



КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯМ ЕНЕРГІЇ В ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	14 «Електрична інженерія»
Спеціальність	141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітня програма	ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
Статус дисципліни	Дисципліна професійної практичної підготовки
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	36 годин лекцій /18 лабораторні роботи/ 4 кредити ECTS
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доц. ПУШКАР Микола Васильович, 0675088258
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЕННЯМ ЕНЕРГІЇ В ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ» складено відповідно до освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» підготовки бакалаврів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Метою навчальної дисципліни є вивчення основ теорії та принципів електромеханічного перетворення енергії в відновлювальних джерелах енергії та електротранспорті та технічної реалізації напівпровідникових перетворювачів призначених для роботи в з відновлювальними джерелами енергії, електротранспорті та зарядних установках. А також питання захисту таких систем від впливу погодних умов (волога, блискавка, температура).

Зміст кредитного модуля включає теоретичні відомості по принципу електромеханічного перетворення енергії в відновлювальних джерелах, електричних транспортних засобах та хімічних джерелах енергії, опис конструкцій та технологічних схем основних типів напівпровідникових перетворювачів які використовуються для цього, а також

особливостей експлуатації цих пристроїв та застосування їх в реальних умовах та на підприємствах.

Предмет навчальної дисципліни – *передові технології в електромеханічних системах та електроприводах, які включають в себе сучасні та інженерні розробки в області напівпровідникової та перетворювальної техніки в електротранспорті та відновлювальних джерелах енергії та системах накопичення енергії, включаючи методи вибору обладнання та проектування таких електромеханічних систем.*

Програмні результати навчання:

ПР05. Знати основи теорії електромагнітного поля, методи розрахунку електричних кіл та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності.

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.

ПР08. Обирати і застосовувати придатні методи для аналізу і синтезу електромеханічних та електроенергетичних систем із заданими показниками.

ПР18. Вміти самостійно вчитися, опановувати нові знання і вдосконалювати навички роботи з сучасним обладнанням, вимірювальною технікою та прикладним програмним забезпеченням.

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.

ПР27. Знати рівняння руху електроприводу для різних варіантів мас; методика розрахунку механічної частини електропривода; способів керування двигунами постійного та змінного струму; методів вибору електродвигунів за потужністю.

ПР29. Вміти проводити аналіз режимів роботи електромеханічних систем при живленні від відновлюваних джерел енергії, визначати оптимальні робочі режими та режими зарядки електричних транспортних засобів, розробляти енергоефективні системи керування перетворенням енергії в електромеханічних системах.

Фахові компетентності:

K17. Здатність розробляти проекти електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування із дотриманням вимог законодавства, стандартів і технічного завдання.

K19. Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування.

K20. Усвідомлення необхідності постійно розширювати власні знання про нові технології в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

K21. Здатність оперативно вживати ефективні заходи в умовах надзвичайних (аварійних) ситуацій в електроенергетичних та електромеханічних системах.

K22. Здатність використовувати математичні методи та методи теорії автоматичного керування при дослідженні лінійних та нелінійних систем, проводити

аналіз показників якості, синтезувати регулятори, складати та аналізувати структурні схеми систем автоматичного керування.

K25. Здатність здійснювати розрахунки механічної частини електропривода, механічних перехідних процесів, розраховувати параметри двигунів постійного та змінного струму, виконувати їх моделювання та аналіз.

K27. Здатність вирішувати комплексні практичні задачі, пов'язані з перетворенням енергії у відновлюваних джерелах та електричному транспорті.

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

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен мати базові знання теорії конструкційних матеріалів, електричних машин і апаратів, теоретичної електротехніки, теорії автоматичного керування, теорії електроприводу, керування електроприводами. Компетенції, знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля дають можливість студентам та майбутнім спеціалістам самостійно вирішувати комплексні практичні задачі, пов'язані з перетворенням енергії у відновлюваних джерелах та електричному транспорті.

Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розділено на 2 розділи, а саме:

Розділ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ

Тема 1 Класифікація електромобілів та гібридів. Водневий автомобільний транспорт. Електробуси та гібридні автобуси. Електробус на паливних елементах
Електробус з суперконденсаторним накопичувачем енергії

Тема 2 Асинхронні та синхронні двигуни в електромобілі

Мотор-колесо в електромобілі Асинхронні двигуни із зовнішнім ротором

Лінійні асинхронні двигуни

Тема 3 Маточиний асинхронний тяговий двигун із зовнішнім ротором для приводу мотор-колеса. Синхронний тяговий двигун зі збудженням від постійних магнітів. (Безконтактний двигун постійного струму).

Тема 4 Високовольтна тягова акумуляторна батарея, і параметри тягової АКБ

Типи акумуляторних батарей та суперконденсатори

Тема 5 Перетворювачі струму для електричного автотранспорту

Інвертори DC-DC, DC-AC для електричного автотранспорту. Випрямляч AC-DC

Тема 6 Основи перетворення змінного струму в постійний, основні розрахункові співвідношення. Діодні перетворювачі однофазного змінного струму, електромагнітні процеси, що в них відбуваються. Діодні перетворювачі трифазного змінного струму

Тема 7 Методи перетворення сонячної енергії в електричну. Пряме та непряме перетворення сонячної енергії в електричну. Основні типи сонячних електростанцій

Тема 8 Зарядні системи для автомобільного електротранспорту. Режими та типи зарядки електромобілів. Стандарти до зарядних станцій

Тема 9 Блискавкозахист сонячних електростанцій та зарядних станцій для електромобілів
Класифікація та рівень блискавкозахисту об'єктів. Дія розряду блискавки на промислові об'єкти. Конструктивні елементи блискавковідводів та поняття зони захисту

Розділ 2 СУЧАСНА ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Тема 10 Силкові перетворювачі для виробництва, накопичення та передачі у локальну або загальну електричну мережу енергії відновлюваних джерел.

Тема 11 Силкові напівпровідникові перетворювачі в сонячних електростанціях.

Тема 12 Силкові напівпровідникові перетворювачі у вітрогенераторах.

Тема 13 Системи генерування електроенергії на базі машини подвійного живлення.

Тема 14 Застосування силових напівпровідникових перетворювачів у мережах з розосередженими джерелами енергії (Micro-Grid).

Тема 15 Забезпечення якості електроенергії за допомогою силових перетворювачів у відновлюваних джерелах енергії та електромобілях.

Тема 16 Силкові напівпровідникові перетворювачі в електромобілях.

Тема 17 Бездротові зарядні пристрої.

Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020, 392 с.
2. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, Н. Нойбергер, Д. Ципленков ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. 335 с.
3. Комплекси генерування електроенергії з функціями компенсації реактивної потужності та активної фільтрації на базі машини подвійного живлення. Монографія / Шаповал І.А., Михальський В.М., Артеменко М.Ю., Поліщук С.Й., Чопик В.В. Київ, Інститут електродинаміки НАН України, 2020, 241 с.
4. Автономні перетворювачі та перетворювачі частоти: навч. посіб. / М.М. Казачковський ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Електрон. текст. дані. – 2-ге вид., випр. та допов. – Дніпро.: НГУ, 2017, 324 с.
5. Енергетична електроніка: навчальний посібник / О.О. Шавьолкін, К. : КНУТД, 2017, 396 с.

Допоміжна література

1. Електронне та мікропроцесорне обладнання автомобілів: навч. посіб. / Ю.І. Пиндус, Р.Р. Заверуха. – Тернопіль: ТНТУ, 2016. – 209 с.
2. Rashid M.H. *Alternative Energy in Power Electronics*. Butterworth-Heinemann, 2014, 378 p.
3. Михальський В.М. Засоби підвищення якості електроенергії на вході і виході перетворювачів частоти та напруги з широтно-імпульсною модуляцією. Київ, Інститут електродинаміки НАН України, 2013, 340 с.
4. Гнатов, А. В. Прогресивні технології на автомобільному транспорті : конспект лекцій [Електронний ресурс] / А. В. Гнатов ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харків, 2020. - 185 с.
5. Гнатов, А. В. Інфраструктура електромобілів : конспект лекцій [Електронний ресурс] / А. В. Гнатов, Щ. В. Аргун ; М-во освіти і науки України, Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - Харків, 2021. - 142 с.
6. Islam, Md Rabiul. *Emerging Power Converters for Renewable Energy and Electric Vehicles: Modeling, Design, and Control*. CRC Press, London 2021, 419 p.

