



ТЯГОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський) – магістри «професійні»</i>
Спеціальність	<i>G3 «Електрична інженерія»</i>
Освітня програма	<i>Електричні машини і апарати</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна (цикл професійної підготовки)</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>Перший рік, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS / 150 годин (Лекції – 30 год., Практичні заняття – 14 год., Самостійна робота – 106 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР, РГР</i>
Розклад занять	https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Керівник курсу (Лектор): <i>к.т.н., доц. Гайденко Юрій Антонович, тел. 0675061948, E-mail: gaidenko@ukr.net</i> Викладач з практичних занять: <i>к.т.н., доц. Гайденко Юрій Антонович</i>
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle): https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209

Програма навчальної дисципліни

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

Робочу програму навчальної дисципліни «Тягові електричні машини» (код ПО 02) складено відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра «Електричні машини і

апарати» (https://osvita.kpi.ua/sites/default/files/ooop/q3_oppm_ema_2025.pdf) за спеціальністю G3 «Електрична інженерія».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів наступних компетентностей:

Загальні компетентності:

ЗК01 – Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

Фахові компетентності:

ФК12 – Здатність розробляти плани і проекти для забезпечення досягнення поставленої певної мети з урахуванням всіх аспектів проблеми, що вирішується, включаючи виробництво, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію обладнання електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних комплексів;

ФК14 – Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем;

ФК18 – Здатність моделювати та досліджувати за допомогою сучасних програмних та апаратних засобів характеристики фізичних (електромагнітних, теплових, вібраційних тощо) полів в електричних машинах і апаратах;

ФК20 – Здатність аналізувати і використовувати отримані результати розробок новітніх типів електричних машин та апаратів для подальшої їх комерціалізації в складі стартап-проектів, у тому числі для продажу ліцензій і трансферу технологій.

Предмет навчальної дисципліни – тягові електричні двигуни, тягові генератори, тягові трансформатори та інше електромеханічне обладнання, яке встановлене на транспортних засобах різного типу. При вивченні дисципліни значну увагу приділено аналізу базовим поняттям електромеханічної частини транспорту, методам створення математичних моделей тягових електричних машин, алгоритм їх аналізу, методам проектування, тощо.

Програмні результати навчання:

ПРН01 – Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем;

ПРН07 – Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах;

ПРН10 – Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;

ПРН15 – Поєднувати різні форми науково-дослідної роботи і практичної діяльності з метою подолання розриву між теорією і практикою, науковими досягненнями і їх практичною реалізацією;

ПРН20 – Виявляти основні чинники та технічні проблеми, що можуть заважати впровадженню сучасних методів керування електроенергетичними, електротехнічними та електромеханічними системами;

ПРН21 – Знати сучасні методи математичного моделювання електричних машин і апаратів, електромеханічних перетворювачів енергії, електромеханічних комплексів;

ПРН24 – Проводити моніторинг та діагностування електроенергетичного та електромеханічного обладнання і устаткування, встановлювати основні причини виходу з ладу в процесі їх експлуатації.

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

Пререквізити: успішне засвоєння дисципліни базується на знаннях, отриманих студентом під час вивчення таких дисциплін, як: «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Проектування електричних машин», «Теорія автоматичного керування».

Постреквізити: В структурно-логічній схемі навчального плану підготовки магістрів дисципліна «Тягові електричні машини» забезпечує подальше вивчення таких спеціальних дисциплін, як: «Електричні машини систем автоматики», «Спеціальні електричні машини», «Надійність електричних машин», «Практика», «Виконання магістерської дисертації».

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліна структурно складається з **6 розділів**, а саме:

Розділ 1. Загальні відомості про тяговий електропривод. Основні питання розділу:

- основні види тяги на залізницях України і світу;
- рівняння руху потягу;
- фізичні основи утворення сили тяги;
- види тягових електричних машин.

