

Український державний університет залізничного транспорту

Затверджено на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
протокол №11 29.08.2024 року



СИЛАБУС

з дисципліни

ТЯГОВІ ТА ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ

I семестр 2024/2025 р.

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма – «Електропостачання та ресурсозберігаючі технології»

Час та аудиторія проведення занять – згідно розкладу занять <http://rasp.kart.edu.ua>

**Лекції , практичні та лабораторні заняття проводить
доцент Супрун Олександр Данилович, danilovih697@gmail.com ,**

Заняття в ZOOM, ідентифікатор 5914358235;пароль 252253

Надійна робота електроустраткування тягових підстанцій є одним з основних чинників, що визначають стабільне тягове електропостачання залізниць. Силкові трансформатори є основними елементами електричних мереж та систем електричної тяги, а споживачами перетвореної енергії являється електро рухомий склад залізниць. На залізницях України тягове електропостачання здійснюється від 305 стаціонарних та пересувних тягових підстанцій. Використовуються тягові підстанції для живлення міського електротранспорту і електровозів метрополітену Метою викладання навчальної дисципліни "Тягові та трансформаторні підстанції" є визначення місця тягових підстанцій в системах електропостачання залізниць, їх призначення, склад, внутрішні і зовнішні зв'язки як між окремими електроустановками тягових мереж і не тягових споживачів.

..Курс має на меті сформувати та розвинути наступні компетентності студентів:

1. **Ціннісно-сміслову компетентність** (формування та розширення світогляду студента в області електроенергетики, основних положень та принципів побудови тягових підстанцій здатність до розуміння основних режимів роботи систем тягового електропостачання та їх впливу на параметри обладнання тягових трансформаторів);
2. **Загальнокультурну компетентність** (розуміння культурних, історичних та регіональних особливостей, що склалися в Україні та за її межами в області електрифікованого залізничного транспорту);
3. **Навчально-пізнавальну компетентність** (формування у студента зацікавленості здійснювати тягові розрахунки для проектування систем електропостачання залізниць та метрополітенів; здійснювати вибір основного обладнання систем електричної тяги за результатами розрахунків їх експлуатаційних параметрів; застосовувати одержані знання у своєму подальшому навчанні професійно-орієнтовних дисциплін, пов'язаних з об'єктами тягового електропостачання, а також у процесі виконання дипломного проекту та професійних обов'язків при експлуатації).
4. **Інформаційну компетентність** (розвиток вмінь студента до самостійного пошуку, аналізу, структурування та відбору потрібної інформації в області електроенергетики за допомогою сучасних інформаційних технологій)
5. **Комунікативну компетентність** (розвиток у студента навичок роботи в команді шляхом реалізації групових проектів в області електроенергетики, придбання умінь в умовах виробничої діяльності, вміння презентувати власний проект та кваліфіковано вести дискусію у досліджуваній сфері);
6. **Компетентність особистісного самовдосконалення** (елементи фізичного, духовного й інтелектуального саморозвитку, емоційної саморегуляції та самопідтримки; підтримка постійної жаги до самовдосконалення та самопізнання, шляхом постійного пошуку нетрадиційних підходів до проблем електроенергетики).

Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо вас цікавить електроенергетика на залізничному транспорті, якісна освіта першого (бакалаврського) рівня і в подальшому другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» і освітньою програмою «Електропостачання та ресурсозберігаючі технології» вам потрібно саме це!

Від здобувачів очікується: базове розуміння фізики, теоретичних основ електротехніки, основ електроніки, мікро схемотехніки, основ електропостачання а також обізнаність в питаннях математичного, фізичного та імітаційного моделювання систем електричної тяги.

Вивчення даного курсу є базовим в подальшій підготовці фахівців за спеціальністю: 141_«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» і освітньою програмою «Електропостачання та ресурсозберігаючі технології»

Програма навчальної дисципліни складається з таких змістових модулів: 1. Тягова підстанція як центр живлення функціональних СЕП залізниць. 2. Склад, устрій та кола вторинної комутації тягових підстанцій залізниць. 3. Розрахунок струмів короткого замикання у системах електропостачання. 4. Нові схемо технічні рішення систем тягового електропостачання.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті і особисто - у робочий час.

