-імпульсною модуляцією.

Тема 1.2. Керування перетворювачем напруги на чотирьох транзисторах з широтно-імпульсною модуляцією.

Тема 1.3. Реалізація векторної ШІМ для трифазного інвертора.

Тема 1.4. Вимірювання сигналів струму та напруги.

Тема 1.5. Вимірювання кутової швидкості та положення.

Розділ 2. Реалізація систем керування

Тема 2.1. Основи реалізації систем керування на мікроконтролерах. Цикл реального часу.

Тема 2.2. Представлення рівнянь алгоритмів керування в розрахунковій формі.

Тема 2.3. Програмна реалізація фільтрів.

Тема 2.4. Організація обчислень в цілочисельній арифметиці.

Тема 2.5. Програмно-апаратна реалізація розімкненої системи регулювання температури.

Тема 2.6. Реалізація П, ПІ, ПІД регуляторів температури.

Тема 2.7. Реалізація системи керування двигуном постійного струму.

Розділ 3. Комунікації та телеметрія в електромеханічних системах

Тема 3.1. Реалізація підключення пристроїв керування до персонального комп'ютера.

Тема 3.2. Розробка програмного забезпечення для налаштування пристроїв керування.

Тема 3.3. Основи візуалізації перехідних процесів на комп'ютері.

Тема 3.4. Організація бездротового підключення до пристроїв керування.

Тема 3.5 Організація обміну даними між мікроконтролером та зовнішньою EEPROM по інтерфейсу SPI.

Тема 3.6. Реалізація годинника реального часу.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. TMS320F28235/28234/28232 Digital Signal Controllers (DSCs) / Literature Number: SPRS439E. Texas Instruments. USA. –2008. –174с.

2. Айфічер Е. С. Цифрова обробка сигналів: практичний підхід / Е. С. Айфічер, Б. У. Джервіс., 2004. – 992 с. – (Видавничий дім "Вільямс"). Загірняк М.В., Клепіков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. Київ: НАН України, 2018. 310 с.

3. Розробка енергоефективної електромеханічної системи електробусу на основі адаптивного векторно-керованого асинхронного електроприводу з акумуляторно-суперконденсаторним живленням: звіт про НДР / НТУУ "КПІ". № ДР 0117U004284. Київ, 2018. Том 1. 472 с.

4. M. Ehsani, Y. Gao, S. Longo, K. M. Ebrahimi Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. Third edition. – CRC Press, 2018, –573р.

5. Ковбаса С. М. Розвиток теорії бездавачевого векторного керування електромеханічними системами з асинхронними двигунами.: Дис. докт. техн. наук: 05.09.03. Київ. 2020.

6. A. Emadi Handbook of Automotive Power Electronics and Motor Drives. –CRC Press. 2005. –668р.

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. Реалізація пристроїв силової електроніки	
1	Тема 1.1. Розімкнене регулювання струму за допомогою чопера з широтно-імпульсною модуляцією.
2	Тема 1.2. Керування перетворювачем напруги на чотирьох транзисторах з широтно-імпульсною модуляцією.
3	Тема 1.3. Реалізація векторної ШІМ для трифазного інвертора.

4	Тема 1.4. Вимірювання сигналів струму та напруги.
5	Тема 1.5. Вимірювання кутової швидкості та положення.
Розділ 2. Реалізація систем керування	
6	Тема 2.1. Основи реалізації систем керування на мікроконтролерах. Цикл реального часу.
7	Тема 2.2. Представлення рівнянь алгоритмів керування в розрахунковій формі.
8	Тема 2.3. Програмна реалізація фільтрів.
9	Тема 2.4. Організація обчислень в цілочисельній арифметиці.
10	Тема 2.5. Програмно-апаратна реалізація розімкненої системи регулювання температури.
11	Тема 2.6. Реалізація П, ПІ, ПІД регуляторів температури.
12	Тема 2.7. Реалізація системи керування двигуном постійного струму.
Розділ 3. Комунікації та телеметрія в електромеханічних системах	
13	Тема 3.1. Реалізація підключення пристроїв керування до персонального комп'ютера.
14	Тема 3.2. Розробка програмного забезпечення для налаштування пристроїв керування.
15	Тема 3.3. Основи візуалізації перехідних процесів на комп'ютері.
16	Тема 3.4. Організація бездротового підключення до пристроїв керування.
17	Тема 3.5. Організація обміну даними між мікроконтролером та зовнішньою EEPROM по інтерфейсу SPI.
18	Тема 3.6. Реалізація годинника реального часу.