Розділ 2. Колекторні тягові електродвигуни. У розділі розглядаються такі питання:

- властивості тягових електродвигунів (ТЕД) постійного струму;
- математичний опис та характеристики ТЕД постійного струму;
- ТЕД пульсуючого струму;
- комутація в колекторних ТЕД.

Розділ 3. Безколекторні тягові електродвигуни. Питання, що розглядаються:

- асинхронні тягові електродвигуни (АТД);
- закон частотного регулювання АТД;
- вентильні тягові двигуни; тягові двигуни електромобіля;
- лінійні тягові електродвигуни.

Розділ 4. Допоміжні тягові електричні машини і трансформатори. До розділу увійшли наступні питання:

- загальні положення про допоміжні тягові електричні машини (ТЕМ);
- деякі види допоміжних ТЕМ;
- тягові трансформатори електрорухомого складу.

Розділ 5. Системи охолодження тягових електричних машин. Основні питання:

- вентиляція тягових електричних машин;
- нагрівання й охолодження тягових електричних машин;
- нагрівостійкість ізоляції в ТЕМ.

Розділ 6. Проектування та випробовування тягових електричних машин. Головні питання:

- особливості проектування ТЕМ;
- випробування ТЕМ;
- визначення основних характеристик і ККД тягових двигунів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. **Безрученко В. М., Варченко В. К., Чумак В. В.** Тягові електричні машини електрорухомого складу : навч. посіб. / В. М. Безрученко, В. К. Варченко, В. В. Чумак ; Дніпропетров. нац. ун-т залізнич. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпро : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізнич. трансп., 2003. – 252 с. – ISBN 966-8471-00-8.
2. **Безрученко В. М., Марікуца С. Л.** Тягові електричні машини : методичні вказівки до виконання лабораторних та учбово-дослідних робіт. – Харків : УкрДУЗТ, 2022. – 58 с.
3. **Бобирь Д. В., Білоконь І. М., Очкасов О. Б., Сердюк В. Н.** Теорія локомотивної тяги. Тягові розрахунки для маневрової роботи : навчальний посібник. – Дніпро : Український державний університет науки і технологій, 2022. – 385 с.
4. **Видмиш А. А., Ярошенко Л. В.** Основи електропривода. Теорія та практика. Ч. 1 : навчальний посібник. – Вінниця : ВНАУ, 2020. – 312 с.

5. **Сінчук О. М., Омельчук М. М.** *Варіативність превентивного вибору тягових електродвигунів у структурах сучасних енергоефективних електроприводів рудникових електровозів : монографія.* – Кривий Ріг : Криворізький національний університет, 2024. – 120 с.
6. *Дистанційний курс: «Тягові електричні машини»* <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209>

Додаткові інформаційні ресурси:

1. **Воскобойник В. Є., Бородай В. А., Боровик Р. О., Нестерова О. Ю.** *Основи електропривода виробничих машин та комплексів : навчальний посібник.* – Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2021. – 254 с.
2. **Електричні машини.** *Курс лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 Електроенергетика електротехніка та електромеханіка / Ю. А. Гайденко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,47 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 211 с. Посилання: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/69715>*
3. **Флора В. Д.** *Тягові електричні двигуни : навч. посіб. / В. Д. Флора ; за ред. Ю. С. Коробкова. – Запоріжжя : Інформац. система «iElectro», 2011. – 318 с.*
7. **Bureau of Indian Standards.** *IS 18073:2023 – Electric Traction Motor — Performance and Functional Requirements.* – New Delhi : BIS, 2023. – 36 p.
4. **Chaudhari M. A., Chaudhari S. M.** *Modern electric traction [Електрон. ресурс] : навч. посіб. / M. A. Chaudhari, S. M. Chaudhari. – 2-nd ed. – Pune : Nirali Prakashan, 2018. – 205 p. – ISBN 978-9-3516-4325-8.*
8. **Doppelbauer M.** *Introduction to Electromobility: Technology, Best Practice, Energy and Environment : textbook.* – Wiesbaden : Springer, 2024. – 491 p. – ISBN 978-3-658-45482-1.
5. **Guda A. (Ed.).** *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles. Vol. 1 : proceedings.* – Cham : Springer, 2023. – (Lecture Notes in Networks and Systems; 509).
9. **Shen S., Chen Q-Z.** *Practical Control of Electric Machines for EV/HEVs: Design, Analysis and Implementation.* – Cham : Springer, 2024. – 321 p. – (Lecture Notes in Electrical Engineering; 1064)
10. **Smith R. H.** *Electric traction : монографія / R. H. Smith. – Charleston : Franklin Classics, 2018. – 500 p. – ISBN 978-0-3439-6194-7.*

