Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА

НАУКОВІ МІЖДИСЦИПЛІНАРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Другий (магістерський)***
Галузь знань	*14 «Електрична інженерія»*
Спеціальність	*141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»*
Освітня програма	*Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*Очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*І курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*225 годин / 7.5 кредитів ECTS*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен/МКР/РГР*
Розклад занять	*http://rozklad.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська/Англійська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *д.т.н., проф. Пересада Сергій Михайлович, д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881* Практичні: *д.т.н., проф. Пересада Сергій Михайлович, д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881*
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Силабус навчальної дисципліни «Наукові міждисциплінарні дослідження електромеханічних систем» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки магістрів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни *є формування у студентів наступних здатностей: здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями; здатність виявляти та оцінювати ризики.*

Предмет навчальної дисципліни *– електромеханічні системи різних технологічних застосувань, а також проблематика сучасних наукових досліджень в області електромеханічних систем.*

Програмні результати навчання:

Компетенції: (ФК2) здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації обладнання та об'єктів електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (ФК3) здатність здійснювати аналіз техніко економічних показників та експертизу проектно конструкторських рішень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (ФК8) здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці; (ФК9) здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (ФК11) здатність проектувати алгоритми робастного та адаптивного керування для електромеханічних систем автоматизації та електроприводів, розробляти оптимальні та інтелектуальні закони керування з використанням методів ідентифікації та спостереження.

Уміння: (РН01) відтворювати процеси в електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах при їх комп'ютерному моделюванні; (РН04) реконструювати існуючі електричні мережі, станції та підстанції, електротехнічні і електромеханічні комплекси та системи з метою підвищення їх надійності, ефективності експлуатації та продовження ресурсу; (РН06) здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності; (РН11) вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (РН14) опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (РН15) синтезувати алгоритми робастного та адаптивного, векторного керування, слідкуючого та програмного керування рухом.

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 нових наукових результатів та новітніх технологій описується в науковій літературі англійською мовою. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого проходження практики на виконання магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

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

Розділ 1. Актуальні питання сучасних електромеханічних систем.

Тема 1.1. Математичні моделі типових електромеханічних об'єктів керування.

Лекція 1. Математичні моделі типових електромеханічних об'єктів керування.

Лекція 2. Визначення параметрів математичних моделей.

Лекція 3. Зниження порядку математичних моделей.

Тема 1.2. Алгоритми керування типовими електричними машинами змінного струму.

Лекція 4. Алгоритми векторного керування асинхронними двигунами.

Лекція 5. Алгоритми векторного керування синхронними двигунами зі збудженням від постійних магнітів.

Лекція 6. Алгоритми векторного керування синхронними реактивними двигунами.

Тема 1.3. Робастність типових систем векторного керування. Адаптивне та робастне керування.
Лекція 7. Робастність алгоритмів векторного керування асинхронними двигунами.
Лекція 8. Адаптивні алгоритми векторного керування двигунами змінного струму.
Лекція 9. Self-commissioning в системах векторного керування двигунами змінного струму.

Розділ 2. Аспекти практичної реалізації електромеханічних систем та виконання експериментальних досліджень
Тема 2.1. Концепція швидкого прототипного тестування. Методологія проведення експериментальних досліджень.
Тема 2.2. Експериментальні установки для дослідження алгоритмів керування двигунами змінного струму.
Тема 2.3. Експериментальне визначення параметрів двигунів змінного струму.
Тема 2.4. Проблеми використання широтно-імпульсної модуляції в електромеханічних системах.
Тема 2.5. Проблема мертвого часу інвертора в автономних інверторах напруги. Алгоритми компенсації мертвого часу.
Тема 2.6. Новітні електромеханічні перетворювачі та напівпровідникові прилади для електромеханічних систем.
Тема 2.7. Особливості подудови системи вимірювання сигналів від датчиків струму та напруги.
Тема 2.8. Методи цифрової обробки сигналів в електромеханічних системах.
Тема 2.9. Особливості практичної реалізації алгоритмів векторного керування двигунами змінного струму на цифрових сигнальних процесорах.

4. Навчальні матеріали та ресурси

1. 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.

