

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Затверджено на засіданні
кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
протокол № 1 від 29.08.2024 р.



Силабус з дисципліни **ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

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 Олександр Іванович, кандидат технічних наук, доцент

Веб-сторінка: <http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/kolectuv-kafedru-aset-ua?id=2640>

Контакти: тел.: +38 (057) 730-10-74; e-mail: semenenko_oi@kart.edu.ua

Асистент лектора: Одегов Микола Миколайович, старший викладач

Веб-сторінка: <http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/kolectuv-kafedru-aset-ua?id=2774>

Контакти: тел.: +38 (057) 730-10-74; e-mail: odegov@kart.edu.ua

Години прийому та консультацій: 12.30-13.30 вівторок - четвер

Веб-сторінка курсу: <http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/perelik-osnovnih-distsiplin-kafedri-aset-ua>

Додаткові інформаційні матеріали: <http://metod.kart.edu.ua>

Викладання навчальної дисципліни має на меті засвоєння студентами теорії та практики проектування, виготовлення, монтажу та експлуатації силових напівпровідникових перетворювачів систем електропостачання залізничного, промислового та міського електротранспорту. При цьому ви, як майбутні магістри, будете залучені до розгляду схем існуючих силових перетворювачів, які застосовуються в системах електропостачання електротранспорту, та перспективних, що створюються на базі сучасних силових швидкодіючих напівпровідникових приладів IGBT, MOSFET та IGCT. Основним завданням вивчення дисципліни є підготовка випускника до самостійної роботи з розробки, проектування, обслуговування та ремонту сучасних енергоефективних силових напівпровідникових перетворювачів для систем електропостачання електротранспорту. По закінченню освоєння курсу ви, як магістри з електромеханіки, будете володіти широким спектром інформації про основні напрямки та перспективи застосування силових перетворювачів в системах електропостачання електротранспорту; ви зможете компетентно формулювати вимоги до силових напівпровідникових перетворювачів, проводити аналіз їх можливостей щодо забезпечення ними основних показників якості електричної енергії, оцінювати технічний рівень їх реалізації та перспективи їх удосконалення.

Компетентності курсу

Курс дисципліни має на меті сформувати наступні компетентності студентів:

- 1. Ціннісно-смыслову компетентність** (формування та розширення світогляду студента в області напівпровідникових перетворювачів електричної енергії, здатність до розуміння важливості використання сучасних енергоефективних систем електропостачання залізничного, промислового та міського електротранспорту та мінімізації негативного впливу енергетики на навколишнє середовище).
- 2. Загальнокультурну компетентність** (розуміння культурних, історичних та регіональних особливостей, що склалися в Україні та за її межами в галузі перетворення електричної енергії в енергоефективних системах електропостачання електричного транспорту).
- 3. Навчально-пізнавальну компетентність** (формування у студента зацікавленості про стан та перспективи розвитку напівпровідникових перетворювачів електричної енергії, проблеми їх використання з метою розвитку креативної складової компетентності; оволодіння навичками вимірювання основних показників якості електричної енергії; здатність студента формувати цілі дослідження та вміння знаходити рішення у нестандартних ситуаціях в контексті реалізації енергоефективних систем електропостачання електричного транспорту України).
- 4. Інформаційну компетентність** (розвиток вмінь студента до самостійного пошуку, аналізу, структурування та відбору потрібної інформації в області проектування та застосування напівпровідникових перетворювачів електричної енергії за допомогою сучасних інформаційних технологій).
- 5. Комунікативну компетентність** (розвиток у студента навичок роботи в команді шляхом реалізації групових проектів в області напівпровідникових перетворювачів електричної енергії, 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 створення сучасних напівпровідникових перетворювачів енергії для систем електропостачання електричного транспорту).

Чому ви маєте обрати цей курс?

Якщо вас цікавить проектування та застосування сучасних напівпровідникових перетворювачів електричної енергії, що використовуються в системах електропостачання залізничного, промислового та міського електричного транспорту, вам потрібно саме це!