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	<p>Розділ 1. Загальні відомості про тяговий електропривод</p> <p>Тема 1.1. Основні види тяги на залізницях України і світу</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Електричний та тепловий тяговий привод, їх особливості та порівняння ○ Електрична тяга на залізницях України і світу ○ Техніко-економічні переваги електричної тяги <p>Літературні джерела: [1] с. 6-7. Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 1. Ч.1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2</p> <p>Тема 1.2. Рівняння руху потягу</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Сили, що діють на потяг. Рівнодіюча сил, що діють на потяг ○ Кінетична енергія потягу ○ Інерція обертових мас та фактори, що її визначають <p>Літературні джерела: [2], с. 8-10. Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 1. Ч.2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2</p>
2	<p>Тема 1.3. Фізичні основи утворення сили тяги</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Структурна схема тягового привода ○ Процес реалізації сили тяги. Визначення сили тяги двигуна ○ Класифікація уявлень про силу тяги двигуна <p>Літературні джерела: [2], с. 10-11. Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 2. Ч.1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2</p> <p>Тема 1.4. Види тягових електричних машин</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Основні визначення ○ Класифікація ТЕМ за призначенням та за родом струму ○ Режим роботи ТЕМ. Умови роботи ТЕМ ○ Вимоги, що пред'являються до ТЕМ <p>Літературні джерела: [1], с. 8-10. Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 2. Ч.2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2</p>

№ з/п	<p align="center">Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</p>
3	<p>Розділ 2. Колекторні тягові електродвигуни</p> <p>Тема 2.1. Властивості ТЕД постійного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Типи, особливості конструкції й режими роботи ТЕД постійного струму ○ Характеристики живлення тягового транспорту постійним струмом ○ Потенційна стійкість ТЕД і способи її збільшення ○ Номінальні та граничні параметри ТЕД постійного струму <p>Літературні джерела: [1], с. 8-25, с. 95-120.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3</p>
4	<p>Тема 2.2. Математичний опис та характеристики ТЕД постійного струму</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Рівняння взаємозв'язку параметрів ТЕД постійного струму (p-ня напруг, моментів, ККД, тощо) ○ Механічні та тягові характеристики ТЕД постійного струму з незалежним, послідовним та змішаним збудженням ○ Регулювання швидкості обертання ТЕД постійного струму <p>Літературні джерела: [1], с. 25-39.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 4 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3</p>
5	<p>Тема 2.3. ТЕД пульсуючого струму</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Характеристика пульсуючого живлення ○ Особливості роботи ТЕД при пульсації струму ○ Комутація ТЕД при пульсації струму ○ Втрати в ТЕД при пульсації струму <p>Літературні джерела: [1], с. 72-94.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 5 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3</p>
6	<p>Тема 2.4. Комутація в колекторних ТЕД</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Критерії оцінки якості комутації ○ Причини іскріння щіток ○ Утворення дуги на колекторі ○ Засоби покращення комутації <p>Літературні джерела: [1], с. 40-62.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3</p>

