



Електротранспорт
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти *Перший (Бакалавр)*

Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія¹</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)/дистанційна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 рік навчання, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити 120 годин(36 год. лекцій, 18 лабораторних, 18 год. практичних, 48 год. СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська/Англійська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор, Зайченко Стефан Володимирович, тел. 067-165-37-48, email: zstefv@gmail.com²</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/</i>

¹ В полях Галузь знань/Спеціальність/Освітня програма:

Для дисциплін професійно-практичної підготовки зазначається інформація відповідно до навчального плану. Для соціально-гуманітарних дисциплін вказується перелік галузей, спеціальностей, або «для всіх».

² Електронна пошта викладача або інші контакти для зворотного зв'язку, можливо зазначити прийомні години або години для комунікації у разі зазначення контактних телефонів. Для силабусу дисципліни, яку викладає багато викладачів (наприклад, історія, філософія тощо) можна зазначити сторінку сайту де представлено контактну інформацію викладачів для відповідних груп, факультетів, інститутів.

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

Електротранспорт- це основи, теорія та конструкція звичайних автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), електромобілів (EV), гібридних електромобілів (HEV) і транспортних засобів на паливних елементах (FCV) з використанням у якості палива водню або комбінацій палив. Курс всебічно представляє технології які використовуються при виготовленні транспортних засобів на основі водню, конфігурацію, принципи управління, методологію проектування, конструювання та моделювання для різних звичайних і сучасних транспортних засобів на основі математичних рівнянь.

Метою викладання курсу «Електротранспорт» є підготовка фахівців, які володіють знаннями про будову, методи розрахунків, методи досліджень, тенденції розвитку, сфери застосування основних видів систем водневих транспортних засобів, трансмісії на базі ICE і транспортних засобів на паливних елементах (FCV).

Предметом вивчення навчальної дисципліни «Електротранспорт» є отримання відомостей щодо проектування водневих транспортних засобів, електричні силові системи, методології проектування послідовної/паралельної/м'якої гібридної електричної трансмісії, системи накопичення енергії, рекуперативне гальмування, паливні елементи та їх застосування в транспортних засобах, а також дизайн гібридної електричної трансмісії на паливних елементах, загальні особливості систем трансмісії і окремих компонентів.

В результаті вивчення дисципліни «Електротранспорт» студенти отримують такі компетентності:

Ось скорочений перелік тільки українською мовою для курсу «Електротранспорт»:

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК 01 Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу

ЗК 02 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях

ЗК 05 Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ЗК 06 Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми

ЗК 07 Здатність працювати в команді

Фахові компетентності (ФК)

ФК 02 Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки

ФК 05 Здатність вирішувати практичні проблеми з електричними машинами, апаратами та електроприводами

ФК 07 Здатність розробляти проекти електроенергетичного та електротехнічного устаткування

ФК 09 Усвідомлення необхідності підвищення ефективності електротехнічного устаткування

ФК 12 Здатність моделювати електротехнічні об'єкти і процеси із застосуванням стандартних програм

Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН 01 Знати принципи роботи електричних систем, обладнання станцій та підстанцій

ПРН 03 Знати принципи роботи електричних машин та електроприводів

ПРН 06 Застосовувати прикладне програмне забезпечення, мікроконтролери та мікропроцесори

ПРН 07 Аналізувати процеси в електротехнічному обладнанні та системах

ПРН 09 Оцінювати енергоефективність та надійність електротехнічних систем

ПРН 18 Вміти самостійно вчитися і працювати з сучасним обладнанням та програмним забезпеченням.