Від здобувачів очікується: базове розуміння фізики, електротехніки, основ промислової електроніки, а також обізнаність в основних питаннях електропостачання залізничного, промислового та міського електричного транспорту.

Перша частина курсу присвячена використанню тягових перетворювальних агрегатів на базі некерованих та керованих випрямлячів, які застосовуються на підстанціях систем тягового електропостачання постійного струму для залізничного, промислового та міського електричного транспорту, та перспективних систем на базі випрямлячів із ШІМ (активних випрямлячів). Друга частина курсу охоплює питання аналізу, схемо-технічні рішення та застосування широтно-імпульсних перетворювачів, автономних інверторів та перетворювачів частоти для систем електропостачання електричного транспорту України.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті, на форумі і під час особистого спілкування у робочий час.

Огляд курсу

Освоєння цього курсу дає студентам глибоке розуміння будови та принципів дії напівпровідникових випрямлячів, широтно-імпульсних перетворювачів, автономних інверторів та перетворювачів частоти, призначених для роботи в системах електропостачання залізничного, промислового та міського електричного транспорту.

Курс складається з однієї лекції на тиждень і одного практичного заняття раз на 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 силових перетворювачів для систем електропостачання електричного транспорту.

Перетворювальна техніка в системах електропостачання / схема курсу

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

Практичні заняття курсу передбачають виконання групових (групи від трьох до п'яти осіб) або індивідуальних проектів з перетворювальної техніки для систем електропостачання електричного транспорту та презентацію власних проектів в кінці курсу. Виконання завдання супроводжується зануренням у суміжні дисципліни, що доповнюють теми, і формує у студента інформаційну та комунікативну компетентності.

Ресурси курсу

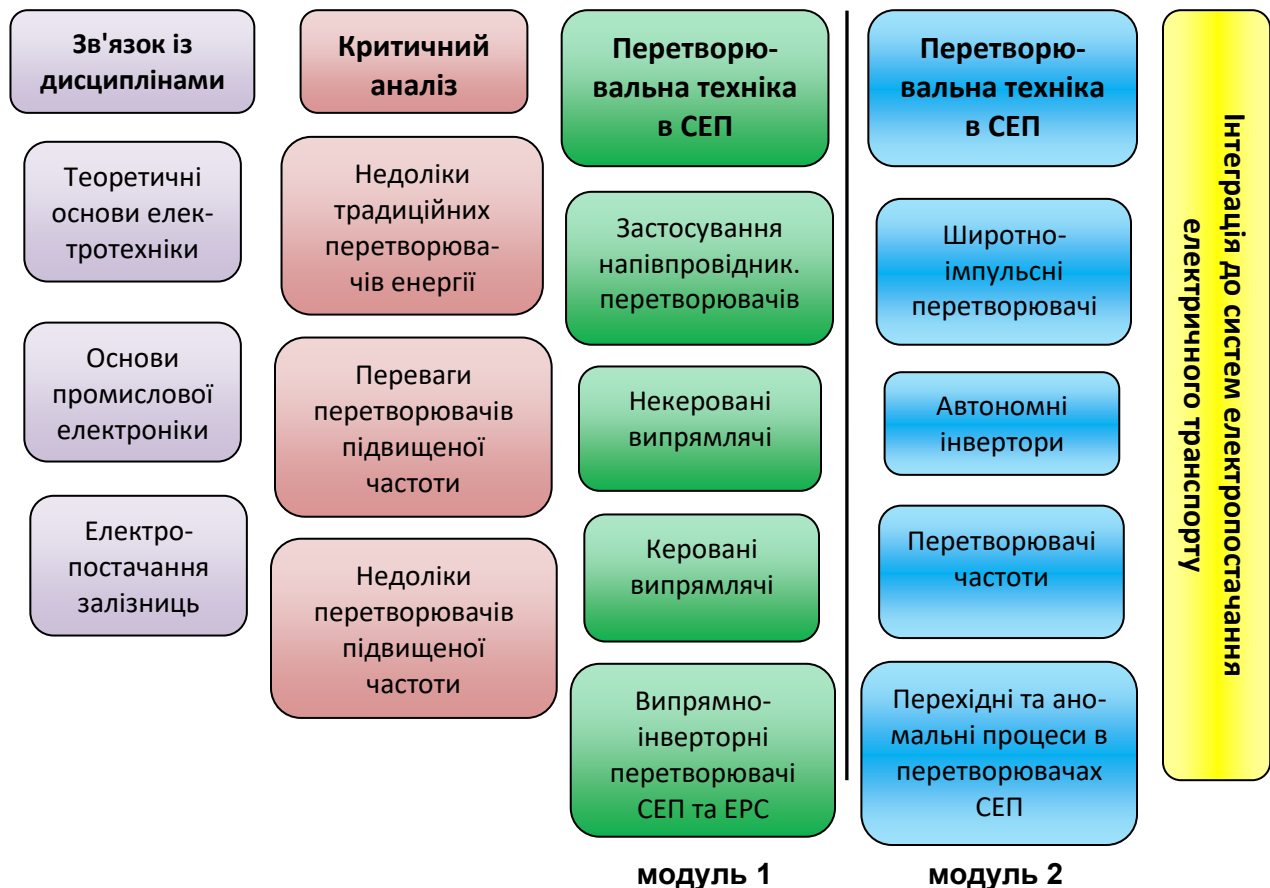
Інформація про курс дисципліни розміщена на сайті Університету (<http://kart.edu.ua/mat-po-fak-ua/mat-fak-meh-ua>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