7. *Reliability of Power Electronics Converters for Solar Photovoltaic Applications, Edited by Ahteshamul Haque, Frede Blaabjerg, Huai Wang, Yongheng Yang, Zainul Abdin Jaffery. The Institution of Engineering and Technology, London, 2021, 400 p.*
8. *Remus Teodorescu, Marco Liserre and Pedro Rodríguez. Grid Converters for Photovoltaic and Wind Power Systems. John Wiley & Sons, 2011, 416 p.*
9. *Iqbal Husain. Electric and Hybrid Vehicles Design Fundamentals. CRC Press, London 2021, 498 p.*
10. *Ashok Kumar L., Albert Alexander S. Power Converters for Electric Vehicles. CRC Press, London 2021, 273 p.*

Навчальний контент

2. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Розділ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ В ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛЯХ Тема 1 Класифікація електромобілів та гібридів. Водневий автомобільний транспорт. Електробуси та гібридні автобуси. Електробус на паливних елементах. Електробус з суперконденсаторним накопичувачем енергії
2	Тема 2 Асинхронні та синхронні двигуни в електромобілі Мотор-колесо в електромобілі Асинхронні двигуни із зовнішнім ротором Лінійні асинхронні двигуни
3	Тема 3 Маточиний асинхронний тяговий двигун із зовнішнім ротором для приводу мотор-колеса. Синхронний тяговий двигун зі збудженням від постійних магнітів. (Безконтактний двигун постійного струму).
4	Тема 4 Високовольтна тягова акумуляторна батарея, і параметри тягової АКБ Типи акумуляторних батарей та суперконденсатори
5	Тема 5 Перетворювачі струму для електричного автотранспорту Інвертори DC-DC, DC-AC для електричного автотранспорту. Випрямляч AC-DC
6	Тема 6 Основи перетворення змінного струму в постійний, основні розрахункові співвідношення. Діодні перетворювачі однофазного змінного струму, електромагнітні процеси, що в них відбуваються. Діодні перетворювачі трифазного змінного струму
7	Тема 7 Методи перетворення сонячної енергії в електричну. Пряме та непряме перетворення сонячної енергії в електричну. Основні типи сонячних електростанцій
8	Тема 8 Зарядні системи для автомобільного електротранспорту. Режими та типи зарядки електромобілів. Стандарти до зарядних станцій
9	Тема 9 Блискавкозахист сонячних електростанцій та зарядних станцій для електромобілів Класифікація та рівень блискавкозахисту об'єктів. Дія розряду

	<i>блискавки на промислові об'єкти. Конструктивні елементи блискавковідводів та поняття зони захисту</i>
10	Розділ 2 СУЧАСНА ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА ДЛЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ <i>Тема 10 Силові перетворювачі для виробництва, накопичення та передачі у локальну або загальну електричну мережу енергії відновлюваних джерел.</i>
11	<i>Тема 11 Силові напівпровідникові перетворювачі в сонячних електростанціях.</i>
12	<i>Тема 12 Силові напівпровідникові перетворювачі у вітрогенераторах.</i>
13	<i>Тема 13 Системи генерування електроенергії на базі машини подвійного живлення.</i>
14	<i>Тема 14 Застосування силових напівпровідникових перетворювачів у мережах з розосередженими джерелами енергії (Micro-Grid).</i>
15	<i>Тема 15 Забезпечення якості електроенергії за допомогою силових перетворювачів у відновлюваних джерелах енергії та електромобілях.</i>
16	<i>Тема 16 Силові напівпровідникові перетворювачі в електромобілях.</i>
17	<i>Тема 17 Бездротові зарядні пристрої.</i>
18	МОДУЛЬНА КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Лабораторні роботи