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

Навчальна дисципліна «Електротранспорт» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення таких дисциплін як «Технічна механіка», «Моніторинг і діагностування електротехнічних систем», тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Електротранспорт», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують завдання у сфері сталого розвитку галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Електротранспорт» складається з наступних тем:

1. Вплив на навколишнє середовище та історія розвитку сучасного транспорту
2. Основи транспортних засобів
3. Двигуни внутрішнього згоряння для альтернативних палив
4. Електричні транспортні засоби
5. Гібридні електромобілі
6. Електричні силові системи
7. Транспортні асинхронні двигуни
8. Транспортні постійні магнітні приводи постійного струму без щіток.
9. Конструкція гібридного електричного приводу
10. Конструкція паралельного гібридного електричного приводу
11. М'який гібридний дизайн електричного приводу
12. Транспортні акумулятори енергії
13. Основи рекуперативного гальмування
14. Транспортні засоби на паливних елементах
15. Технології паливних елементів
16. Постачання водню
17. Неводневі паливні елементи
18. Конструкція гібридного електричного приводу на паливних елементах

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

- [1] Хіммотологія: Навч.-метод. посібник / С. В. Бойченко, Н. М. Кучма, В. В. Єфименко, О. С. Тітова, Л. М. Черняк. — К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. — 156 с.
- [2] W. Vielstich, *Fuel Cells — Modern Processes for Electrochemical production of Energy*, John Wiley & Sons, New York, 1970.
- [3] H.K. Messerle, *Energy Conversion Statics*, Academic Press, New York, 1969.
- [4] J. Larminie and A. Dicks, *Fuel Cell Systems Explained*, John Wiley & Sons, New York, 2000.
- [5] J. Bevan Ott and J. Boerio-Goates, *Chemical Thermodynamics — Advanced Applications*, Academic Press, New York, 2000.
- [6] S.I. Sandler, *Chemical and Engineering Thermodynamics*, 3rd ed., John Wiley & Sons, New York, 1999.
- [7] N.Q. Minh and T. Takahashi, *Science and Technology of Ceramic Fuel Cells*, Elsevier, Amsterdam, 1995.
- [8] M. Baldauf and W. Preidel, Status of the development of a direct methanol fuel cell, *Fuel Cell Technology for Vehicles*, Society of Automotive Engineers (SAE), Warrendale, PA, 2001.
- [9] R.M. Moore, Direct methanol fuel cells for automotive power system *Fuel Cell Technology for Vehicles*, Society of Automotive Engineers (SAE), Warrendale, PA, 2001.
- [10] T. Simmons, P. Erickson, M. Heckwolf, and V Roan, The effects of start-up and shutdown of a fuel cell transit bus on the drive cycle, *Society of Automotive Engineers (SAE) Journal*, Paper No. 2002-01-0101, Warrendale, PA, 2002.

Допоміжна література:

- [1] Моторні палива: властивості та якість [текст] підручник / Сергій Бойченко, Андрій Пушак, Петро Топільницький, Казимир Лейда; за заг. ред. проф. С. Бойченка. – К. : «Центр учбової літератури», 2017. – 324 с.
- [2] Авиационная химмотология: топлива для авиационных двигателей. А. 202 Теоретические и инженерные основы применения : учебник / Н. С. Кулик, А. Ф. Аксенов, Л. С. Яновский [и др.]. – К. : НАУ, 2015. – 560 с.
- [3] C.R. Ferguson and A.T. Kirkpatrick, *Internal Combustion Engines — Applied Thermo-Sciences*, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York 2001.
- [4] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Automobile emissions: an overview, *EPA 400-F-92-007*, Fact Sheet OMS-5, August 1994.
- [5] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Automobiles and ozone, *EPA 400-F-92-006*, Fact Sheet OMS-4, January 1993.
- [6] Carbon dioxide emissions from energy consumption by sector, 1980–1999, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, <http://www.eia.doe.gov/emeu/aer/txt/tab1202.htm>.
- [7] BP statistical review of world energy — oil, 2001, http://www.bp.com/downloads/837/global_oil_section.pdf.
- [8] USGS World Energy Assessment Team, World undiscovered assessment results summary, *U.S. Geological Survey Digital Data Series 60*, <http://greenwood.cr.usgs.gov/energy/WorldEnergy/DDS-60/sum1.html#TOP>.
- [9] World petroleum consumption, 1980–1999, International Energy Database, Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, January 2001.

