

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О.М. БЕКЕТОВА

СТАНДАРТ ВИЩОЇ ОСВІТИ



ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ
РУХОМОГО СКЛАДУ

ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
підготовки бакалавра
галузь знань 0507 Електротехніка та електромеханіка
напряму підготовки 6.050702 Електромеханіка



Стандарт чинний з дати затвердження

Харків - 2014

РОЗРОБЛЕНО: Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова

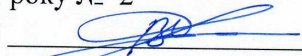
КАФЕДРА: Електричного транспорту

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

к.т.н., доцент кафедри електричного транспорту Закурдай С.О., 
к.т.н., доцент кафедри електричного транспорту Андрійченко В.П. 

Схвалено **випусковою** кафедрою електричного транспорту

Протокол від 2 вересня 2014 року № 2

Завідувач випускової кафедри  (Далека В. Х.)

Програма відповідає формі Програми навчальної дисципліни, що затверджена
Наказом по ХНУМГ ім. О.М. Бекетова від 24 лютого 2014 р. № 46-01.

Методист НМВ  (Григоренко Н.І.) « 19 » 11 2014 р.

Обговорено та рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету
електричного транспорту.

Голова Вченої ради  (Шпіка М. І.) 5 вересня 2014 р., протокол № 2

Цей стандарт не може бути тиражований або відтворений будь яким способом
без письмової згоди ХНУМГ ім. О.М. Бекетова

© ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2014

© С. О. Закурдай, 2014

ВСТУП

Програма вивчення навчальної дисципліни «Електричне обладнання рухомого складу» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра напрямку 6. 050702 «Електромеханіка».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є функціонування і проектування електричного обладнання рухомого складу при різних режимах роботи, а також застосування різних типів двигунів у якості тягових.

Міждисциплінарні зв'язки:

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на:	На результати вивчення цієї дисципліни безпосередньо спираються
Фізика	Електропостачання електротранспорту
Вища математика	Технічна експлуатація транспортних засобів
Конструкційні матеріали	Діагностика транспортних засобів
Теоретичні основи електротехніки	Організація та управління на транспорті
Електроніка і мікросхемотехніка	
Механічне обладнання рухомого складу	
Теорія електроприводу	

Програма навчальної дисципліни складається з *двох модулів*, що мають такі *змістові модулі*:

ЗМ 1.1 Склад електрообладнання рухомої одиниці.

ЗМ 1.2 Режими роботи тягового електроприводу.

ЗМ 1.3 Електричне гальмування рухомого складу.

ЗМ 2.1 Допоміжне електрообладнання рухомого складу.

ЗМ 2.2 Захист електрообладнання. Схеми керування тяговими електродвигунами рухомого складу.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

1.1. *Метою* вивчення дисципліни є формування у студентів системи знань про кваліфіковану експлуатацію та проектування електричного обладнання рухомого складу, удосконалення знання основних закономірностей його функціонування у режимах пуску та електродинамічного гальмування.

1.2 Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладання дисципліни, є теоретична та практична підготовка майбутніх спеціалістів з питань:

- освоєння сучасного електрообладнання рухомого складу;
- розуміння взаємодії усіх елементів рухомого складу;
- підтримка необхідного рівня працездатності рухомого складу;
- вдосконалення експлуатації сучасного рухомого складу;
- створення нових, більш економічних та надійних типів рухомого складу.

1.3 Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні:

знати:

- класифікацію електричного обладнання рухомого складу з двигунами постійного струму;
- конструкцію, принцип дії та взаємодію з іншими вузлами акумуляторної батареї, генератора, системи керування;
- призначення високовольтного та низьковольтного допоміжного електричного обладнання;
- призначення систем захисту електрообладнання;
- основні принципи проектування електричного обладнання рухомого складу із застосуванням загально інженерних дисциплін.

вміти:

- здійснювати розрахунки різних режимів роботи електричного обладнання рухомого складу;
- вирішувати задачі, пов'язаних зі встановленням технічної можливості уникнення відмов електричного обладнання рухомого складу;
- розробляти пропозиції з підвищення якості роботи електричного обладнання рухомого складу.

мати компетентності:

- здатність використовувати нормативні матеріали і засоби обчислювальної техніки для техніко-економічних розрахунків;
- здатність обґрунтувати необхідність впровадження нових серій рухомого складу з урахуванням вимог в нових умовах експлуатації;
- здатність до підтримки необхідного рівня працездатності рухомого складу;
- здатність до вдосконалення експлуатації сучасних рухомого складу;
- здатність до створення нових, більш економічних та надійних рухомого складу.

На вивчення навчальної дисципліни відводиться 234 годин / 6,5 кредитів ECTS.

2. Інформаційний обсяг навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1.1 Склад електрообладнання рухомої одиниці.

***Тема 1.** Загальна характеристика і класифікація електричного транспорту.*

Класифікація електричного транспорту за призначенням. Класифікація електричного транспорту за конструктивним виконанням. Класифікація електричного транспорту за системою живлення.

***Тема 2.** Вимоги до тягового електрообладнання рухомого складу електричного транспорту.*

Вимоги до електричного обладнання рухомого складу.

***Тема 3.** Склад електрообладнання рухомої одиниці – конструкція, призначення, принцип дії, використання.*

Конструкція електричних апаратів та позначення на схемах: тягових електричних двигунів різних способів збудження; електромагнітних контакторів та реле; контролерів водія та реостатних контролерів; струмоприймачів; автоматичних вимикачів; різних типів резисторів; котушок індуктивностей; плавких запобіжників; силових блоків імпульсних переривачів.

Компоновка контакторних панелей та силових блоків імпульсних переривачів їх розміщення на рухомому складі та характеристики різних типів електричних апаратів.

***Тема 4.** Реостатно-контакторна система керування рухомих складом.*

Конструкція основних елементів та принцип дії реостатно-контакторної системи керування рухомого складу. Особливості, переваги та недоліки використання реостатно-контакторної системи керування.

***Тема 5.** Імпульсна система керування рухомих складом.*

Конструкція основних елементів та принцип дії імпульсної системи керування рухомих складом. Основні відмінності імпульсної системи керування від реостатно-контакторної.

***Тема 6.** Система автономного ходу.*

Призначення системи автономного ходу. Рухомий склад із живленням від акумуляторів або суперконденсаторів. Електромобілі. Транспортні засоби з двигунами внутрішнього згорання.

Змістовий модуль 1.2 Режими роботи тягового електроприводу.

Тема 1. *Порівняльний аналіз електромеханічних характеристик тягових електричних двигунів різних систем збудження.*

Конструкція тягових електричних двигунів постійного струму різних способів збудження та їхні електромеханічні характеристики. Порівняльний аналіз електромеханічних характеристик тягових електричних двигунів різних способів збудження. Типи збудження тягових електричних двигунів. Перехід із режиму тяги в режим рекуперативного гальмування. Методи розрахунку електромеханічних характеристик двигунів постійного струму різних способів збудження.

Тема 2. *Способи регулювання швидкості рухомого складу з тяговими електричними двигунами постійного та змінного струму.*

Способи пуску тягових електродвигунів. Плавний реостатний пуск. