



## Силабус освітнього компонента

Програма навчальної дисципліни



# Тягові статичні перетворювачі

**Шифр та назва спеціальності**

273 Залізничний транспорт

**Інститут**

ННІ Енергетики, електроніки та електромеханіки

**Спеціалізація****Кафедра**

Електричний транспорт та тепловозобудування (125)

**Освітня програма**

Локомотиви та локомотивне господарство

**Тип дисципліни**

вибіркова

**Рівень освіти**

Перший (бакалаврський)

**Форма навчання**

Денна

**Семестр**

7 (5)

**Мова викладання**

Українська

## Викладачі, розробники

**Любарський Борис Григорович**

[Borys.Liubarskyi@khi.edu.ua](mailto:Borys.Liubarskyi@khi.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

СК 2. Здатність розрізняти об'єкти залізничного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їхньої конструкції, параметрів та характеристик.

СК 3. Здатність проведення вимірних експериментів з визначення параметрів та характеристик об'єктів залізничного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів.

СК 4. Здатність розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації при виробництві, експлуатації, ремонті та обслуговуванні об'єктів залізничного транспорту, їх систем та елементів.

СК 5. Здатність розробляти, оформлювати та впроваджувати у виробництво документацію щодо технологічних процесів будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів залізничного транспорту, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик

## Результати навчання

РН 14 Визначати параметри об'єктів залізничного транспорту, їх систем та елементів шляхом проведення вимірних експериментів з оцінкою його результатів.

РН 15 Знати основні технологічні операції, технологічне устаткування, технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації що використовуються в експлуатації, ремонті та обслуговуванні об'єктів залізничного транспорту, їх систем та елементів.

РН 16 Володіти основами розробки та впровадження у виробництво документації щодо визначеності технологічних процесів будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів залізничного транспорту, їх систем та інших інструктивних вказівок, правил та методик.

## Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (5 кредити ECTS): лекції – 24(24) год., 12(12) практичні роботи, самостійна робота – 84 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**

**2**

## потужності

Вступ. Основні варіанти структур тягових електропередач з перетворювачами.

<b>Тема 2. Напівпровідникові прилади тягових перетворювачів.</b>	4
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).	
<b>Тема 3. Основи процесу комутації</b>	2
Види ключів. Базові комутаційні структури. Види комутації.	
<b>Тема 4. Енергетичні характеристики комутаційного процесу</b>	4
Потужність комутації. Комутаційні властивості елементів силового кола. Енергія комутації. Реактивна потужність (потужність зсуву).	
<b>Тема 5. Тягові випрямлячі. Схеми з амплітудним регулюванням за допомогою механічних перемикачів секцій вторинної обмотки трансформатора.</b>	2
Найпростіша схема тягового випрямляча. Схема з несиметричним навантаженням трансформатора. Схема з симетруванням навантаження трансформатора.	
<b>Тема 6. Фазове керування тяговим випрямлячем. Тягові випрямлячі з комбінованим амплітудно-фазовим регулюванням</b>	4
Умови природного вимикання та зв'язок реактивної потужності із стрибками вихідної напруги. Регулювання з нульовим рівнем напруги. Напівкеровані схеми. Секціоновані схеми.	
<b>Тема 7. Силкові тиристорні ключі випрямлячів</b>	2
Загальна схема ключа. Подільники струму. Подільники напруги. Снабер відновлення. Резистори зв'язку.	
<b>Тема 8. Системи керування тяговими випрямляча</b>	4
Загальна структура системи імпульсно-фазового керування (СІФК). Зонне регулювання. Синхронний перехід. Формувачі імпульсів.	
<b>Тема 9. Широтно-імпульсні перетворювачі. Знижувальний та підвищувальний перетворювача</b>	2
Принцип дії. Основні характеристики ШПП. Вхідний фільтр. Способи керування.	
<b>Тема 10. Оборотні, багатофазні та реверсивні ШПП</b>	4
Оборотний ШПП із знакозмінним струмом. Оборотний ШПП із знакозмінною напругою. Багатофазні ШПП Реверсивні ШПП.	
<b>Тема 11. Вузли примусової комутації тиристорних ШПП ча</b>	2
Дія вузла примусової комутації. Методика розрахунку вузлу примусової комутації. Зрив інвертування. Деякі модифікації вузла примусової комутації.	
<b>Тема 12. Широтно-імпульсне регулювання струму збудження двигунів</b>	4
Приклади тягових електроприводів з ШПП. Широтно-імпульсний перетворювач для електропривода вагонів метрополітену. Широтно-імпульсний перетворювач для привода магістрального електровозу.	
<b>Загальна кількість годин</b>	<b>36</b>

## 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
<b>Тема 1. Інвертори струму</b> 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.	2
<b>Тема 2. Тягові випрямлячі з широтно-імпульсним регулюванням</b> Випрямлячі струму Випрямлячі напруги.	2
<b>Тема 3. Поліпшення умов комутації. Одноопераційна комутація</b> Види одноопераційної комутації. Одноступенева дросельна комутація. Двоступенева дросельна комутація. Розділена комутація.	2
<b>Тема 4. Перехідні та аномальні процеси в тягових електропередачах з напівпровідниковими перетворювачами</b> 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	2
<b>Загальна кількість годин</b>	<b>16</b>

## 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:

$$O = \Pi \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + \text{Пк} \cdot k_4$$

де:  $\Pi$  – середньозважена середня оцінка за поточний контроль

$I$  – оцінка за виконання індивідуального завдання

$K$  – середньозважена оцінка за контрольні роботи

$\text{Пк}$  – оцінка за підсумковий контроль

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot a_1 + \Pi_2 \cdot a_2 + \dots + \Pi_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

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 ( $\Pi, K, I, \dots$ ) 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**  
Багіш ЄРІЦЯН