2. Методи робастного адаптивного керування електромеханічними системами з підвищеними динамічними та енергетичними показниками: звіт про НДР. НТУУ "КПИ". № ДР 0115U000381. Київ, 2017. 506 с.

3. Розробка енергоефективної електромеханічної системи електробусу на основі адаптивного векторно-керованого асинхронного електроприводу з акумуляторно-суперконденсаторним живленням: звіт про НДР / НТУУ "КПИ". № 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, –573p.

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

6. J. Larminie, J. Lowry Electric vehicle technology explained. –WILEY. 2012. –328p.

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

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

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. Математичні моделі типових електромеханічних об'єктів керування.* *Лекція 1. Математичні моделі типових електромеханічних об'єктів керування.*
2	*Лекція 2. Визначення параметрів математичних моделей.*
3	*Лекція 3. Зниження порядку математичних моделей.*
4	*Тема 1.2. Алгоритми керування типовими електричними машинами змінного струму.* *Лекція 4. Алгоритми векторного керування асинхронними двигунами.*
5	*Лекція 5. Алгоритми векторного керування синхронними двигунами зі збудженням від постійних магнітів.*
6	*Лекція 6. Алгоритми векторного керування синхронними реактивними двигунами.*
7	*Тема 1.3. Робастність типових систем векторного керування. Адаптивне та робастне керування.* *Лекція 7. Робастність алгоритмів векторного керування асинхронними двигунами.*
8	*Лекція 8. Адаптивні алгоритми векторного керування двигунами змінного струму.*
9	*Лекція 9. Self-commissioning в системах векторного керування двигунами змінного струму.*
10	*Тема 2.1. Концепція швидкого прототипного тестування. Методологія проведення експериментальних досліджень.*
11	*Тема 2.2. Експериментальні установки для дослідження алгоритмів керування двигунами змінного струму.*
12	*Тема 2.3. Експериментальне визначення параметрів двигунів змінного струму.*
13	*Тема 2.4. Проблеми використання широтно-імпульсної модуляції в електромеханічних системах.*
14	*Тема 2.5. Проблема мертвого часу інвертора в автономних інверторах напруги. Алгоритми компенсації мертвого часу.*
15	*Тема 2.6. Новітні електромеханічні перетворювачі та напівпровідникові прилади для електромеханічних систем.*
16	*Тема 2.7. Особливості подудови системи вимірювання сигналів від датчиків струму та напруги.*
17	*Тема 2.8. Методи цифрової обробки сигналів в електромеханічних системах.*
18	*Тема 2.9. Особливості практичної реалізації алгоритмів векторного керування двигунами змінного струму на цифрових сигнальних процесорах.*

Практичні заняття

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	*Зниження порядку математичних моделей електромеханічних перетворювачів змінного струму.*

2	*Синтез та дослідження адаптивного спостерігача модуля вектора потокозчеплення ротора.*
3	*Синтез та дослідження адаптивного спостерігача кутової швидкості асинхронного двигуна.*
4	*Синтез та дослідження адаптивного спостерігача вектора напруги трифазної мережі.*
5	*Дослідження робастності алгоритмів непрямого векторного керування асинхронними двигунами.*
6	*Дослідження робастності спостерігачів модуля вектора потокозчеплення.*
7	*Дослідження робастності алгоритмів прямого векторного керування асинхронними двигунами.*
8	*Дослідження алгоритмів векторного керування синхронним двигуном з постійними магнітами.*
9	*Дослідження алгоритмів керування синхронним реактивним двигуном.*
10	*Дослідження системи частотного керування асинхронним двигуном на експериментальній установці.*
11	*Дослідження системи непрямого векторного керування асинхронним двигуном на експериментальній установці.*
12	*Дослідження спостерігачів вектора потокозчеплення ротора на експериментальній установці.*
13	*Дослідження алгоритмів векторного керування синхронним двигуном з постійними магнітами на експериментальній установці.*
14	*Дослідження процесів керування асинхронним двигуном за наявності мертвого часу інвертора.*
15	*Дослідження процесів вимірювання струмів та напруг.*
16	*Практична реалізація циклу реального часу на цифровому сигнальному процесорі для реалізації алгоритмів керування.*
17	*Практична реалізація широтно-імпульсної модуляції на цифровому сигнальному процесорі.*
18	*Практична реалізація системи частотного керування швидкістю на цифровому сигнальному процесорі.*