№ з/п	<p align="center">Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</p>
7	<p>Розділ 3. Безколекторні тягові електродвигуни</p> <p>Тема 3.1. Асинхронні ТЕД (АТД)</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Загальні положення ○ Основні параметри і деякі особливості конструкції АТД ○ Способи живлення АТД ○ Особливості вибору параметрів при проектуванні АТД <p>Літературні джерела: [1], с. 132-134, с. 149-158; [2], с. 185-186</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 7 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p> <p>Тема 3.2. Закон частотного регулювання АТД</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Схема заміщення частотнокерованого АТД ○ Закони Костенко для частотного регулювання АТД на різних етапах роботи двигуна ○ Регулювання швидкості і сили тяги. Формування тягових характеристик ○ Електромагнітні процеси в частотнорегульованому АТД <p>Літературні джерела: [1], с. 134-148.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p>
8	<p>Тема 3.3. Вентильні тягові двигуни</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Принцип дії вентильного тягового двигуна ○ Вентильний двигун як сукупність синхронної машини і перетворювача частоти і фаз ○ Пуск вентильного тягового двигуна ○ Особливості конструкції <p>Літературні джерела: [1], с. 122-131.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p>
9	<p>Тема 3.4. Тягові двигуни електромобіля</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Типи електроживлення в електромобілях ○ Регулювання напруги живлення електродвигунів електромобіля ○ Види компоновань елементів тягового електроприводу електромобілів ○ Розміщення електродвигунів в електромобілях ○ Мотор-колесо. Визначення. Переваги та недоліки ○ Двигуни, що використовуються для мотор-колеса ○ Двигуни постійного струму для мотор-колеса ○ Асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором для мотор-колеса

№ з/п	<p align="center">Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Двигуни з постійними магнітами для мотор-колес ○ Вентильно-реактивні двигуни для мотор-колеса ○ Порівняння характеристик та вибір оптимального двигуна для мотор колеса <p>Літературні джерела: [4], с. 174-220.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p>
10	<p>Тема 3.5. Лінійні тягові електродвигуни</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Принцип дії лінійного тягового електродвигуна ○ Класифікація ЛТЕД ○ Переваги і недоліки лінійних ТЕД ○ Крайові ефекти в лінійних ТЕД ○ Асинхронні лінійні ТЕД ○ Інші типи лінійних ТЕД <p>Літературні джерела: [2], с. 215-247, с. 249-271.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 11 та лекція 12 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p>
11	<p>Розділ 4. Допоміжні тягові електричні машини і тягові трансформатори</p> <p>Тема 4.1. Загальні положення про допоміжні ТЕМ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Класифікація допоміжних ТЕМ ○ Допоміжні машини електровозів постійного і змінного струму ○ Призначення та особливості конструкції і режимів роботи <p>Літературні джерела: [1], с. 159-168.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 13. Ч.1 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5</p> <p>Тема 4.2. Деякі види допоміжних ТЕМ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Розщеплювач фаз, призначення, принцип дії і схема підключення ○ Електромашинні перетворювачі і генератори управління ○ Дільники напруги <p>Літературні джерела: [1], с. 169-178.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 13. Ч.2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5</p>
12	<p>Тема 4.3. Тягові трансформатори електрорухомого складу</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Призначення тягових трансформаторів і умови їх роботи

№ з/п	<p align="center">Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Конструкція, система регулювання напруги та охолодження тягових трансформаторів ○ Сучасні види тягових трансформаторів <p>Літературні джерела: [1], с. 217-229.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 14 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5</p>
13	<p>Розділ 5. Системи охолодження тягових електричних машин</p> <p>Тема 5.1. Вентиляція ТЕМ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Види систем вентиляції ТЕД ○ Статичний і динамічний напір повітря ○ Характеристики вентиляційних систем ○ Принципи розрахунків вентиляційної системи ТЕМ ○ Аеродинамічні характеристики: очищення і фільтрація повітря <p>Літературні джерела: [1], с. 177-197.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 15 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6</p>
14	<p>Тема 5.2. Нагрівання й охолодження ТЕМ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Нагрівостійкість ізоляції ○ Перегрів і його визначення ○ Основні положення теорії нагрівання ○ Визначення кривих нагріву і охолодження <p>Літературні джерела: [1], с. 198-216.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 16 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6</p>
15	<p>Розділ 6. Проектування та випробування тягових електричних машин</p> <p>Тема 6.1. Особливості проектування ТЕМ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Габаритні умови розміщення на електрорухомому складі ○ Вибір основних параметрів ТЕД ○ Особливості конструювання ТЕД: якоря, обмотки, колектора <p>Літературні джерела: [2], с. 137-182.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 17 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-7</p>

