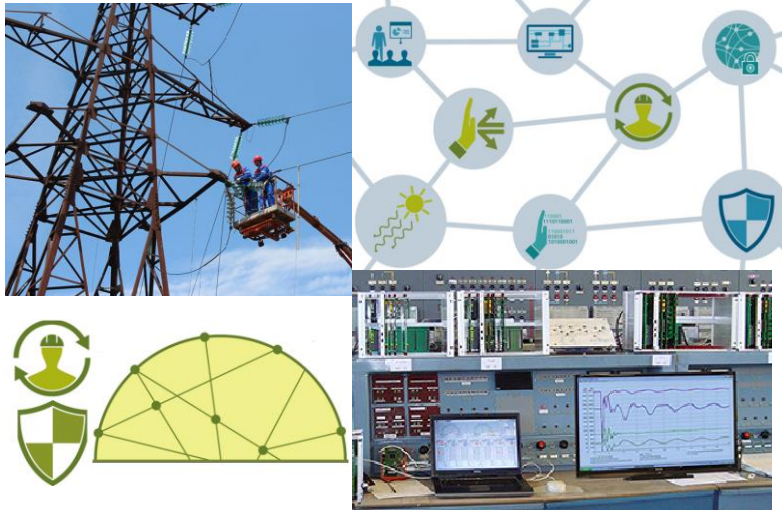


# УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Затверджено на засіданні кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки протокол № 1 від 29.09.2024 р.



## Силабус з дисципліни **СТІЙКІСТЬ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В ПЕРЕХІДНИХ ТА АВАРІЙНИХ РЕЖИМАХ**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

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>

Команда викладачів:

**Лектори:** Семененко Юрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент  
**Контакти:** [semenenko\\_jo@kart.edu.ua](mailto:semenenko_jo@kart.edu.ua)

**Веб-сторінки курсу:**

Веб сторінка курсу: <http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/perelik-osnovnikh-distsiplin-kafedri-aset-ua>  
Додаткові інформаційні матеріали: [www.metod.kart.edu.ua](http://www.metod.kart.edu.ua)

Створення та експлуатація систем електропостачання (СЕП) пов'язані із значними витратами матеріальних ресурсів. Тому таку велику роль відіграє підвищення економічності СЕП з високим рівнем надійності роботи в різних умовах і режимах експлуатації, включаючи перехідні та аварійні режими. У цьому зв'язку до СЕП, їхніх режимів роботи і якості електроенергії, що можна оцінити на основі досліджень перехідних процесів, ставляться підвищені вимоги. У західних країнах з розвинутою економікою достатньо уваги приділяється вирішенню питань необхідності удосконалення СЕП, що викликана швидким розвитком промисловості, високотехнологічних виробництв, транспорту, будівництва, агропромислового комплексу. СЕП цих комплексів характеризуються багаторівневими ступенями розподілу електроенергії; великими вузлами навантаження з різними видами перетворення параметрів електромагнітної енергії, складом електроприймачів. Вивчаючи цей курс, студенти зрозуміють основні поняття щодо статичної та динамічної стійкості, а також отримають уявлення про методи дослідження та розрахунку перехідних процесів, спрямованих на створення СЕП нового технічного рівня, збереження стійкості їх режимів з необхідним рівнем економічності, якості електроенергії, надійності і безпеки експлуатації. Курс має на меті сформулювати та розвинути наступні компетентності студентів:

