



ТЯГОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>14 «Електрична інженерія»</i>
Спеціальність	<i>141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»</i>
Освітня програма	<i>ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ (ELECTRIC MACHINES AND APPARATUS)</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна (Цикл професійної підготовки)</i>
Форма навчання	Заочна
Рік підготовки, семестр	<i>Перший рік, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів ECTS / 150 годин (Лекції – 12 год., СРС – 138 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / ДКР</i>
Розклад занять	<i>http://roz.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н., доц. Гайденко Юрій Антонович, 0675061948</i>
Розміщення курсу	<i>https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Програму навчальної дисципліни «Тягові електричні машини» складено відповідно до освітньої програми підготовки магістра «Електричні машини і апарати» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою навчальної дисципліни є формування та закріплення 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, на формування та покращення яких спрямована дисципліна:

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)

Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти теоретичною базою таких дисциплін як: «Вища математика», «Загальна фізика», «Теоретичні основи електротехніки», «Електричні машини», «Основи автоматизованого проектування електричних машин», «Теорія автоматичного керування».

Дисципліна “Тягові електричні машини” забезпечує такі спеціальні дисципліни: “Електричні машини систем автоматики”, “Спеціальні електричні машини”, “Наукова робота за темою магістерської дисертації”, тощо.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на **6 розділів**, а саме:

1. **Загальні відомості про тяговий електропривод**, до якого ввійшли питання про: основні види тяги на залізницях України і світу; рівняння руху потягу; фізичні основи утворення сили тяги; види тягових електричних машин.
2. **Колекторні тягові електродвигуни**, до якого ввійшли питання про: властивості тягових електродвигунів (ТЕД) постійного струму; математичний опис та характеристики ТЕД постійного струму; ТЕД пульсуючого струму; комутація в колекторних ТЕД.
3. **Безколекторні тягові електродвигуни**, до якого ввійшли питання про: асинхронні тягові електродвигуни (АТД); закон частотного регулювання АТД; вентильні тягові двигуни; тягові двигуни електромобіля; лінійні тягові електродвигуни.
4. **Допоміжні тягові електричні машини і трансформатори**, до якого ввійшли питання про: загальні положення про допоміжні тягові електричні машини (ТЕМ); деякі види допоміжних ТЕМ; тягові трансформатори електрорухомого складу.
5. **Системи охолодження тягових електричних машин**, до якого ввійшли питання про: вентиляція тягових електричних машин; нагрівання й охолодження тягових електричних машин; нагрівостійкість ізоляції в ТЕМ.
6. **Проектування та випробовування тягових електричних машин**, до якого ввійшли питання про: особливості проектування ТЕМ; випробування ТЕМ; визначення основних характеристик і ККД.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Тягові електричні машини електрорухомого складу: навчальний посібник / В.М. Безрученко, В.К. Варченко, В.В. Чумак. Дніпро: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2003. 252 с. – ISBN: 966-8471-00-8.
2. Тягові електричні двигуни. За редакцією доцента к.т.н. Ю.С.Коробкова. / В.Д. Флора. Запоріжжя: Інформаційна система iElectro, 2011. 318 с.
3. Hughes A. Electric motors and drives: Fundamentals, types, and applications. 3rd ed. Oxford : Elsevier/Newnes, 2006. 410 p. – ISBN-13: 978-0-7506-4718-2
4. Robert Henry Smith. Electric Traction. Franklin Classics, 2018. 500 p. ISBN: 978-0-3439-6194-7

5. M. A. Chaudhari, S. M. Chaudhari. *Modern Electric Traction* [eBook]. 2nd ed. : Nirali Prakashan, 2018. 205 p. – ISBN: 978-9-3516-4325-8

6. Дистанційний курс:

«Тягові електричні машини» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209>

Додаткові:

7. Напара Ю. Б., Васильєв В. Є. *Теорія тягового електропривода: Методичні вказівки до виконання курсового проекту "Проектування тягового асинхронного двигуна"* / Дніпропетр. нац. ун-т залізничн. трансп. ім. академіка В. Лазаряна. - Д., 2008. - 44 с.
8. *Тягові електричні машини: методичні вказівки до виконання лабораторних і учбово-дослідницьких робіт / уклад.: В. М. Безрученко, С. Л. Марікуца.* Дніпропетр. нац. ун-т залізничн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізничн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2012. - 43 с.
9. *Методичні вказівки з вивчення дисципліни "Тягові електричні двигуни" та виконання контрольних завдань для студентів спеціальності 7.050702 "Електричні машини та апарати" усіх форм навчання / уклад. каф. електричн. машин Запорізьк. нац. техн. ун-т. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2011 – 19 с.*

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	<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> <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.</p>

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 2. Ч.1

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-2>

Тема 1.4. Види тягових електричних машин

- Основні визначення
- Класифікація ТЕМ за призначенням та за родом струму
- Режим роботи ТЕМ. Умови роботи ТЕМ
- Вимоги, що пред'являються до ТЕМ

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>

2 Розділ 2. Колекторні тягові електродвигуни

Тема 2.1. Властивості ТЕД постійного струму

- Типи та особливості конструкції та режимів роботи ТЕД постійного струму
- Характеристики живлення тягового транспорту постійним струмом
- Потенційна стійкість ТЕД і способи її збільшення
- Номінальні та граничні параметри ТЕД постійного струму

літературні джерела [1], с. 8-25, с. 95-120;

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 3

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3>

Тема 2.2. Математичний опис та характеристики ТЕД постійного струму

- 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

літературні джерела: [1], с. 25-39.