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
	<p>Тема 6.2. Випробування ТЕМ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Системи і схеми випробувань колекторних ТЕМ ○ Визначення основних характеристик і ККД ○ Особливості випробувань АТД і допоміжних ТЕМ ○ Системи і схеми вентиляційних і теплових випробувань ТЕМ <p>Літературні джерела: [1], с. 230-247.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 18 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-7</p>
Всього 30 годин	

Практичні заняття

Мета практичних занять – вироблення навичок аналізу характеристик та поглиблення уявлень про тягові електричні машини і трансформатори. Кожне практичне заняття розраховано на 2 ауд. години.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)	Ауд. години
1	<p>Заняття 1 (Вводне). Рівняння руху потягу. Обчислення сили тяги потягу.</p> <p>Літературні джерела: [2], с. 8-11.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 1.2 та 1.3 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2</p>	2
2	<p>Заняття 2. Обчислення втрат і ККД в тягових двигунах постійного струму. Пульсаційні втрати в тягових двигунах пульсуючого струму.</p> <p>Літературні джерела: [1], с. 10-14; с. 37-38; с. 91-92.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 2.2 та 2.3. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3</p>	2
3	<p>Заняття 3. Розрахунок електромеханічних характеристик тягових двигунів постійного та пульсуючого струму</p> <p>Літературні джерела: [1], с. 33-39.</p> <p>Дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 2.2 та 2.3. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3</p>	2
4	<p>Заняття 4. Вибір основних параметрів асинхронних тягових двигунів (АТД). Формування тягових характеристик АТД.</p>	2

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)	Ауд. години
	Літературні джерела: [1], с. 132-159. Дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темами 3.1 та 3.2. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4	
5	Заняття 5. Розрахунок параметрів і характеристик тягових трансформаторів. Втрати і ККД тягового трансформатора. Літературні джерела: [1], с. 217-229. Дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темою 4.3. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5	2
6	Заняття 6. Розрахунок вентиляційної системи тягових електричних машин. Модульна контрольна робота. Літературні джерела: [1], с. 177-197. Дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темою 5.1. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6	2
7	Заняття 7. Метод теплових схем і визначення перегріву обмоток тягових електричних машин Літературні джерела: [1], с. 198-216. Дистанційний курс «Тягові електричні машини» підбірка задач за темою 5.2. https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6	2
Всього 14 годин		

6. Самостійна робота студента

В таблиці наведено основні види самостійної роботи студентів.

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	46
2	Виконання розрахунково-графічної роботи	20
3	Підготовка до МКР	10
4	Підготовка до екзамену	30
РАЗОМ:		106

Розрахунково-графічна робота

Для закріплення та узагальнення отриманих знань з теорії тягових електричних машин і трансформаторів студенти виконують індивідуальне семестрове завдання – розрахунково-графічну роботу (РГР).

Тема РГР: «Розрахунок параметрів та характеристик частотнокерованого асинхронного тягового двигуна». Варіант вхідних даних узгоджується та надається викладачем.

Модульна контрольна робота

Для одержання студентами стійких знань передбачено виконання модульної контрольної роботи (МКР), на яку виносяться основні питання дисципліни. Тематика МКР відповідає лекційному матеріалу і практичним заняттям за темами: 1.2, 1.3, 2.2, 2.3, 3.1, 3.2, 4.3.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського (затверджено та уведено в дію наказом від 14.09.2020 р. № 1/273, зі змінами, внесеними наказом від 03.05.2022 р. № НОН/131/2022) заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, у тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали;*
- відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Виконання модульної контрольної роботи (МКР) та розрахунково-графічної роботи (РГР) з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;*
- 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 призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не може перевищувати 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь у факультетських та інститутських олімпіадах з дисципліни «Тягові електричні машини», участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасне виконання РГР;*

- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено. Здача РГР після встановленого терміну (дедлайну) без поважної причини передбачає зниження оцінки на 3 бали за кожен тиждень понад встановлений термін;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» від 5 квітня 2021 р. (<https://kpi.ua/code>) 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, у тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Тягові електричні машини»;
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка в месенджерах і соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання

Рейтингова система оцінювання (PCO) розроблена згідно з «Положенням про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (затверджено та уведено в дію наказом № 1/273 від 14.09.2020 р. зі змінами відповідно до наказу № НОН/131/2022 від 14.02.2022).

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР, РГР, виконання завдань під час практичних занять.

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

Семестровий контроль: екзамен.

PCO передбачає оцінювання результатів навчання здобувача вищої освіти впродовж семестру – проходження або виконання певних видів робіт, передбачених заходами поточного контролю.

Оцінювання результатів навчання здійснюється за 100-бальною шкалою.

Умови допуску до семестрового контролю: виконання РГР, виконання МКР, семестровий рейтинг – не менше 30 балів .

Поточний семестровий рейтинг студента складається з балів, отриманих за:

- виконання розрахунково-графічної роботи (РГР);
- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання розрахункових завдань при проведенні практичних занять.

Бальне оцінювання певних видів робіт, передбачених заходами поточного контролю:

Розрахунково-графічна робота

(Індивідуальне семестрове завдання)

Ваговий бал – **30**.

Максимальна кількість балів за виконання РГР: дорівнює $30 \times 1 = 30$ балів.

Критерії оцінювання:

- *правильне і вчасне виконання – 23 ... 30 балів (в залежності від якості оформлення);*
- *є окремі помилки, відсутність висновків, неправильне оформлення – 15...22 балів;*
- *є суттєві помилки – 1...14 балів;*
- *неправильне виконання або виконання варіанту РГР з іншими (неправильними) вхідними даними – 0 балів;*

⚠ На виконання РГР відводиться **2 тижні** з моменту видачі завдання; задача РГР після встановленого терміну без поважної причини передбачає зниження оцінки на 3 бали за кожен тиждень понад встановлений термін.

Модульна контрольна робота

Ваговий бал – **20**.

Максимальна кількість балів за виконання МКР: $20 \times 1 = 20$ балів.

Критерії оцінювання:

- *повні і точні відповіді на запитання (більше 90% матеріалу) – 15 ... 20 балів;*
- *відповіді неточні є окремі несуттєві помилки – 9 ... 14 балів;*
- *відповіді неповні (менше 50 %), є окремі суттєві помилки – 1 ... 8 балів.*
- *відповіді неправильні або їх немає взагалі – 0 балів.*

Розв'язання задач на практичних заняттях

Ваговий бал – **5**.

Максимальна кількість балів за роботу на практичних заняттях: $5 \times 2 = 10$ балів.

Критерії оцінювання:

- *самостійне розв'язання задачі, вільне володіння темою заняття – 4 ... 5 балів;*
- *розв'язання задачі за допомогою викладача, часткове володіння окремими розділами теми заняття – 1 ... 3 балів;*
- *відсутність володіння матеріалом теми заняття та повня неспроможність розв'язати задачу – 0 балів.*

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є поточний рейтинг студента не менше 50% від максимально можливого.

Семестровий рейтинг (R_c) – сума вагових балів контрольних заходів, які студент може отримати протягом семестру.

РГР	МКР	Розв'язання задач	Семестровий рейтинг (R_c)
30	20	10	60

Максимальне значення семестрового рейтингу:

$$R_{c.max} = 30 + 20 + 10 = 60$$

Форма семестрового контролю – екзамен

Умови допуску до екзамену:

- виконана РГР;
- виконана МКР;
- рейтинговий бал $R_c \geq 30$ балів

Якщо поточний рейтинг, з урахуванням додаткових балів (якщо такі є), складає **60 і більше** – за бажанням студента, поточна оцінка може бути зарахована автоматично без складання екзамену.