- 1. Ціннісно-смыслову компетентність** (формування та розширення знань студента в області забезпечення стійкості систем електропостачання);
- 2. Загальнокультурну компетентність** (розуміння культурних, історичних та регіональних особливостей, що склалися в Україні та за її межами в області вироблення електричної енергії, зовнішнього та тягового електропостачання);
- 3. Навчально-пізнавальну компетентність** (формування у студента зацікавленості про стан та перспективи розвитку комп'ютеризованих засобів керування, що забезпечують стійкість роботи систем електропостачання, оцінювати технічний рівень їх реалізації та перспективи їх удосконалення; здатність студента формувати цілі дослідження та, з метою їх вирішення, вміння знаходити рішення у будь-яких ситуаціях в контексті забезпечення стійкості електропостачання);
- 4. Інформаційну компетентність** (розвиток вмінь студента до самостійної роботи з проектування, обслуговування та експлуатації складових елементів та засобів керування систем електропостачання, що забезпечують стійкість їх роботи в перехідних та аварійних режимах);
- 5. Комунікативну компетентність** (розвиток у студента навичок роботи в команді шляхом реалізації групових проектів в області стійкості системи електропостачання, 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 різноманітних підходів до проектування, обслуговування та експлуатації складових елементів і засобів керування систем електропостачання, що забезпечують стійкість їх роботи в перехідних та аварійних режимах).

## Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо вас цікавить основні напрямки та перспективи застосування сучасних автоматизованих систем електропостачання, вам потрібно саме це!

Від здобувачів очікується: базове розуміння фізики, перетворювальної техніки, тягових підстанцій, системи електропостачання в цілому, а також обізнаність в питаннях релейного захисту.

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

## Огляд курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, дає студентам глибоке розуміння необхідності забезпечення стійкості різних режимів системи електропостачання та можливостей подальшого застосування її потенціалу для потреб залізничного транспорту України.

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 проекту з стійкості системи електропостачання в перехідних та аварійних режимах.

## Стійкість системи електропостачання в перехідних та аварійних режимах / схема курсу

<b>Поміркуй</b>	Лекції	<b>Виконай</b>
	Запрошені лектори	
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Обговорення в аудиторії	
	Групові завдання	
	Екскурсії	
	Індивідуальні консультації	
	Онлайн-консультації	
	Залік	

Практичні заняття курсу передбачають виконання групових проектів з забезпечення стійкості роботи системи електропостачання в перехідних та аварійних режимах (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 під час підготовки для обговорення в аудиторії. Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку наступної лекції. Під час обговорення ми запропонуємо вам критично поміркувати над тим, як забезпечується стійкість різних режимів системи електропостачання та можливостей подальшого застосування її потенціалу для потреб залізничного транспорту України. Ви повинні бути готовими до дискусій та мозкових штурмів – ми хочемо знати, що ви думаєте!

Приклади питань для обговорення доступні на слайдах відповідних презентацій.

Нижче наведені деякі з них:

