ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра експлуатації та ремонту машин

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назва курсу	Електромобілі та транспортні засоби з комбінованими енеогоустановками
Викладач (-і)	Голуб Дмитро Вадимович, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, кандидат технічних наук, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин Аулін Віктор Васильович, професор кафедри експлуатації та ремонту машин, доктор технічних наук, професор кафедри експлуатації та ремонту машин
Контактний тел.	+38(098) 373-22-39
E-mail:	hrynkivav@kntu.kr.ua
Рівень вищої освіти	3 рівень
Обсяг та ознаки дисципліни	Вибіркова навчальна дисципліна Змістових модулів – 2 Форма контролю: залік. Загальна кількість кредитів – 4, годин – 120. Формат: очний (offline / face to face) / дистанційний (online). Мова викладання: українська.
Консультації	Консультації проводяться відповідно до Графіку, розміщеному в інформаційному ресурсі moodle.kntu.kr.ua; у режимі відеоконференцій Zoom, через електронну пошту, Viber, Messenger, Telegram за домовленістю.
Пререквізити	Особливі вимоги відсутні

1. Мета і завдання дисципліни

Мета Набуття здобувачами вищої освіти теоретичних знань та практичних навичок з конструкції, робочих процесів, методів розрахунку та експлуатації сучасних акумуляторних електромобілів (BEV), гібридних автомобілів (HEV/PHEV) та транспортних засобів на водневих паливних елементах (FCEV).

Завдання Вивчення дисципліни надає можливості опанувати передові технології електрифікованого транспорту, що відкриває переваги на сучасному ринку праці. Це дозволить майбутньому фахівцю знати та оцінювати архітектуру гібридних силових установок, алгоритми роботи систем терморегулювання та керування тяговими батареями, а також вирішувати завдання, пов'язані з високовольтною безпекою і зарядною інфраструктурою.

2. Результати навчання

У результаті вивчення даної дисципліни здобувача вищої освіти повинен:

знати: еволюційні передумови та нормативні стандарти екологічного транспорту; принципи побудови топологій силових приводів (P0–P4); електрохімічні основи накопичувачів енергії; архітектуру BMS та контурів термостатування BTMS; типи та алгоритми керування тяговими електродвигунами (PMSM, IM, EESM); стандарти зарядної інфраструктури та високовольтної безпеки.

вміти: розраховувати сили опору руху та тягово-швидкісні характеристики електромобілів; обчислювати енергоспоживання та ємність тягової батареї; виконувати теплові розрахунки систем рідинного охолодження; розраховувати параметри силового інвертора та ефективність рекуперативного гальмування; моделювати процеси швидкісного заряджання.

набути соціальних навичок (soft-skills): здатність до системного та критичного мислення при виборі архітектури КЕУ; робота в команді під час вирішення інженерних кейсів; навички презентації індивідуальних досліджень; здатність адаптуватися до швидких змін у технологічних трендах автомобільної індустрії; дотримання професійної етики та академічної доброчесності.

3. Політика курсу та академічна доброчесність

Очікується, що здобувачі вищої освіти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення.

Під час освітнього процесу в Центральноукраїнському національному технічному університеті здобувачі вищої освіти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу; Положення про організацію вивчення вибіркових навчальних дисциплін та формування індивідуального навчального плану ЗВО; Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ.

4. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Вступ до курсу. Класифікація та архітектура екологічного транспорту

Зміст теми:

1 Еволюція та нормативна база.

2 Порівняльний аналіз архітектур: акумуляторні електромобілі (BEV), гібриди та FCEV.

3 Енергетична ефективність (Well-to-Wheel)

Тема 2. Топології гібридних силових установок (КЕУ)

Зміст теми:

1 Послідовні, паралельні та змішані схеми гібридів.

2 Планетарні електромеханічні трансмісії (система Toyota HSD/THS).

3 Топології розташування електродвигунів (P0–P4).

Тема 3. Електрохімічні накопичувачі енергії: електрохімія та конструктивне виконання

1 Принципи літій-іонних систем та хімічні склади (LFP, NMC).

2 Перспективи Na-ion та твердотільних (Solid-State) батарей.

3 Концепції збирання Pack-to-Pack, Cell-to-Pack (CTP) та Cell-to-Chassis (CTC).

Тема 4. Системи керування акумуляторними батареями (BMS)

1 Архітектура та функції BMS.

2 Алгоритми оцінки стану: SoC, SoH, SoP.

3 Пасивне та активне балансування комірок

Тема 5. Терморегулювання тягових батарей (BTMS)

1 Теплові процеси в акумуляторах при заряді/розряді.

2 Системи рідинного охолодження та прямого випаровування.

3 Кондиціонування батареї та інтеграція з тепловим насосом (Octovalve).

Тема 6. Водневі паливні елементи та системи акумуляції водню (FCEV)

1 Термодинаміка мембранних паливних елементів (PEMFC).

