



Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



Тягові статичні перетворювачі

Шифр та назва спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Спеціалізація

141.4 Електричний транспорт

Освітня програма

Електромеханіка

Рівень освіти

Перший (бакалаврський)

Семестр

7 (5)

Інститут

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

Кафедра

Електричний транспорт та тепловозобудування (125)

Тип дисципліни

вибіркова

Форма навчання

Денна

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Любарський Борис Григорович

Borys.Liubarskyi@kpi.edu.ua

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри "Електричний транспорт та тепловозобудування" НТУ «ХПІ»

Досвід роботи у НТУ "ХПІ" – понад 23 років. Автор та співавтор понад 200 наукових та методичних публікацій. Курси: «Моделювання систем та пристроїв електричного транспорту», «Тягові електромеханічні перетворювачі», «Тягові статичні перетворювачі».

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](https://web.kpi.kharkov.ua/ett/sklad/)

<https://web.kpi.kharkov.ua/ett/sklad/>

Загальна інформація

Анотація

В рамках курсу розглядаються питання загальних принципів роботи та конструкції тягових статичних перетворювачів електричного транспорту.

Мета та цілі дисципліни

Мета вивчення дисципліни – теоретично і практично підготувати фахівців спеціальності, які володіють теоретичними знаннями та практичними навичками аналізу тягових статичних перетворювачів електротранспорту

Формат занять

Лекції., практичні заняття. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

Здатність використовувати професійні знання з основ електроенергетики: електричної частини станцій та підстанцій, електричних систем і мереж, релейного захисту та автоматики енергосистем та техніки високих напруг для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Здатність використовувати знання з основ електромеханіки: теорії електричних машин, апаратів та автоматизованого електроприводу для вирішення практичних задач в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Здатність дотримуватись в проектах електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного устаткування міжнародних стандартів, норм і технічних умов.

Здатність використовувати сучасні методи розрахунків, моделювання та аналізу режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання і проектування електроенергетичних та електромеханічних систем.

Здатність до обґрунтування прийнятих рішень в процесі виконання проектно-конструкторських та дослідницьких робіт з проектування, створення, експлуатації та ремонту електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць в межах свого роду занять на рівні фахівця з кваліфікацією першого циклу вищої освіти.

Здатність провести відповідні розрахунки для аналізу перехідних та сталих режимів роботи електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць в режимах тяги, вибігу та гальмування поїздів.

Здатність вибирати та застосовувати сучасні технічні засоби для вимірювання параметрів електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць і процесів, які в них відбуваються, аналізувати результати вимірів та застосовувати для контролю та керування.

Результати навчання

Визначати принципи побудови та нормального функціонування елементів електроенергетичних, електротехнічних електромеханічних комплексів та систем

Оцінювати параметри роботи електротехнічного, електроенергетичного та електромеханічного обладнання й відповідних комплексів і систем та розробляти заходи щодо підвищення їх енергоефективності та надійності

Вирішення професійних задач з проектування, монтажу та експлуатації електроенергетичних, електротехнічних, електромеханічних комплексів та систем

Збирати та аналізувати інформацію про ненормальні режими та аварійні ситуації в електричній галузі для унеможливлення їх повторення в майбутньому

Оцінювати небезпеки при виконанні робіт в електроустановках

Оцінювати надійність роботи електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем

Розуміти і пояснювати значення традиційної та відновлювальної енергетики для успішного економічного розвитку країни

Виконувати задачі з технічного обслуговування електроустаткування електричних станцій, підстанцій, систем та мереж, систем електропостачання і електромеханічних систем за допомогою відповідних інструкцій та практичних навичок

Знати та вміти розробляти прості конструкції електроенергетичних і електротехнічних об'єктів та оцінювати механічну міцність розроблених конструкцій

Вміти отримувати, відновлювати та використовувати професійні знання та розуміння, пов'язані з процесами створення, експлуатації та ремонту електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць

Вміти збирати та інтерпретувати необхідні дані і на цій основі висувати та захищати аргументи стосовно характеристик електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць, а також тенденцій їх розвитку, зокрема із застосуванням сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.

Вміти провести відповідні розрахунки для аналізу перехідних та сталих режимів роботи електрорухомого складу, систем електропостачання та інфраструктури електрифікованих залізниць в режимах тяги, вибігу та гальмування електропоїздів.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32(32) год., практичні роботи – 16(16) год., самостійна робота – 72 (72)год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Вища математика», «Теоретичні основи електротехніки», «Основи електроніки», «Теорія автоматичного керування», «Основи електропривода»

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На лекціях акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Загальні принципи побудови перетворювачів підвищеної потужності Вступ. Основні варіанти структур тягових електропередач з перетворювачами.	2
Тема 2. Напівпровідникові прилади тягових перетворювачів. Механізм електропровідності чистого кремнію й можливість керування електропровідністю. Керування електропровідністю шляхом введення домішок. Напівпровідниковий діод. Керування електропровідністю за допомогою додаткового шару напівпровідника. Біполярний транзистор. Прилади з внутрішнім зворотним зв'язком. Тиристор. Керування електропровідністю за допомогою електричного поля. Польовий транзистор. Біполярний транзистор з польовим керуванням (IGBT).	4
Тема 3. Основи процесу комутації Види ключів. Базові комутаційні структури. Види комутації.	2
Тема 4. Енергетичні характеристики комутаційного процесу Потужність комутації. Комутаційні властивості елементів силового кола. Енергія комутації. Реактивна потужність (потужність зсуву).	4
Тема 5. Тягові випрямлячі. Схеми з амплітудним регулюванням за допомогою механічних перемикачів секцій вторинної обмотки трансформатора. Найпростіша схема тягового випрямляча. Схема з несиметричним навантаженням трансформатора. Схема з симетруванням навантаження трансформатора.	2

Тема 6. Фазове керування тяговим випрямлячем. Тягові випрямлячі з комбінованим амплітудно-фазовим регулюванням	4
Умови природного вимикання та зв'язок реактивної потужності із стрибками вихідної напруги. Регулювання з нульовим рівнем напруги. Напівкеровані схеми. Секціоновані схеми.	
Тема 7. Силові тиристорні ключі випрямлячів	2
Загальна схема ключа. Подільники струму. Подільники напруги. Снабер відновлення. Резистори зв'язку.	
Тема 8. Системи керування тяговими випрямляча	4
Загальна структура системи імпульсно-фазового керування (СІФК). Зонне регулювання. Синхронний перехід. Формувачі імпульсів.	
Тема 9. Широтно-імпульсні перетворювачі. Знижувальний та підвищувальний перетворювача	2
Принцип дії. Основні характеристики ШПП. Вхідний фільтр. Способи керування.	
Тема 10. Оборотні, багатофазні та реверсивні ШПП	4
Оборотний ШПП із знакозмінним струмом. Оборотний ШПП із знакозмінною напругою. Багатофазні ШПП Реверсивні ШПП.	
Тема 11. Вузли примусової комутації тиристорних ШПП ча	2
Дія вузла примусової комутації. Методика розрахунку вузлу примусової комутації. Зрив інвертування. Деякі модифікації вузла примусової комутації.	
Тема 12. Широтно-імпульсне регулювання струму збудження двигунів	4
Приклади тягових електроприводів з ШПП. Широтно-імпульсний перетворювач для електропривода вагонів метрополітену. Широтно-імпульсний перетворювач для привода магістрального електровозу.	
Загальна кількість годин	36

Практичні заняття

За наявності

Теми практичних/семінарських занять

Кількість годин

Вагові коефіцієнти a

Тема 1. Інвертори струму	2	1
Паралельний інвертор струму. Протилежність (дуальність) основних властивостей інверторів струму та напруги. Інвертор струму з відсічними діодами. Визначення ємності комутаційних конденсаторів. Трифазний інвертор струму. Регулювання частоти. Регулювання вихідної напруги. Трирівневі інвертори напруги.		
Тема 2. Тягові випрямлячі з широтно-імпульсним регулюванням	2	1
Випрямлячі струму Випрямлячі напруги.		
Тема 3. Поліпшення умов комутації. Одноопераційна комутація	2	1
Види одноопераційної комутації. Одноступенева дросельна комутація. Двоступенева дросельна комутація. Розділена комутація.		
Тема 4. Перехідні та аномальні процеси в тягових електропередачах з напівпровідниковими перетворювачами	2	1

Пуск і відрив струмоприймача від контактного проводу. Використання гальмового реостата для демпфірування коливань у вхідному фільтрі. Принцип демпфірування. Умови реалізації слідкуючого алгоритму. Перенапруги в контактній мережі Струми короткого замикання та ударні моменти на валу двигуна при відмовах у комутаторі інвертор

Тема 5. Тягові автономні інвертори та випрямлячі з широтно-імпульсним регулюванням. Вимоги до тягових автономних інверторів та їх класифікація. Інвертори напруги 2

Однофазний мостовий інвертор напруги. Визначення параметрів схеми. Метод комутаційних функцій та метод основних гармонік. Однофазний напівмостовий інвертор. Трифазний мостовий інвертор. Регулювання частоти і напруги.