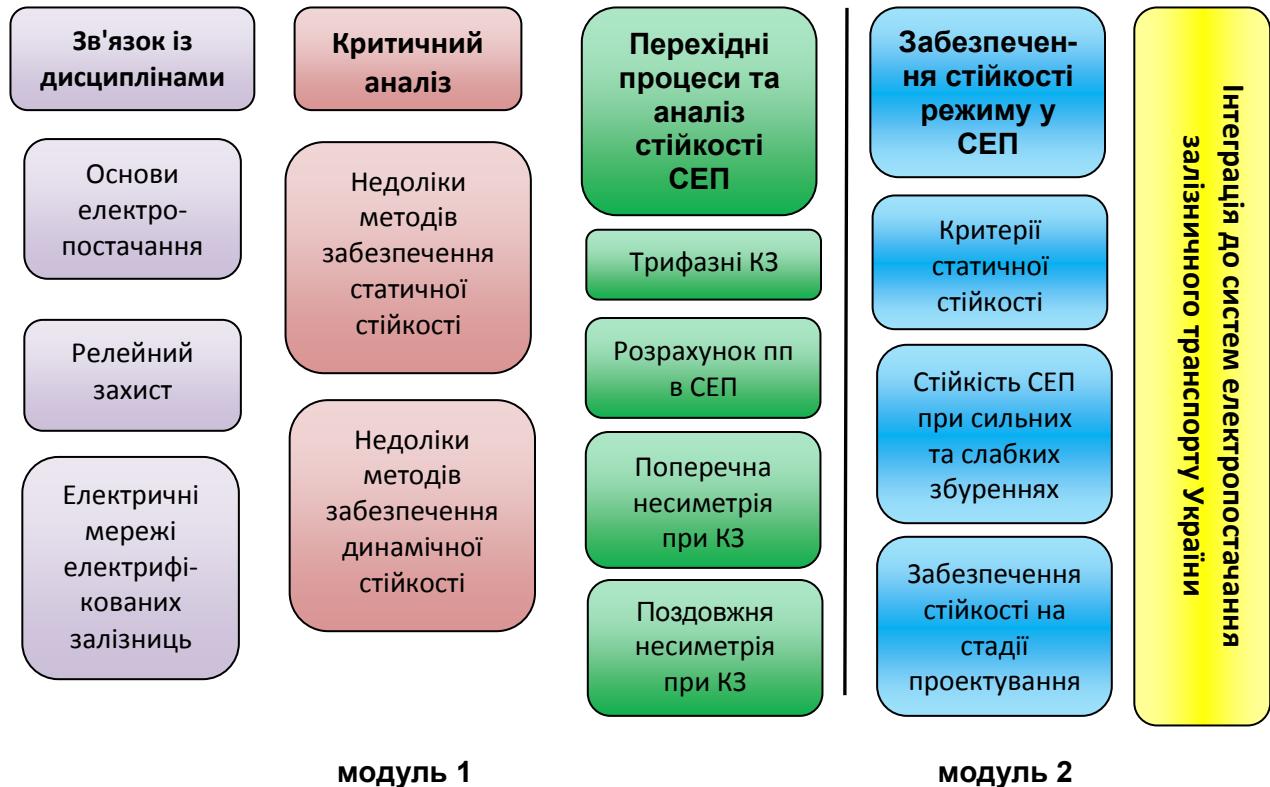
- 1) Які явища належать до перехідних процесів? Який з наслідків короткого замикання є найбільш важким?
- 2) Які види короткого замикання належать до несиметричних, а які – до симетричних коротких замикань?
- 3) Яким чином співвідносяться між собою струми нульової, прямої та зворотної послідовності при однофазному к.з.?
- 4) В чому полягає особливість розрахунку струмів і напруг при двофазному к.з.?

SmartEnergy - це онлайн-форум для цього курсу. Тут студенти можуть задавати питання, а також обговорювати і аналізувати теми стійкості 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](http://www.kart.edu.ua), потім оберіть SmartEnergy та «приєднатися як студент»

Приєднуйтеся до нашого форуму – ми любимо говорити про питання в забезпечені стійкості системи електропостачання!

## Теми курсу



## Лекції та практичні заняття

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

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних занять
1	2	<b>Тема 1. Поняття про перехідні процеси та аналіз стійкості СЕП.</b> Загальні відомості про перехідні процеси та аналіз стійкості систем електропостачання. Розрахунок перехідних процесів у системах електропостачання, схеми заміщення.	2	Розрахунок перехідних процесів у системах електропостачання. Складання розрахункових схем та схем заміщення системах електропостачання.
2	2	<b>Тема 1. Поняття про перехідні процеси та аналіз стійкості СЕП.</b> Математичні моделі машин змінного струму, перехідні та надперехідні індуктивні опори та електрорушійна сила.		
3	2	<b>Тема 2. Перехідні процеси при трифазних коротких замиканнях у СЕП.</b> Трифазні короткі замикання у різних у різних точках системах електропостачання. Розрахунок перехідних процесів у системах електропостачання.	2	Дослідження статичної стійкості у системі «ЕГ – шини незмінної напруги».

