



МЕТОДИ ШВИДКОГО ПРОТОТИПНОГО ТЕСТУВАННЯ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Третій (освітньо-науковий)</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/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н. Ковбаса Сергій Миколайович, 0674351881</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/MTUxMTc1OTMzODgy?cjc=yq6c2ji</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Методи швидкого прототипного тестування асинхронних електроприводів» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки доктора філософії спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних здатностей: виконувати експериментальні дослідження з використанням методів швидкого прототипного тестування алгоритмів керування двигунами змінного струму; розробляти експериментальні установки та програмне забезпечення для мікроконтролерів на базі концепції швидкого прототипного тестування.

Предмет навчальної дисципліни – методи швидкого прототипного тестування електроприводів змінного струму, експериментальні установки та методика проведення експериментальних досліджень алгоритмів керування двигунами змінного струму.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (СК01) здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання в електричній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з електричної інженерії та суміжних галузей; (СК02) здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англомовних наукових текстів за напрямом досліджень; (СК04) здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності; (СК05) здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі електричної інженерії, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

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.

Уміння: (РН04) планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з електричної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми; (РН05) глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосовувати їх у власних дослідженнях у галузі електричної інженерії та у викладацькій практиці.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти «Іноземною мовою для наукової діяльності», оскільки значна частина літератури з дисципліни написана англійською мовою, а також дисципліною «Передові технології в електроприводі та електромеханічних системах -2». Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля є необхідними для подальшого якісного виконання експериментальних досліджень за темою дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на **3 розділи**, а саме:

1. Концепція швидкого прототипного тестування

Тема 1.1. Концепція швидкого прототипного тестування та технології Hardware In the Loop.

Тема 1.2. Структура експериментальних установок для дослідження алгоритмів керування двигунами змінного струму.

Тема 1.3. Проблема компенсації мертвого часу інвертора.

Тема 1.4. Експериментальне визначення параметрів двигунів змінного струму.

2. Розробка апаратного забезпечення експериментальних установок

Тема 2.1. Розробка силового перетворювача для систем швидкого прототипного тестування.

Тема 2.2. Розробка керуючого контролера для систем швидкого прототипного тестування.

Тема 2.3. Особливості подудови системи вимірювання сигналів.

3. Розробка програмного забезпечення експериментальних установок

Тема 3.1. Програмне забезпечення в режимі реального часу.

Тема 3.2. Особливості програмної реалізації алгоритмів керування двигунами змінного струму.

Тема 3.3. Організація високошвидкісного обміну даними між керуючим контролером та персональним комп'ютером.

Тема 3.4. Обробка сигналів від імпульсних датчиків швидкості

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

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

2. S. Peresada, Y. Nikonenko, S. Kovbasa, A. Kuznietsov and D. Pushnitsyn, "Rapid Prototyping Station for Batteries-Supercapacitors Hybrid Energy Storage Systems," 2019 IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 826-831.

3. B. K. Bose. *Power Electronics and Motor Drives: Advances and Trends*. Elsevier/Academic Press, 2006.

4. 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.

5. M. Pacas, "Sensorless Drives in Industrial Applications," in *IEEE Industrial Electronics Magazine*, vol. 5, no. 2, pp. 16-23, June 2011.

6. 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.

Додаткові:

7. Пересада С., Ковбаса С., Тонизелли А. Станция быстрого моделирования алгоритмов управления электроприводом // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. –1999. – С. 190–193.

8. Ковбаса С. М., Воронко А. Б. Высокопроизводительный унифицированный контролер на основе DSP TMS320F28335 для электромеханических систем // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Збірник наукових праць. Серія: проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. – Х.: НТУ «ХПІ», 2013. – №36 (1009). – С. 293 – 295.

9. Основи теорії адаптивних електромеханічних систем автоматичного керування з векторно-керованими електродвигунами змінного струму в умовах неповної інформації: звіт про НДР. НТУУ "КПІ". –№2217, № ДР 0109U001826. Київ, 2011. 400 с.

10. Розробка енергоефективної електромеханічної системи електробуса на основі адаптивного векторно-керованого асинхронного електроприводу з акумуляторно-суперконденсаторним живленням: звіт про НДР / НТУУ "КПІ". –№2005, № ДР 0117U004284. Київ, 2018. Том 1. 472 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	Концепція швидкого прототипного тестування та технології Hardware In the Loop. [1], [2],[8]
2	Структура експериментальних установок для дослідження алгоритмів керування двигунами змінного струму. [1], [2].
3,4	Проблема компенсації мертвого часу інвертора. [1], [10],[11]
5,6	Експериментальне визначення параметрів двигунів змінного струму. [1], [10]
7	Розробка силового перетворювача для систем швидкого прототипного тестування. [1], [4],[11]
8	Розробка керуючого контролера для систем швидкого прототипного тестування. [1], [2], [8], [9]
9	Особливості подудови системи вимірювання сигналів.[1]
10	Програмне забезпечення в режимі реального часу. [1]
11	Особливості програмної реалізації алгоритмів керування двигунами змінного струму. [1]
12	Організація високошвидкісного обміну даними між керуючим контролером та персональним комп'ютером. [1]
13	Розв'язок диференціальних рівнянь в режимі реального часу. [1].

6. Самостійна робота студента

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	14
2	Підготовка РГР	20
3	Підготовка до МКР	9
4	Підготовка до заліку	20

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 розрахунково-графічної 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);

• **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 «Передові технології в електроприводі та електромеханічних системах-1»;

• **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.

Календарний контроль: проводиться 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 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 * 9 = 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; задача 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 повний конспект лекцій, виконаний і захищений реферат. 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 на експериментальній установці – станції швидкого прототипного тестування алгоритмів керування електроприводами. Завдання на РГР передбачає проведення експериментального дослідження алгоритму керування асинхронним двигуном в різних режимах. Тип алгоритму керування та набір тестів визначаються лектором для кожного студента індивідуально.

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Типова структура сучасної електромеханічної системи на основі двигунів змінного струму.
2. Концепція швидкого прототипного тестування алгоритмів керування електроприводами.
3. Типова функціональна схема експериментальної установки для дослідження алгоритмів керування електроприводами.
4. Особливості побудови системи вимірювання сигналів експериментальної установки.
5. Навантажувальні агрегати експериментальних установок.
6. Побудова програмного забезпечення для систем керування реального часу.
7. Способи розв'язування диференціальних рівнянь в режимі реального часу.
8. Експериментальні визначення параметрів асинхронних двигунів.
9. Методи зняття кривої намагнічування асинхронного двигуна.
10. Уніфіковані тести для експериментального визначення динамічних, статичних та енергетичних характеристик електромеханічних систем.
11. Автоматизація проведення експериментальних досліджень.
12. Технологія Hardware In the Loop.

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 № 12 від 30.06.2020 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № __ від _____)

¹Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.