2 Системи подачі водню та терморегулювання стека.

3 Композитні балони високого тиску та буферні батареї у FCEV.

Тема 7. Тягові електричні машини: типи та конструктивні особливості

1 Синхронні двигуни з постійними магнітами (PMSM, IPMSM).

2 Асинхронні тягові двигуни (IM).

3 Механічні та електромеханічні характеристики електродвигунів.

Тема 8. Силова електроніка тягового приводу

1 Напівпровідникові ключі: кремнієві IGBT проти карбіду кремнію (SiC) та нітриду галію (GaN).

2 Топологія трифазного автономного інвертора напруги (VSI).

3 Двонаправлені DC-DC перетворювачі для узгодження напруг.

Змістовий модуль 2.

Тема 9. Алгоритми керування тяговими електродвигунами

1 Принцип широтно-імпульсної модуляції (SVPWM).

2 Векторне орієнтоване керування (FOC) у системі координат d-q.

3 Алгоритми максимального моменту на ампер (MTPA) та керування в зоні польового послаблення.

Тема 10. Трансмісії електромобілів та розподіл крутного моменту

1 Одноступеневі та двоступеневі трансмісії.

2 Системи векторного розподілу крутного моменту (Torque Vectoring).

3 Конструкція та особливості застосування мотор-коліс.

Тема 11. Динаміка руху та рекуперативне гальмування

1 Рівняння тягового балансу електромобіля.

2 Межі рекуперації та обмеження за SoC.

3 Стратегії безшовного перерозподілу гальмівного моменту (Brake Blending).

Тема 12. Інфраструктура заряджання та стандарти

1 Рівні заряджання (AC Level 1/2, DC Fast Charging).

2 Роз'єми та стандарти: Type 2, CCS 2, GB/T, NACS.

3 Конструкція вбудованих зарядних пристроїв (OBC).

Тема 13. Протоколи взаємодії та розумна енергосистема

1 Комунікаційні протоколи зарядки та стандарт ISO 15118.

2 Технологія безпечної автентифікації Plug & Charge.

3 Концепції двонаправленої передачі енергії V2G, V2H, V2L.

Тема 14. Високовольтна безпека електромобілів

1 Класифікація напруг (Class B) та стандарти ISO 6469.

2 Системи захисного вирівнювання потенціалів та контроль ізоляції (IT-мережі).

3 Системи аварійного знеструмлення (HVIL, MSD) та протипожежний захист.

Тема 15. Бортові мережі низької напруги та допоміжні системи

1 Архітектура 48 В у сучасних електромобілях.

2 Високовольтні рідинні нагрівачі (PTC) та компресори.

3 Електропідсилювачі керма (EPAS) та системи активної безпеки.

Тема 16. Діагностика, регламентне обслуговування та рециклінг

1 Діагностика HV-систем (DTC) та процедури перевірки ізоляції.

2 Оцінка залишкової ємності для вторинного використання батарей (Second Life).

3 Технології гідрометалургійної переробки та рециклінгу акумуляторів.

5. Критерії та засоби оцінювання

Методи контролю: спостереження за навчальною діяльністю здобувачів вищої освіти, усне опитування, тестовий контроль.

Форма підсумкового контролю: **залік.**

Критерієм успішного навчання є досягнення здобувачем вищої освіти мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним результатом навчання.

Забезпечення об’єктивності оцінювання здобувачів вищої освіти здійснюється шляхом застосування накопичувальної системи нарахування балів оцінювання результатів навчання з кожної теми освітнього компоненту впродовж семестру. Протягом семестру здобувач вищої освіти може отримати максимум 100 балів, у тому числі: перший рубіжний контроль – 50 балів, другий рубіжний контроль – 50 балів. По поточному контролю здобувач може набрати бали за

активність на лекційних та практичних (семінарських) заняттях, виконання лабораторної роботи, виявлення рівня підготовки здобувачів із зазначеної теми під час опитування, тестування, презентації індивідуальних завдань, вирішення практичних задач та кейсів тощо.