4	2	<b>Тема 2. Перехідні процеси при трифазних коротких замиканнях у СЕП.</b> Розрахунок перехідних процесів у системах електропостачання при трифазних коротких замиканнях.		
5	2	<b>Тема 2. Перехідні процеси при трифазних коротких замиканнях у СЕП.</b> Розрахунок струму при трифазних коротких замиканнях у системах електропостачання за методом накладання.	2	Дослідження динамічної стійкості.
6	2	<b>Тема 3. Перехідні процеси при порушенні симетрії у трифазній мережі</b> Поперечна несиметрія при коротких замиканнях у трифазній мережі. Методи розрахунків несиметричних коротких замикань.		
7	2	<b>Тема 3. Перехідні процеси при порушенні симетрії у трифазній мережі</b> Поздовжня несиметрія та складні види пошкоджень у системах електропостачання.	2	Дослідження динамічної стійкості у системі «ЕГ-ЕП-шини незмінної напруги і частоти».
Модульний контроль №1				
8	2	<b>Тема 3. Перехідні процеси при порушенні симетрії у трифазній мережі</b> Технічні засоби обмеження струмів коротких замикань у системах електропостачання.		
9	2	<b>Тема 4. Стійкість системи електропостачання при слабих та сильних збуреннях</b> Математичні моделі елементів системи електропостачання. Критерії статичної стійкості системи електропостачання. Використання практичних критеріїв статичної стійкості системи електропостачання.	2	Дослідження статичної стійкості вузла навантаження.
10	2	<b>Тема 4. Стійкість системи електропостачання при слабих та сильних збуреннях</b> Динамічна стійкість режиму у системах електропостачання та методи її оцінки.		
11	2	<b>Тема 4. Стійкість системи електропостачання при слабих та сильних збуреннях</b> Стійкість режиму роботи синхронних та асинхронних двигунів, вплив параметрів мережі.	2	Дослідження статичної стійкості вузла навантаження у системах електропостачання.

12	2	<b>Тема 5. Стійкість режиму вузла навантаження при слабих та сильних збуреннях</b> Причини та наслідки сильних збурень у вузлах навантаження.		
13	2	<b>Тема 5. Стійкість режиму вузла навантаження при слабих та сильних збуреннях</b> Рівняння електромеханічних перехідних процесів у асинхронних та синхронних двигунах.	2	Дослідження динамічної стійкості вузла навантаження.
14	2	<b>Тема 6. Забезпечення стійкості режиму у системах електропостачання.</b> Забезпечення стійкості на стадії проектування систем електропостачання.		
Модульний контроль №2				
15	1	<b>Тема 6. Забезпечення стійкості режиму у системах електропостачання.</b> Використання регулювальних пристроїв на електростанціях для забезпечення стійкості режиму у системах електропостачання. Використання засобів захисту та автоматики в системах електропостачання.	1	Дослідження динамічної стійкості вузла навантаження у системах електропостачання.
Іспит з дисципліни				

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

#### Завдання на самостійну роботу:

- Студентам пропонується обрати один з 10 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. Перебіг 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 очно та висловити свої критичні зауваження.

	Теми проектів
1	Критерії стійкості перехідних процесів
2	Статична стійкість систем електропостачання залізничного транспорту
3	Динамічна стійкість систем електропостачання залізничного транспорту
4	Перехідна стійкість систем електропостачання залізничного транспорту
5	Статичні характеристики рухомого навантаження
6	Динамічні характеристики рухомого навантаження
7	Способи та методи розрахунку трифазного струму короткого замикання
8	Способи та методи розрахунку несиметричних коротких замикань
9	Способи та методи розрахунку струмів і напруг при повздовжній несиметрії
10	Сучасні підходи та технічні засоби моделювання перехідних процесів

#### 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 стійкості системи 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.**

#### Іспит:

- Студент отримує оцінку з іспиту 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 бал за іспит. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на іспиті, відповівши на питання викладача.

## **Кодекс академічної доброчесності**

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням:

<http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>

Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

## **Інтеграція студентів із обмеженими можливостями**

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>