Додатковий матеріал та посилання на електронні ресурси доступні на сайті Університету поряд із питаннями, над якими необхідно поміркувати під час підготовки для обговорення в аудиторії. Необхідна підготовка повинна бути завершена до початку наступної лекції. При обговоренні ми запропонуємо вам критично поміркувати над тим, де та як використовуються напівпровідникові силові перетворювачі електричної енергії систем електропостачання електричного транспорту в Україні та в інших країнах. 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) Які потенційні або реалізовані екологічні, економічні та технічні наслідки використання сучасних напівпровідникових силових перетворювачів систем електропостачання електричного транспорту?
- 2) Яка нормативно-правова документація та законодавчі акти існують у сфері показників якості електричної енергії в системах електропостачання транспорту?
- 3) Яким чином покращити енергоефективність одного з найбільших споживачів енергії – залізничного транспорту України? Які економічні та технічні наслідки будуть у разі неприйняття таких заходів?
- 4) Якими будуть ваші рекомендації та ваше бачення ефективного застосування напівпровідникових силових перетворювачів електричної енергії в системах електропостачання та на електричному транспорті?

Теми курсу



Лекції та практичні заняття

Список лекцій курсу наведений нижче:

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних занять
1	2	Тема 1. Застосування напівпровідникових перетворювачів. Застосування напівпровідникових перетворювачів у СЕП. Класифікація силових напівпровідникових перетворювачів.	2	Елементи сучасної перетворювальної техніки: силові діоди, одноопераційні тиристори, GTO.
2	2	Тема 1. Застосування напівпровідникових перетворювачів. Силові напівпровідникові ключі та види їх комутації. Елементна база напівпровідникових перетворювачів.	2	Елементи сучасної перетворювальної техніки: IGCT, MOSFET, IGBT та ін.
3	2	Тема 2. Некеровані випрямлячі Основні схеми й характеристики некерованих випрямлячів. Вплив комутації струму на роботу випрямлячів.	2	Елементи напівпровідникових перетворювачів: трансформатори, дроселі, конденсатори.
4	2	Тема 2. Некеровані випрямлячі Трифазні багатопульсні випрямлячі. Вплив випрямлячів на коефіцієнт потужності мережі змінного струму. Склад та улаштування вихідних фільтрів.	2	Трифазні випрямні установки у системах тягового електропостачання та їх розрахунок.
5	2	Тема 3. Керовані випрямлячі. Основні схеми й характеристики керованих випрямлячів, плавне регулювання вихідної напруги.	2	Трифазний шестипульсний випрямляч зі зрівнювальним реактором у системах тягового електропостачання та їх розрахунок.
6	2	Тема 4. Випрямно-інверторні перетворювачі. Тиристорні випрямно-інверторні перетворювачі тягових підстанцій постійного струму.	2	Трифазна мостова випрямна установка у системах тягового електропостачання та її розрахунок.
7	2	Тема 4. Випрямно-інверторні перетворювачі. Тягові випрямлячі із ШІМ, способи підвищення коефіцієнта потужності мережі змінного струму.	2	Трифазні дванадцятипульсні випрямні установки у системах тягового електропостачання та їх розрахунок.
Модульний контроль №1				
8	2	Тема 5. Широтно-імпульсні перетворювачі. Основні види імпульсних перетворювачів. Пульсації струму та напруги, частота модуляції.	2	Розрахунок силового імпульсного перетворювача для пунктів підвищення напруги.