Схема нарахування балів з навчальної дисципліни

Назва теми	Форми контролю результатів навчання здобувачів вищої освіти*									Разом
	Виконання практичного (семінарського) завдання	Виконання лабораторної роботи	Розв'язування тестів	Опитування	Виконання завдань самостійної роботи	Виступ з доповіддю презентацією	Розв'язання ситуаційних вправ (кейсів)	Виконання розрахунково-аналітичних завдань	.....	
Перший рубіжний контроль										
Тема 1. Вступ до курсу. Класифікація та архітектура екологічного транспорту	2		2		3					7
Тема 2. Топології гібридних силових установок (КЕУ)	-		2		3					5
Тема 3. Електрохімічні накопичувачі енергії: електрохімія та конструктивне виконання	2		2		3					7
Тема 4. Системи керування акумуляторними батареями (BMS)	-		2		3					5
Тема 5. Терморегулювання тягових батарей (BTMS)	2		2		3					7
Тема 6. Водневі паливні елементи та системи акумуляції водню (FCEV)	-		2		3					5
Тема 7. Тягові електричні машини: типи та конструктивні особливості	2		2		3					7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Тема 8. Силова електроніка тягового приводу	-		2		3					5
Другий рубіжний контроль										
Тема 9. Алгоритми керування тяговими електродвигунами	2		2		3					7
Тема 10. Трансмісії електромобілів та розподіл крутного моменту	-		2		3					5
Тема 11. Динаміка руху та рекуперативне гальмування	2		2		3					7
Тема 12. Інфраструктура заряджання та стандарти	-		2		3					5
Тема 13. Протоколи взаємодії та розумна енергосистема	2		2		4					8
Тема 14. Високовольтна безпека електромобілів	-		2		4					6
Тема 15. Бортові мережі низької напруги та допоміжні системи	2		2		4					8
Тема 16. Діагностика, регламентне обслуговування та рециклінг	-		2		4					6
Разом	**16**		**32**		**52**					**100**

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проєкту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		
64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Форми, шкала та критерії оцінювання результатів навчання при проведенні поточного контролю успішності здобувачів вищої освіти*:
Шкала та критерії оцінювання виконання практичного завдання (0-2)

Кількість балів	Критерії оцінювання
2	Відповіді правильні, обґрунтовані, осмислені та характеризують наявність спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень, критичне осмислення проблем у навчанні. Відповідь характеризує уміння виявляти та розв'язувати проблему, інтегрувати знання; провадити інноваційну та наукову діяльність та повністю відображає визначений результат навчання за темою. Компетентності сформовані на високому рівні; програмні результати навчання досягнуті повністю.
1,5	Відповіді правильні, обґрунтовані, осмислені та характеризують наявність спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень, критичне осмислення проблем у навчанні. Компетентності сформовані на досить високому рівні; програмні результати навчання досягнуті повністю.
0,5	Відповідь недостатньо обґрунтована та осмислена, характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності та показує неповноту засвоєння результату навчання. Компетентності формуються, але на базовому рівні, досягнення результатів навчання часткове.
0	Не виконання вправ на практичних заняттях (відсутність на практичному занятті), що не дає можливості оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання.

Шкала та критерії оцінювання розв'язування тестів

Кількість балів	Критерії оцінювання
0-2	По кожній темі 5 тестових завдань. Бали: від 0-2 (по 0,4 балів за кожну правильну відповідь)

Шкала та критерії оцінювання самостійної роботи (0-3(4))

Кількість балів	Критерії оцінювання
3(4)	Вірно розкрите питання самостійної роботи; здобувач вищої освіти демонструє розуміння сутності матеріалу, логічність та самостійність у його викладі; аргументовано обґрунтовує свою думку; відповідь містить обґрунтовані висновки. Це свідчить про засвоєння теоретичних знань в повному обсязі
1,5(2)	Завдання недостатньо обґрунтоване та осмислене, характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності та показує неповноту засвоєння результату навчання. Компетентності формуються, але на базовому рівні, досягнення результатів навчання часткове.
0	Не виконання завдань, що не дає можливості оцінити формування компетентностей та отримання програмних результатів навчання.

6. Рекомендовані джерела інформації:

1. Гриньків А.В. Архітектура комбінованих енергоустановок транспортних засобів: навчальний посібник. – Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 285 с

2. Аулін В.В., Гриньків А.В. Експлуатація та діагностика електромобілів: монографія. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 312 с

3. Husain, I. Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals. 3rd ed. CRC Press, 2021.

4. Ehsani, M., Gao, Y., Longo, S., & Ebrahimi, K. Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles. 4th ed. CRC Press, 2021.

5. Pistoia, G., & Liaw, B. Behaviour of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: Battery Health, Performance, Safety, and Cost. Springer, 2022.

6. Міжнародний стандарт ISO 6469-3:2021. Electrically propelled road vehicles — Safety specifications — Part 3: Electrical safety. Geneva: ISO, 2021.

7. Міжнародний стандарт ISO 15118-20:2022. Road vehicles — Vehicle to grid communication interface. Geneva: ISO, 2022.

8. Правила ЄЕК ООН № 100 (UNECE R100). Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження транспортних засобів стосовно специфічних вимог до електричних силових агрегатів. (Оновлення 2021 р.).

9. Denton, T. Electric and Hybrid Vehicles. 3rd ed. Routledge, 2024.

10. Abousleiman, R. & Bacha, S. Power Electronics for Electric Vehicles: Topologies, Control, and Reliability. IEEE Press, 2023.

11. Бойко В.В., Мельник О.С. Системи керування акумуляторними батареями (BMS) сучасних електромобілів. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 198 с.

12. Шевченко О.М. Водневі паливні елементи на транспорті: термодинаміка та баланс установок. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2025. – 240 с.