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
Розділ 1. Реалізація пристроїв силової електроніки	
1	Тема 1.1. Розімкнене регулювання струму за допомогою чопера з широтно-імпульсною модуляцією.
2	Тема 1.2. Керування перетворювачем напруги на чотирьох транзисторах з широтно-імпульсною модуляцією.
3	Тема 1.3. Реалізація векторної ШІМ для трифазного інвертора.
4	Тема 1.4. Вимірювання сигналів струму та напруги.
5	Тема 1.5. Вимірювання кутової швидкості та положення.
Розділ 2. Реалізація систем керування	
6	Тема 2.1. Основи реалізації систем керування на мікроконтролерах. Цикл реального часу.
7	Тема 2.2. Представлення рівнянь алгоритмів керування в розрахунковій формі.
8	Тема 2.3. Програмна реалізація фільтрів.
9	Тема 2.4. Організація обчислень в цілочисельній арифметиці.
10	Тема 2.5. Програмно-апаратна реалізація розімкненої системи регулювання температури.
11	Тема 2.6. Реалізація П, ПІ, ПІД регуляторів температури.
12	Тема 2.7. Реалізація системи керування двигуном постійного струму.
Розділ 3. Комунікації та телеметрія в електромеханічних системах	
13	Тема 3.1. Реалізація підключення пристроїв керування до персонального комп'ютера.

14	Тема 3.2. Розробка програмного забезпечення для налаштування пристроїв керування.
15	Тема 3.3. Основи візуалізації перехідних процесів на комп'ютері.
16	Тема 3.4. Організація бездротового підключення до пристроїв керування.
17	Тема 3.5 Організація обміну даними між мікроконтролером та зовнішньою EEPROM по інтерфейсу SPI.
18	Тема 3.6. Реалізація годинника реального часу.

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	72
2	Виконання РГР	20
3	Підготовка до МКР	6
4	Підготовка до заліку	10

6. Розрахунково-графічна робота

Студенти виконують розрахунково-графічну роботу яка полягає у програмно-апаратній реалізації електромеханічної системи керування температурою технологічного об'єкта. РГР виконується у вигляді звіту про розробку апаратної частини та програмного забезпечення. Кожному студенту видається свій варіант параметрів технологічного об'єкта та збурення що на нього діють. Програмна реалізація здійснюється на платах NUVOTON і передбачає також розробку інтерфейса користувача для налаштування та керування розробленою системою.

7. Контрольні роботи

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

Проводиться одна модульна контрольна робота (МКР) Основні варіанти завдань.

1. Програмна реалізація фільтру на основі аперіодичної ланки.
2. Програмна реалізація ПІД регулятора.
3. Апаратна реалізація підключення EEPROM та реалізація обміну даними.
4. Апаратна реалізація підключення RTC та реалізація обміну даними.
5. Реалізація релейного регулятора температури.

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 «Електромеханічні системи електричних транспортних засобів»;*

• *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 (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, робота на практичних та лабораторних заняттях.

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

Семестровий контроль: залік.

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг більше 25 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;
- робота на практичних заняттях;
- виконання та захист лабораторних робіт;
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	Робота на практичних заняттях	РГР	МКР
18	54	18	10

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 бала;
- частково вірна відповідь – 0.5 балів;
- невірна відповідь – 0 балів;

Робота на практичних заняттях

Ваговий бал –1. Максимальна кількість балів на всіх заняттях – 3 балів * 18 = 54 бали.

Критерії оцінювання

- самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття –3;
- розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 1-2;
- незадовільна робота на занятті – 0.

Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал – 18.

Максимальна кількість балів за РГР – 18.

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 – 10.

Максимальний бал за МКР – 10.

Критерії оцінювання

- повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 10 балів;
- неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) - 6-9 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 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 полягає у програмній реалізації та демонстрації роботи одного з варіантів регулятора температури на готовій апаратній частині з платою NUVOTON.

Критерії оцінювання заліку

- Система керування працездатна та забезпечує регулювання температури, студент орієнтується в програмному забезпеченні – 95 - 100 балів;
- Система керування працездатна але працює з невеликими відхиленнями від завдання, студент орієнтується в програмному забезпеченні – 75 - 94 бали;
- Система працездатна, але зі значними відхиленнями від завдання – 60 74 бали;
- Система не працездатна, студент не орієнтується в програмному забезпеченні – менше 59 балів.

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 №14 від 21.06.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол №10 від 22.06.2023 р.)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.