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 4

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3>

Тема 2.3. ТЕД пульсуючого струму

- Характеристика пульсуючого живлення
- Особливості роботи ТЕД при пульсації струму
- Комутація ТЕД при пульсації струму
- Втрати в ТЕД при пульсації струму

літературні джерела: [1], с. 72-94.

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 5

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3>

Тема 2.4. Комутація в колекторних ТЕД

- Критерії оцінки якості комутації
- Причини іскріння щіток
- Утворення дуги на колекторі
- Засоби покращення комутації

	<p>літературні джерела: [1], с. 40-62. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 6 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-3</p>
3	<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 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. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 8 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p> <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. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 9 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p>
4	<p>Тема 3.4. Тягові двигуни електромобіля</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Типи електроживлення в електромобілях ○ Регулювання напруги живлення електродвигунів електромобіля ○ Види компонувань 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 ○ 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. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 10 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p> <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. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 11 та лекція 12 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-4</p>
5	<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. 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. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 13. Ч.2 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5</p> <p>Тема 4.3. Тягові трансформатори електрорухомого складу</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Призначення тягових трансформаторів і умови їх роботи ○ Конструкція, система регулювання напруги та охолодження тягових трансформаторів ○ Сучасні види тягових трансформаторів <p>літературні джерела: [1], с. 217-229. дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 14 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-5</p>
6	<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 напори повітря

- Характеристики вентиляційних систем
- Принципи розрахунків вентиляційної системи ТЕМ
- Аеродинамічні характеристики: очищення і фільтрація повітря

літературні джерела: [1], с. 177-197.

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 15

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6>

Тема 5.2. Нагрівання й охолодження ТЕМ

- Нагрівостійкість ізоляції
- Перегрів і його визначення
- Основні положення теорії нагрівання
- Визначення кривих нагріву і охолодження

літературні джерела: [1], с. 198-216.

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 16

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-6>

Розділ 6. Проектування та випробування тягових електричних машин

Тема 6.1. Особливості проектування ТЕМ

- Габаритні умови розміщення на електрорухомому складі
- Вибір основних параметрів ТЕД
- Особливості конструювання ТЕД: якоря, обмотки, колектора

літературні джерела: [2], с. 137-182.

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 17

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-7>

Тема 6.2. Випробування ТЕМ

- 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

літературні джерела: [1], с. 230-247.

дистанційний курс «Тягові електричні машини», лекція 18

<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=209#section-7>

Практичні заняття

Практичні заняття навчальним планом не передбачені.

Лабораторні роботи

Лабораторні роботи навчальним планом не передбачені.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять	36
2	Виконання ДКР, яка складається з трьох частин	54
3	Підготовка до екзамену	48
РАЗОМ:		138

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, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях. Виконання домашньої контрольної роботи (ДКР) 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 перевищує 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 ДКР;
- політика дедлайнів та перескладань: якщо студент не проходив ДКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів ДКР не передбачено;
- 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, в 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 (РСО)

Поточний контроль: Домашня контрольна робота (ДКР), яка складається з трьох частин.

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

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: виконання ДКР, семестровий рейтинг більше 30 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

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- виконання **1** (складається з трьох частин) домашньої контрольної роботи (ДКР).

Лабораторні роботи	РГР	ДКР	R_c	R_E	R
–	–	60	60	40	100

Домашня контрольна робота

Ваговий бал – **20**.

Максимальний бал за ДКР – $20 \times 3 = 60$ балів.

Критерії оцінювання

- Повне і точне виконання – **20 балів**.
- Відповіді неточні є окремі несуттєві помилки – **11...19 балів**.
- Відповіді неповні, є окремі суттєві помилки – **1...10 балів**.
- Відповіді неправильні – **0 балів**.

Календарний контроль базується на поточній рейтинговій оцінці. Умовою позитивної атестації є значення поточного рейтингу студента не менше 50% від максимально можливого на час атестації.

Форма семестрового контролю – екзамен

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань.

Якщо поточний рейтинг $r_c \geq 0,6R$, тобто **60 балів і більше** – за бажанням студента, рейтинговий бал r_c може бути зарахований автоматично без складання екзамену.

Якщо поточний рейтинг r_c в межах **(0,3 ... 0,59)*R**, тобто **30 ... 59 балів** – студент обов'язково виконує екзаменаційну роботу.

Максимальна кількість балів екзамену – **$R_E = 40$ балів**.

Критерії оцінювання екзамену

- повне і правильне виконання завдання; вичерпні і логічні відповіді на всі питання (при необхідності, і на додаткові) – **$R_E = 35...40$ балів**;
- відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни – **$R_E = 25...34$ 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 – **$R_E = 15...24$ 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**.

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 підвищення.*
27. *Особливості комутації в щітково-колекторному апараті 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 якорного 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 якорного 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 обертючих 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 № 10 від 19.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ФЕА (протокол № 10 від 22.06.2023 р.)