Інформаційні ресурси

<https://www.library.kpi.ua/> - Науково-технічна бібліотека ім. Г.І. Денисенка

<https://sci-hub.st/> - перший в світі ресурс, який відкрив публічний і масовий доступ до десятки мільйонів наукових статей

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

<i>Зміст навчальної роботи</i>
Лекція 1. Вступна лекція. Вплив на навколишнє середовище та історія сучасного транспорту. Практичне заняття 1. Паливні елементи з протонообмінною мембраною.
Лекція 2. Основи транспортних засобів. Загальний опис руху транспортних засобів. Динамічне рівняння. Характеристики силової установки та трансмісії автомобіля. Експлуатаційна економія палива Практичне заняття 2. Лужні паливні елементи. Лабораторне заняття 1: Автомобільні генератори
Лекція 3. Двигуни внутрішнього згоряння. 4S, двигуни із іскровим запалюванням. Основна техніка для підвищення продуктивності, ефективності та характеристик викидів. Різні типи двигунів. Практичне заняття 3. Паливні елементи з фосфорною кислотою.
Лекція 4. Електричні транспортні засоби. Конфігурації електромобілів. Продуктивність електромобілів. Споживання енергії. Практичне заняття 4. Паливні елементи з розплавленого карбонату Лабораторне заняття 2: Діагностування обслуговування та ремонт акумулятора
Лекція 5. Гібридні електромобілі. Концепція гібридних електроприводів. Архітектури гібридних електроприводів. Практичне заняття 5. Тверді оксидні паливні елементи.

Лекція 6. . Електричні силові системи. Транспортні двигуни постійного струму. Транспортні асинхронні двигуни. Практичне заняття 6. Паливні елементи прямого метанолу Лабораторне заняття 3: Проектування, діагностика, обслуговування та ремонт пускачів
Лекція 7. Конструкція гібридного електричного приводу. Розмір основних компонентів. Приклад дизайну. Практичне заняття 7. Силове проектування системи паливних елементів.
Лекція 8 Транспортні постійні магнітні приводи постійного струму без щіток. Приводи з перемиканням реактивних двигунів. Практичне заняття 8. Розрахунок потужності паливних елементів. Лабораторне заняття 4: Регулятори напруги
Лекція 9. Конструкція гібридного електричного приводу. Практичне заняття 9. Проектування параметрів трансмісії гібридного електричного приводу.
Лекція 10. Вантажозахватні пристрої. Лабораторне заняття 5: Системи освітлення та світлової сигналізації
Лекція 11. М'який гібридний дизайн електричного приводу.
Лекція 12 Транспортні акумулятори енергії. Лабораторне заняття 5: Дослідження енергетичних параметрів отримання водню електролізом
Лекція 13. Основи рекуперативного гальмування. Споживання енергії при гальмуванні. Гальмівна система EV та HEV.
Лекція 14. Технології паливних елементів. Паливні елементи з протонообмінною мембраною. Лужні паливні елементи. Паливні елементи з фосфорною кислотою. Паливні елементи з розплавленого карбонату. Тверді оксидні паливні елементи. Лабораторне заняття 6: Дослідження енергетичних параметрів водневої комірки
Лекція 15. Транспортні засоби на паливних елементах. Принципи роботи паливних елементів. Потенціал електрода та крива струм-напруга.
Лекція 16. Постачання водню. Зберігання водню. Виробництво водню. Аміак як носій водню. Лабораторне заняття 7: Режимі відновлення мехатронного модульного електромобіля з суперконденсаторною батареєю
Лекція 17. Неводневі паливні елементи.
Лекція 18. Конструкція гібридного електричного приводу на паливних елементах. Конфігурація. Стратегія контролю. Параметричний дизайн. Лабораторне заняття 7: Режимі роботи водневої комірки