Якщо поточний рейтинг в межах **30 ... 59 балів** – студент обов'язково виконує екзаменаційну роботу.

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань.

Максимальна кількість балів за екзамен – **$R_E = 40$ балів.**

Критерії оцінювання екзамену

- повне і правильне виконання завдання; вичерпні і логічні відповіді на всі питання (при необхідності, і на додаткові) – **$R_E = 35 \dots 40$ балів;**
- відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни – **$R_E = 25 \dots 34$ балів.**
- повне виконання завдання з суттєвими помилками, часткова відповідь на питання та/або допущення окремих несуттєвих помилок при відповіді на питання. Відповіді непослідовні і нечіткі – **$R_E = 15 \dots 24$ балів.**
- неповне виконання (або невиконання) завдання. У відповіді студент припускається суттєвих помилок, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання – **$R_E < 15$ балів.**

Підсумкова семестрова оцінка (R) визначається як сума семестрового рейтингово балу, оцінки за екзамен та додаткових балів (при наявності):

$$R = R_C + R_E + r_{\text{дод}} \leq 100$$

Максимальне значення семестрової оцінки не повинне перевищувати 100 балів.

Таблиця відповідності підсумкової семестрової оцінки за 100-бальною шкалою оцінці за університетською шкалою:

Кількість балів, R	Оцінка
95-100	Відмінно
85-94	Дуже добре
75-84	Добре
65-74	Задовільно
60-64	Достатньо
Від 30 до 59	Незадовільно
Менше 30	Не допущено
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем (питань), які виносяться на семестровий контроль

1. Призначення, структура та основні елементи тягового електроприводу. Класифікація тягових електроприводів.
2. Особливості умов роботи тягового приводу. Джерела живлення, що застосовуються на електрорухомому складі.
3. Характеристика енергетичних показників контактної мережі.
4. Рівняння руху потягу. Характеристика навантаження тягового електродвигуна.
5. Динамічні сили, що діють на тягові двигуни. Причини їх виникнення.
6. Характеристика енергетичних показників двигун-генераторних установок.
7. Умови роботи тягових двигунів. Вимоги, які ставляться до тягових двигунів. Режим роботи ТЕД.
8. Вимоги, що пред'являються до характеристик тягового генератора.
9. Характеристики і регулювання напруги тягових генераторів змінного струму.
10. Спільна робота теплового двигуна і тягового генератора.
11. Визначення потужності тягових двигунів.
12. Визначення схеми з'єднання тягових електродвигунів з джерелом енергії.
13. Визначення номінальної напруги тягових двигунів постійного і пульсуючого струмів.