№ з/п	<i>Перелік лабораторних робіт</i>
1	Лабораторна робота №1. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АВТОНОМНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ОСНОВІ МАШИНИ ПОДВІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ
2	Лабораторна робота №2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ АКТИВНОГО ФІЛЬТРА
3	Лабораторна робота №3. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА
4	Лабораторна робота №4. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Самостійна робота студента

№з/п	<i>Вид самостійної роботи</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Підготовка до аудиторних занять</i>	16
2	<i>Підготовка до лабораторних робіт</i>	18
2	<i>Підготовка до МКР</i>	2
3	<i>Підготовка до екзамену</i>	30
	<i>Разом</i>	66

Політика та контроль

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 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;

- **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 «Автоматизований електропривод»;

- **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.**

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

Поточний контроль: експрес-опитування на лекціях, МКР.

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 за роботу в семестрі складається з балів, отриманих за:

1. Написання конспекту лекцій. Після написання конспекту лекції його треба відсканувати/сфотографувати та завантажити у середовище GOOGLE Classroom.

Максимальна кількість балів за одну лекцію – 0.5 бали. Максимальна кількість балів за семестр за лекції та тестування складає 9 балів:

- завантаження лекції після дня лекції, але із запізненням не більше 1 тижня – 0,5 бали;

- завантаження лекції після дня лекції, але із запізненням більше 1 тижня – 0,1 бал.

2 Виконання та захист лабораторних робіт.

Ваговий бал дорівнює 2. Максимальна кількість балів за всі 4 лабораторних робіт становить 8. Лабораторні роботи, в залежності від типу, виконуються на лабораторному стенді бригадою студентів або у вигляді демонстрації. У будь-якому випадку протокол до лабораторних робіт робиться у повному обсязі, один на студента!

Критерії оцінювання лабораторних робіт:

- «відмінно» (4 бал) – протокол підготовлений без помилок, відповіді на питання чіткі та змістовні.
- «добре» (3 бали) – протокол підготовлений з деякими неточностями, відповіді на питання мають незначні помилки.
- «задовільно» (2 бали) – протокол підготовлений з помилками, відповіді на питання нечіткі та мають суттєві помилки.
- «незадовільно» (0 балів) – протокол підготовлений з помилками, відповіді на питання невірні. Лабораторна робота потребує додаткового відпрацювання.

3. Модульна контрольна робота.

Кількість МКР – 1 тривалістю 2 академічні години. Максимальна кількість балів за МКР дорівнює 11. Критерій оцінювання МКР наступний:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 10-11 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7-9 бали;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 4-6 бали;
- «незадовільно», незадовільна відповідь (не відповідає вимогам на 2 бали) або відсутність під час проведення роботи – 0 балів.

4. Реферат. На виконання реферату надається 5 тижнів. Після цього студент здає реферат на перевірку, отримує бали за оформлення та допускається до захисту. За кожен день запізнення здачі реферату на перевірку знімається 0,5 бали із максимальної кількості балів, що можна отримати за реферат, але не більше 10. Реферат перевіряється на плагіат, допустимим для зарахування є показник не більше 30% плагіату.

Максимальна кількість балів за реферат дорівнює 22. Нарахування балів

- «відмінно», повністю оригінальна робота, яка цілком розкриває зміст заданої теми, та здана вчасно – 22 бали;
- «дуже добре», робота, яка містить до 30% плагіату або запозичень, або розкриває зміст з незначними неточностями, або повністю оригінальна робота, але здана на перевірку невчасно. – 18-21 балів;

- «добре», Робота має більше 30% запозичень, але містить повну відповідь з незначними неточностями –14-17 балів;

- «задовільно», робота має більше 30% запозичень, але містить неповну відповідь з значними неточностями – 8-13 балів;

Форма семестрового контролю – залік

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить 4 теоретичних запитання. Максимальний бал за екзамен становить 50. Кожне теоретичне запитання оцінюється у 12,5 балів.

Сума стартових балів і балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою.

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 Пушкарем М.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації електромеханічних систем та електроприводу ФЕА (протокол №11 від 15.06.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 10 від 16.06.2022 р.)