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Тема 1. Вплив на навколишнє середовище та історія розвитку сучасного транспорту. Нафтові ресурси.	3
2	Тема 2 Основи транспортних засобів Історія транспортних засобів на паливних елементах	4
3	Тема 3 Двигуни внутрішнього згоряння для альтернативних палив Історія електромобілів	4
4	Тема 4 Електричні транспортні засоби Глобальне потепління	4

5	Тема 5 Гібридні електромобілі. Зчеплення шини з ґрунтом і максимальне тягове зусилля	4
6	Тема 6 Електричні силові системи. Максимальна швидкість транспортного засобу	4
7	Тема 7 Транспортні асинхронні двигуни. Розрахунок економії палива автомобіля	4
8	Тема 8 Транспортні постійні магнітні приводи постійного струму без щіток. Приводи з перемиканням реактивних двигунів.	4
9	Тема 9 Конструкція гібридного електричного приводу. Розподіл гальмування на передній та задній осі	4
10	Тема 10 Конструкція паралельного гібридного електричного приводу. Двотактні двигуни	4
11	Тема 11 М'який гібридний дизайн електричного приводу. Двигуни Стірлінга.	4
12	Тема 12 Транспортні акумулятори енергії. Роторні двигуни Ванкеля.	4
13	Тема 13 Основи рекуперативного гальмування. Газотурбінні двигуни.	4
14	Тема 14 Транспортні засоби на паливних елементах Електрохімічні батареї.	4
15	Тема 15 Технології паливних елементів Ультраконденсатори.	4
16	Тема 16 Постачання водню Надшвидкісні маховики.	2
17	Тема 17 Неводневі паливні елементи Гібридизація накопичувачів енергії.	2
18	Тема 18 Конструкція гібридного електричного приводу на паливних елементах Постачання водню.	2

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика навчальної дисципліни «Електротранспорт» заснована на політиці КПІ ім. Ігоря Сікорського.

КПІ ім. Ігоря Сікорського є вільним і автономним центром освіти, що покликаний давати адекватні відповіді на виклики сучасності, плекати й оберігати духовну свободу людини, що робить її спроможною діяти згідно з власним сумлінням; її громадянську свободу, яка є основою формування суспільно відповідальної особистості, та академічну свободу і доброчесність, що є головними рушійними чинниками наукового поступу. Внутрішня атмосфера Університету будується на засадах відкритості, прозорості, гостинності, повазі до особистості.

Вивчення навчальної дисципліни «Електротранспорт» потребує: виконання індивідуального завдання згідно з навчальним планом; опрацювання рекомендованої основної та додаткової літератури.

Підготовка виконання індивідуального завдання передбачає: ознайомлення з програмою навчальної дисципліни та планами практичних занять; вивчення теоретичного матеріалу; виконання завдань, запропонованих для самостійного опрацювання.

Результатом підготовки до заняття має бути здобуття вмінь та навичок застосування сучасної вимірювальної техніки. Відповідь здобувача повинна демонструвати ознаки самостійності виконання поставлених завдань, відсутність ознак повторюваності та плагіату.

Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Здобувач вищої освіти повинен дотримувати навчально-академічної етики та графіка навчального процесу; бути зваженим, уважним.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: практичні заняття (7 практичних робіт × 8 бали = 64 бал), МКР (проводиться безпосередньо на практичному занятті, у присутності викладача, 36 бал). Практична робота оцінюється в 8 бали за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 8 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 7 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 5 бал;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Контрольне завдання МКР складається з трьох запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу.

Кожне запитання оцінюється у 8 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 8 – 6 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 5 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 4 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль: залік. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані МКР і РГР.

Студенти, які виконали всі умови допуску до заліку та мають рейтингову оцінку 60 і більше балів, отримують відповідну до набраного рейтингу оцінку без додаткових випробувань. Сума рейтингових балів, отриманих студентом протягом семестру, переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Якщо сума балів менша за 60, студент виконує залікову контрольну роботу.