Розрахунково-графічна робота

Студенти виконують розрахунково-графічну роботу, яка включає в себе виконання наступних пунктів:

1. *Синтез спостерігача (потокозчеплення, швидкості, напруги) з властивостями адаптації або робастності.*
2. *Доведення властивостей стійкості синтезованого спостерігача.*
3. *Дослідження спостерігача методом математичного моделювання.*
4. *Практична реалізація синтезованого спостерігача на цифровому сигнальному процесорі.*
5. *Експериментальні дослідження синтезованого спостерігача.*

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС

1	*Підготовка до аудиторних занять*	*108*
2	*Підготовка до МКР*	*10*
3	*Виконання РГР*	*20*
4	*Підготовка до екзамену*	*15*

6. Контрольні роботи

Метою контрольних робіт є закріплення та перевірка теоретичних знань із кредитного модуля, набуття студентами практичних навичок самостійного вирішення задач. Проведення МКР пердбачає наявність у студента персонального комп'ютера для забезпечення можливості виконання досліджень методом математичного моделювання.

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

1. *Синтезувати адаптивний до активного опору ротора спостерігач вектора потокозчеплення ротора.*
2. *Синтезувати адаптивний спостерігач кутової швидкості.*
3. *Синтезувати адаптивний спостерігач вектора напруги трифазної мережі.*
4. *Бездавачеве керування двигуном постійного струму.*
5. *Розробити програмне забезпечення для реалізації алгоритму векторного керування кутовою швидкістю асинхронного двигуна.*
6. *Дослідити робастність системи векторного керування кутовою швидкістю асинхронного двигуна.*
7. *Дослідити робастність системи векторного керування моментом асинхронного двигуна.*

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 «Наукові міждисциплінарні дослідження 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, робота на практичних заняттях, виконання та захист РГР.*

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

***Семестровий контроль:** екзамен.*

***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;*
- *робота на практичних заняттях;*
- *виконання модульної контрольної роботи (МКР);*
- *виконання та захист РГР.*

Експрес-опитування	Робота на практичних заняттях	РГР	МКР
18	18	14	10

Відповіді під час проведення експрес-опитувань на лекціях

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

Критерії оцінювання

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

Робота на практичних заняттях

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

Критерії оцінювання

- *самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття –1;*
- *розв'язання задачі за допомогою викладача, володіння окремими розділами теми заняття – 0.5;*

- *незадовільна робота на занятті – 0.*

Модульна контрольна робота

Ваговий бал МКР – 10.
Максимальний бал за МКР – 28.

Критерії оцінювання

- *повна відповідь на запитання (більше 90% матеріалу) 8 – 10 балів;*
- *неповна відповідь на запитання (від 50 до 90% матеріалу) - 5 – 7 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.

Розрахунково-графічна робота

Ваговий бал РГР – 14.
Максимальна кількість балів за РГР – 14.

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 три запитання, вірна відповідь на кожне з яких оцінюється у 2 два бали.

Форма семестрового контролю – екзамен

Максимальна сума балів складає 100. Необхідною умовою допуску до екзамену є повний конспект лекцій, виконана та захищена РГР.
Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань, одне з яких може бути замінене на задачу.

Критерії оцінювання заліку

– «відмінно», повна відповідь, не менше 95% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язування завдання) – 38 - 40 балів;
– «дуже добре», достатньо повна відповідь, не менше 85% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 34-37 балів;
– «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язування завдання з незначними неточностями) – 30-33 бали;
– «задовільно», неповна відповідь, не менше 65% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 26-29 балів;
– «достатньо», неповна відповідь, але не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконане з певними недоліками) – 24 - 25 бали;
– «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 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 професором кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА д.т.н., Пересадою С. М.; доцентом кафедри автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА, д.т.н. Ковбасою С. М.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол № 12від 30.06.2021 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету[1] (протокол № __ від _____)

[1]Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.