Тема 6. Синусоїдальна ШІМ 2

Визначення основних параметрів інвертора з синусоїдальною ШІМ. Керування нульовою послідовністю вихідних напруг. Вихідні фільтри при високочастотній ШІМ.

Загальна кількість годин 12 $\sum_{i=1}^n a_i=4$

Самостійна робота

До самостійної роботи відноситься самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання (за наявності).

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення **Кількість годин**

Тема 1. Інвертори струму 2

Паралельний інвертор струму. Протилежність (дуальність) основних властивостей інверторів струму та напруги. Інвертор струму з відсічними діодами. Визначення ємності комутаційних конденсаторів. Трифазний інвертор струму. Регулювання частоти. Регулювання вихідної напруги. Трирівневі інвертори напруги.

Тема 2. Тягові випрямлячі з широтно-імпульсним регулюванням 2

Випрямлячі струму Випрямлячі напруги.

Тема 3. Поліпшення умов комутації. Одноопераційна комутація 2

Види одноопераційної комутації. Одноступенева дросельна комутація. Двоступенева дросельна комутація. Розділена комутація.

Тема 4. Перехідні та аномальні процеси в тягових електропередачах з напівпровідниковими перетворювачами 2

Пуск і відрив струмоприймача від контактного проводу. Використання гальмового реостата для демпфірування коливань у вхідному фільтрі. Принцип демпфірування. Умови реалізації слідкуючого алгоритму. Перенапруги в контактній мережі Струми короткого замикання та ударні моменти на валу двигуна при відмовах у комутаторі інвертор

Загальна кількість годин 16

Неформальна освіта

Онлайн освіта за сайтами.

Рекомендовані курси, тренінги, стажування

1. <https://www.mathworks.com/>.
2. <http://scilab.org>
3. <https://cloud.scilab.in>
4. <https://xcos.scilab.in>

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Статичні перетворювачі тягового рухомого складу. Навчальний посібник /Ю.П. Гончаров, М.В. Панасенко та ін. за ред. Ю.П. Гончарова. - Харків: НТУ "ХП", 2007. - 192 с.
2. Гончаров Ю.П., Будьонний О.В., Морозов В.Т., Панасенко М.В., Ромашко В.Я., Руденко В.С. Перетворювальна техніка: Підручник / За реді В.С. Руденка - Харків: Фоліо, 2000. 4.2. - 360 с.

Додаткова література

1. Бобирь Д. В., Грищенко М. А., Сердюк В. Н. Теорія локомотивної тяги : підручник / Під ред. к-та техн. наук, доц. В. Н. Сердюка; УДУНТ; ННІ «Дніпров. ін-т інфраструктури і трансп.». – Дніпро, 2022. – 385 с.
2. Голодний І. М., Лавріненко Ю. М., Козирський В. В., Червінський Л. С., Абдураманов Д. А., Торопов А. В., Санченко О. В. Регульований електропривод : підручник. Київ: ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. 509 с.

Інформаційні ресурси

1. MATLAB. URL: <https://www.mathworks.com/>

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх видів навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k :

Поточний контроль (практичні, семінарські, лабораторні заняття), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), k_4
0,4	0,3	0,2	0,1

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = П \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Пк \cdot k_4$$

де: $П$ – середньозважена середня оцінка за поточний контроль

I – оцінка за виконання індивідуального завдання

K – середньозважена оцінка за контрольні роботи

P_k – оцінка за підсумковий контроль

$$P = \frac{P_1 \cdot a_1 + P_2 \cdot a_2 + \dots + P_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1 + K_2 \cdot b_2 + \dots + K_m \cdot b_m}{\sum_{i=1}^m b_i}$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову (P, K, I, \dots) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з [положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ»](#).

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої O з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

30.08.2025

Завідувач кафедри
Борис ЛЮБАРСЬКИЙ

30.08.2025

Гарант ОП
Олена ЮР'ЄВА