14. Навантажувальні характеристики тягового двигуна. Коефіцієнт насичення в ТЕД.
15. Втрати потужності в тяговому двигуні. ККД тягового двигуна постійного і пульсуючого струмів.
16. Визначення електричних, магнітних і механічних втрат в тяговому двигуні.
17. Природа додаткових втрат потужності в тяговому двигуні. Визначення ККД в генераторному (гальмівному) режимі роботи ТЕД.
18. Електромеханічні характеристики тягових двигунів.
19. Жорсткість швидкісних характеристик тягового двигуна.
20. Робочі характеристики тягових двигунів постійного і пульсуючого струмів.
21. Перехідні процеси, що виникають в тягових двигунах.
22. Регулювання швидкості обертання тягових двигунів.
23. Способи електричного гальмування застосовуються на електрорухомому складі. Електрична стійкість в гальмівному режимі.
24. Рекуперативне гальмування. Струм рекуперації. Живлення обмотки незалежного збудження тягової машини при рекуперативному гальмуванні.
25. Швидкісна і моментна характеристики тягового двигуна при ослабленому збудженні. Регульовальні властивості тягового двигуна.
26. Динамічні сили, що діють на щітково-колекторний апарат тягового двигуна за різних умов підвішування.
27. Особливості комутації в щітково-колекторному вузлі тягового двигуна. Способи покращення комутації.
28. Особливості комутації в двигунах пульсуючого струму.
29. Часові діаграми напруги і струму навантаження локомотива. Коефіцієнти пульсації напруги і струму.
30. Способи зменшення пульсації струму та магнітного потоку тягового двигуна. Властивості згладжуючих реакторів.
31. Особливості застосування компенсаційної обмотки в тягових двигунах пульсуючого струму.
32. Вплив пульсації якірного струму на розподіл індукції під головним полюсом.
33. Вплив нестабільності напруги на потенційні діаграми тягових двигунів пульсуючого струму.
34. Перехідні процеси, які найчастіше виникають при живленні електрорухомого складу від контактної мережі.
35. Повне рівняння перехідного процесу при відновленні напруги на струмоприймачі. Врахування змінності індукції обмоток якірного кола.
36. Перехідні процеси, що відбуваються в тяговому двигуні при стрибкоподібному підвищенні напруги контактної мережі.
37. Процеси в асинхронному тяговому двигуні.
38. Електромагнітний момент асинхронного тягового двигуна в перехідному процесі.
39. Порівняння властивостей колекторних і безколекторних тягових двигунів.
40. Вентильний тяговий двигун. Його переваги перед колекторним тяговим двигуном.
41. Напівпровідникові перетворювачі, які застосовують у вентильних двигунах з живленням від контактної мережі змінного і постійного струму.
42. Магнітне поле в повітряному зазорі вентильного двигуна. Регулювання швидкості обертання вентильного двигуна.
43. Особливості визначення ЕРС вентильного двигуна, його моменту на валу та швидкості обертання в порівнянні з машиною постійного струму.
44. Особливості живлення асинхронних тягових двигунів від інвертора напруги струму.
45. Регулювання частоти обертання асинхронного тягового двигуна.
46. Гармоніки МДС, що виникають в асинхронному тяговому двигуні і їх вплив на момент двигуна.
47. Втрати потужності в асинхронних тягових двигунах при частотному регулюванні.
48. Застосування лінійних тягових двигунів. Їх відмінності від обертових двигунів.
49. Будова і принцип дії лінійного асинхронного двигуна. Конструктивні різновиди таких двигунів.
50. Крайові ефекти в лінійному асинхронному двигуні.
51. Конструктивне виконання і класифікація лінійних синхронних двигунів.
52. Лінійний двигун постійного струму (конструктивне виконання і принцип дії).
53. Лінійні вентильні двигуни (конструктивне виконання і принцип дії).
54. Особливості лінійних асинхронних двигунів для високошвидкісного наземного транспорту.

55. Кінцеві динамічні і статичні ефекти в лінійних асинхронних двигунах.
56. Особливості будови обмоток в лінійних асинхронних двигунах.
57. Проблема створенні високошвидкісного наземного транспорту на принципі левітації екіпажу.
58. Створення електродинамічного підвішування поїзда. Застосування надпровідних електромагнітів.
59. Конструктивна схема і принцип дії магнітного підвішування з нульовим потоком.
60. Переваги, які має лінійний синхронний двигун перед лінійним асинхронним при застосуванні на залізничному транспорті.
61. Сила тяги в лінійному синхронному двигуні. Конструкція дорожньої обмотки такого двигуна.
62. Як діють сили по координатним осям шляху на рух екіпажу і шлях?
63. Визначення магнітної сили опору руху екіпажу.
64. Визначення необхідної сили тяги в сталому і перехідному режимах руху екіпажу, виходячи з сил опору руху.

Сертифікати проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою можуть бути зараховані за умови виконання вимог, наведених у Положенні про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (затверджено та уведено в дію наказом від 09.05.2023 р. № НОН/157/2023)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцентом кафедри електромеханіки ФЕА, к.т.н., доц. Гайденко Ю.А.

Ухвалено кафедрою електромеханіки ФЕА (протокол № 14 від 02.06.2026 р.)

Погоджено Методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 26.06.2026 р.)