9	2	Тема 5. Широтно-імпульсні перетворювачі. Широтно-імпульсні перетворювачі для СЕП та ЕРС залізниць.	2	Розрахунок силового імпульсного перетворювача для пунктів підвищення напруги. Розрахунок втрат енергії в силових приладах.
10	2	Тема 6. Автономні інвертори Автономні інвертори напруги. Способи регулювання вихідної напруги й частоти.	2	Розрахунок основних параметрів інверторів напруги.
11	2	Тема 6. Автономні інвертори Трирівневі інвертори напруги. Автономні інвертори струму. Застосування інверторів у СЕП та на ЕРС залізниць.	2	Розрахунок основних параметрів інверторів напруги, вибір силових ключів.

12	2	Тема 7. Перетворювачі частоти Перетворювачі частоти, застосування їх у СЕП та на ЕРС.	2	Розрахунок активного випрямляча для ЕРС змінного струму.
13	2	Тема 7. Перетворювачі частоти Матричний безпосередній перетворювач частоти.	2	Розрахунок активного випрямляча для ЕРС змінного струму.
14	2	Тема 8. Перехідні та аномальні процеси в перетворювачах. Перехідні та аномальні процеси в СЕП з силовими перетворювачами.	2	Розрахунок фільтрів для силових перетворювачів.
Модульний контроль №2				
15	2	Тема 8. Перехідні та аномальні процеси в перетворювачах Захист перетворювачів від КЗ та перенапруг в тяговій мережі.	2	Вибір системи захисту перетворювачів від КЗ та перенапруг.
Іспит с 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	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 7 варіантів тем для створення власного проекту або запропонувати тему викладачу самостійно впродовж семестру. За вчасне та вірне виконання завдання нараховується **20 балів до поточного модульного контролю**. За невчасне та частково вірне виконання – від 5 до 15 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 на онлайн форумі або очно та висловити свої критичні зауваження.

	Теми проектів
1	Стратегія ПАТ Укрзалізниця по підвищенню енергоефективності використання електричної енергії застосуванням засобів силової перетворювальної техніки.
2	Використання інверторно-випрямних агрегатів у системах електропостачання залізничного, промислового та міського електротранспорту.
3	Високоєфективні випрямлячі з ШІМ (активні випрямлячі) тягових підстанцій постійного струму.
4	Особливості застосування тягового перетворювального агрегату підстанції постійного струму на базі дванадцятипульсного випрямляча.
5	Застосування активних фільтрів вихідної напруги на підстанціях постійного струму.
6	Застосування активних фільтрів на підстанціях змінного струму.
7	Використання пунктів підвищення напруги у системах тягового електропостачання постійного струму.

Відвідування лекцій:

Бали за цю складову не нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більше 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 напівпровідникових перетворювачів систем 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 застосування сучасних напівпровідникових перетворювачів систем електропостачання залізничного транспорту. **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 складає іспит 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 іспитом. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на іспиті, відповівши на питання екзаменаційного білета.

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/>