Студент, який у семестрі отримав більше 60 балів, але бажає підвищити свій результат, може взяти участь у заліковій контрольній роботі. У цьому разі остаточний результат складається із балів, що отримані на заліковій контрольній роботі, та балів за МКР та РГР.

Залікова контрольна робота оцінюється у 40 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з чотирьох трьох запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу.

Кожне запитання оцінюється в 13 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 9 – 10 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 7 – 8 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 5 – 6 балів;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре

84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Питання для заліку з навчальної дисципліни «Електротранспорт»

1. Водневої енергетики концепції.
2. Причини та необхідність розвитку концепції водневої енергетики.
3. Енергетична безпека і екологічна криза.
4. Соціальний аспект водневих транспортні технології.
5. Структура водневої енергетики.
6. Механізми протонного транспорту. приклади.
7. Комерціалізація водневої економіки.
8. Національні водневі програми.
9. Розрахунок кількості електроенергії, необхідної для отримання 1кг електролітичного водню.
10. Світові обсяги виробництва водню та основні напрямки його використання
11. Технологія зрідження водню.
12. Охарактеризувати концентраційні межі поширення полум'я воднево-повітряних, воднево-кисневих сумішей
13. Екологічно чистий метод одержання водню.
14. Маса рідкого водню в цистерні об'ємом 100м³.
15. Переваги паливних елементів перед іншими джерелами енергії.
16. Температура інверсії водню та що вона означає.
17. Принцип роботи лужних паливних елементів.
18. Температура рідкого водню.
19. Що таке орто-і пара-форми водню та їх значення за різної температури.
20. Кількість водню в 40л балоні при тиску 150 ата.
21. Методи зберігання та транспортування водню.
22. Величина питомої теплоти згоряння водню.
23. Принцип роботи твердо-полімерних паливних елементів.
24. Переваги та недоліки водню при його використанні у транспортних системах.
25. Розрахувати кількість водню в балоні 40л при тиску 500ата.
26. Написати хімічний процес отримання водню із газу.
27. Характеристики інтерметалідних систем зберігання водню.
28. Характеристика продуктів згоряння водню.
29. Особливість різних методів зберігання та транспортування водню.
30. Розрахунок процентного вмісту водню у воднево-повітряній суміші стехіометричного складу.
31. Дати загальну класифікацію електромобілів
32. Дати класифікацію гібридних автомобілів
33. Основними перевагами електродвигуна є
34. Експлуатація електромобіля
35. Трансмісія електромобіля.
36. Перерахувати основні вузли енергетичної установки електромобіля.
37. Викреслити блок-схему електромобіля та описати призначення його основних вузлів.
38. Викреслити принципову схему гібридної послідовної силової установки та описати її особливості.
39. Викреслити принципову схему гібридної паралельної силової установки та описати її особливості.
40. Викреслити принципову схему гібридної послідовнопаралельної силової установки та описати її особливості.
41. Які основні вузли входять до електромобіля?
42. Яка роль електронного контролера електродвигуна електромобіля?
43. Яка головна перевага гібридного автомобіля?

44. Яка відмінна риса автомобільної гібридної силової установки?
45. Чим пояснюється найкраща ефективність роботи гібридної
46. послідовної силової установки за умов руху містом?
47. Чим пояснюється найкраща ефективність роботи гібридної
48. паралельної силової установки в умовах руху по шосе?
49. Чим пояснюється хороша ефективність роботи гібридної паралельної силової установки в умовах руху і містом, і по шосе?
50. Які основні режими роботи автомобільної гібридної паралельної силової установки?
51. Які основні режими роботи автомобільної гібридної послідовно-паралельної силової установки?
52. Принципова схема гібридної послідовнопаралельної силової установки та описати її особливості

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Зайченко С.В.,

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол № 18 від 12.06.2023.

Затверджено: МНК НН ІЕЕ, протокол № 30 від 25.06.2025