Огляд курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, дає студентам глибоке розуміння режимів роботи енергосистеми та приймачів електричної енергії
 Курс складається з однієї лекції на тиждень і одного практичного заняття раз у два тижні. Він супроводжується текстовим матеріалом, презентаціями та груповими завданнями. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання протягом обговорень в аудиторії та розробки розрахунково графічної роботи. В рамках курсу передбачають лекції запрошених роботодавців

Тягові та трансформаторні підстанції / схема курсу

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Запрошені лектори	
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Обговорення в аудиторії	
	Групові завдання	
	Експерсії	
	Індивідуальні консультації	
	Онлайн форум	
	Залік	

Практичні заняття курсу передбачають виконання групових проектів з для потреб електричного транспорту (групи від 3х до 5 осіб) та презентацію власних проектів в кінці курсу. Проект фіналізується короткою роботою. Виконання завдання супроводжується зануренням у суміжні дисципліни, що доповнюють теми, та формує у студента інформаційну та комунікативну компетентності.

Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<http://kart.edu.ua/mat-po-fak-ua/mat-fak-meh-ua>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету у розділі «дистанційне навчання» поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати підчас підготовки для обговорення в аудиторії. Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку наступної лекції. Ви повинні бути готовими до дискусій та мозкових штурмів – ми хочемо знати, що ви думаєте!

Приклади питань для обговорення доступні на слайдах відповідних презентацій. Ось деякі з них:

1. Тягова підстанція як центр живлення функціональних СЕП залізниць
2. . Склад, устрій та кола вторинної комутації тягових підстанцій залізниць.
3. Розрахунок струмів короткого замикання у системах електропостачання
4. Нові схемо технічні рішення систем тягового електропостачання залізниць.

Додаткові відеоматеріали можна знайти на нашому YouTube каналі

SmartEnergy - це онлайн-форум для цього курсу. Тут студенти можуть задавати питання, а також обговорювати і аналізувати теми енергетичних ресурсів поза лекціями. Студенти

можуть задавати питання про матеріал курсу, індивідуальні завдання та електропостачання залізничного транспорту в цілому і отримувати швидкі відповіді від викладачів. Студентам пропонується відповісти на питання ваших однолітків теж! **SmartEnergy** також є місцем, де студенти і викладачі можуть публікувати «новини у сфері енергетики», для обміну думками та інформацією.

Щоб зареєструватися, виберіть вкладку «форуми» в www.kart.edu.ua, потім оберіть **SmartEnergy** та «приєднатися як студент»

Приєднуйтесь до нашого форуму – ми любимо говорити про енергетичні питання!



Теми курсу



Лекції , практичні та лабораторні заняття

Список основних лекцій курсу наведений нижче. Пильнуйте за змінами у розкладі.

Тиждень	Кількість годин	Тема та зміст лекції	К-ть год.	Тема та зміст практичних (лабораторних) занять
1	2	Змістовий модуль 1. Тягова підстанція як центр живлення функціональних СЕП залізниць Тема 1. Загальна характеристика систем тягового електропостачання Л.1 Вступ. Загальні відомості про системи електричної тяги, їх склад та різновиди. Схеми зовнішнього електропостачання тягових підстанцій постійного і змінного струму.	2	Лабораторна робота №1 Дослідження кіл і елементів системної автоматики
1	2	Тема 1. Л.2 Система тягового електропостачання змінного струму. Узагальнена функціональна схема тягової підстанції змінного струму. Схема живлення контактної мережі від однофазних трансформаторів. Схема живлення контактної мережі від трифазних трансформаторів.		
2	2	Тема 1. Л.3 Система тягового електропостачання постійного струму. Узагальнена функціональна схема тягової підстанції постійного струму. Схема одно- та двобічного живлення тягової мережі постійного струму.	2	Пз №1 Конструктивне виконання тягових підстанцій постійного струму. Розподільчі пристрої РП-3,3кВ
3	2	Тема 1. Л4 Пристрої електропостачання нетягових залізничних споживачів.	2	Лабораторна робота №1 Дослідження кіл і елементів системної автоматики
3	2	Тема 2. Розподільчі пристрої тягових та трансформаторних підстанцій. Л.5 Комутаційне та захисне обладнання розподільних пристроїв		
4	2	Тема 2. Л.6 Головні схеми електричних з'єднань підстанцій. Схеми РП 110 (220) кВ тягових підстанцій. Схема РП 27,5кВ.	2	Пз №2 Швидкодіючі вимикачі постійного струму напругою 3.3 кВ (АБ-2/4; ВАБ-28; ВАБ-43; ВАБ-49; ВАБ – 70)

5	2	Тема 2. Л.7 Розрахунок потужності тягової підстанції та вибір обладнання		
5	2	Тема 3. Тягові підстанції постійного струму. Л.8 Схеми та конструкція розподільчих пристроїв електричної тяги постійного струму напругою 110,35,10 (6) кВ.	2	Лабораторна робота №2 Дослідження випрямляючих пристроїв
6	2	Тема3. Л.9 Перетворювальні агрегати. Типи і конструкції перетворювальних трансформаторів Типи, схеми та конструкція випрямляючих пристроїв.	2	Пз №3 Визначення потужності тягових підстанцій
7	2	Тема 4. Тягові підстанції змінного струму. Л.10 Схеми та конструкції розподільчих пристроїв змінного струму напругою 220, 110, 35, 27,5, та 10 кВ.	2	Лабораторна робота №2 Дослідження випрямляючих пристроїв
7	2	Тема 4. Л.11 Силові трансформатори тягових підстанцій змінного струму. Вибір потужності підстанцій.		
8	2	Тема 5. Кола вторинної комутації тягових підстанцій залізниць. Л.12 Захист електрообладнання на тягових підстанціях від атмосферних та комутаційних перенапруг.	2	Пз №4 Перетворювальні агрегати
9	Модуль 1			
		Змістовий модуль 2. Розрахунок струмів короткого замикання у системах електропостачання Тема 6. Струми короткого замикання у системах електропостачання. Розрахунок і вибір основного обладнання тягових підстанцій.	2	Пз №5 Конструктивне виконання тягових підстанцій змінного струму. Схеми РП-27,5кВ 110(220)кВ
10	2	Тема 6. Л.13 Види, причини та наслідки к. з. Розрахунок струмів трифазного к. з. в іменованих і у відносних одиницях.		
11	2	Тема 6. Л14 . Електродинамічна дія струмів к. з. Термічна дія струмів к. з. Перевірка електрообладнання на динамічну та термічну стійкість.		
11	2	Тема 6. Л15 Правила вибору основного обладнання тягових підстанцій	2	Лабораторна робота №3 Випробування схем вмикання трифазних лічильників
12	2	Тема 7 Власні потреби і резервні джерела тягових підстанцій. Л16. Акумуляторне господарство тягових підстанцій	2	Пз №6 Розрахунок струмів К.З у тягових мережах у відносних одиницях.
		Тема 7 Л.17 Дизель-електричні	2	Лабораторна робота №4

13	2	станції тягових підстанцій.		Дослідження ефективності компенсації реактивної потужності.
13	2	Тема 8. Л18 Заходи з підвищення якості електричної енергії у системах тягового електропостачання. Л.16 Пристрої компенсації реактивної потужності.		
14	2	Тема 8. Л19 Регулювання напруги на тягових підстанціях		
15	2	Тема9. Комплектно – блочна технологія побудови тягових підстанцій. Л.20 Підсистеми тягових підстанцій. Основні компоненти підсистем.	2	Пз №7 Вибір основного обладнання тягових підстанцій
15	2	Тема 10. Нове комутаційне обладнання Л.21 Л.21 Вакуумні вимикачі. Елегазові вимикачі. Швидкодіючі вимикачі постійного струму. Фізичні основи комутації струму в вимикачах постійного струму. Фізичні основи комутації струму в вимикачах змінного струму..	3	Лабораторна робота №5 Випробування схем контролю ізоляції
16	2	Тема 11. Схемо технічна реалізація підсистем тягових підстанцій Л.22 Номенклатура підсистем, виконаних по технологіям повної заводської готовності. Закриті розподільні пристрої 3,3 кВ. Закриті розподільні пристрої 27,5 кВ. Закриті розподільні пристрої 6(10) кВ. Компоновочні рішення тягових підстанцій.	1	Пз №8 Розподільчі пристрої змінного струму та компонування ТП.
Модуль 2				
Іспит				

В якості індивідуальних завдань передбачено виконання студентами курсового проекту на тему: «Розробка трансформаторної підстанції» за індивідуальними завданнями, що охоплює декілька найбільш важливих тем.

Розділи	Відсоток обсягу КП
1. Визначення розрахункових навантажень цехів. Визначення ЦЕН та місця розташування тягової підстанції	30%
2. Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП Вибір кількості та потужності трансформаторів ТП. Вибір потужності КП у СЕП станції	30%
3. Розробка схеми електропостачання залізничної станції. Розрахунок струмів КЗ на шинах НН ТП	30%
4. Оформлення КП та графічної частини згідно з вимогами студентської навчальної звітності та наукових робіт.	10%

Правила оцінювання

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (5, 4, 3,) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

Визначення назви за державною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
ВІДМІННО – 5	Відмінно – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	Дуже добре – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	Добре – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	Задовільно - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	Достатньо – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	Незадовільно – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	Незадовільно - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

Завдання на самостійну роботу:

- Студентам пропонується обрати один з 8 варіантів тем для створення власного проекту впродовж семестру. За вчасне та вірне виконання завдання нараховується **20 балів до поточного модульного контролю**. За вчасне та частково вірне виконання – від 15 до 25 балів. За невиконане завдання бали не нараховуються. Необхідний обсяг виконання завдання складає 50% на перший модульний контроль і 100% на другий модульний контроль. Пербіг поточного виконання завдання та питання для обговорення надсилаються на e-mail викладача або перевіряються ним особисто.
- Студенти мають прорецензувати одну роботу іншого студента або групи впродовж семестру (на онлайн форумі) або очно та висловити свої критичні зауваження.
-

№ з/п	Теми проектів
1	Конструктивне виконання тягових підстанцій постійного струму. Розподільчі пристрої РП-3,3кВ
2	Конструктивне виконання тягових підстанцій змінного струму. Схеми РП – 27,5 кВ. Схеми РП 110(220,35) кВ
3	Визначення потужності трансформаторів тягових підстанцій
4	Швидкодіючі вимикачі постійного струму напругою 3.3 кВ (АБ-2/4; ВАБ-28; ВАБ-43; ВАБ-49; ВАБ – 70)
5	Перетворюючі агрегати
6	Розрахунок струмів трифазного к. з. в іменованих і у відносних одиницях.
7	Вибір основного обладнання тягових підстанцій

8	Резервні джерела тягових підстанцій
9	Регулювання напруги на тягових підстанціях за допомогою трансформаторів з РПН та ПБВ.
10	Схемні рішення підсистем комплектно-блочних тягових підстанцій.
11	Новітнє комутаційне обладнання тягових підстанцій
12	Схемо технічна реалізація підсистем тягових підстанцій виконаних по технологіям повної заводської готовності

Відвідування лекцій:

Бали за цю складову нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більш 50% лекційних занять у модулі без поважних причин. За відвідування кожної лекції нараховується 1 бал. **Максимальна сума становить 15 балів.**

Ступінь залученості:

Мета участі в курсі – залучити вас до дискусії, розширити можливості навчання для себе та своїх однолітків та дати вам ще один спосіб перевірити свої погляди на питання застосування сучасних відновлювальних джерел для електропостачання залізничного транспорту. Участь буде оцінюватися на основі кількості та вірності ваших відповідей. Питання, хоча й заохочуються, однак не оцінюються в цьому блоці. Ми намагаємося надати всім студентам рівні та справедливі можливості для підвищення власною залученості. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Практичні заняття:

Оцінюються за відвідуваннями (до 3 балів), ступенем залученості (до 7 балів) та стислою презентацією виконаного завдання (до 5 балів). Ступінь залученості визначається участю у роботі дискусійного клубу з питань енергетичної незалежності та безпеки залізниці і держави в цілому. **Максимальна сума становить 15 балів.**

Модульне тестування:

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (20 питань в тесті, кожна вірна відповідь оцінюється в 2 бали). **Максимальна кількість становить 40 балів за модуль.**

Залік:

- Студент отримує залік за результатами модульного 1-го та 2-го контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів тестування). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає заліковий бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на заліку, відповівши на питання викладача

Експерсії

Впродовж семестру заплановано експерсію на підприємства енергетичного господарства, зокрема:

- відвідування тягової підстанції

За результатами експерсії студенту пропонується зробити коротку презентацію (до 10 слайдів), яка буде оцінюватися додатковими балами (за потреби). **Максимальна сума становить 5 балів за презентацію.**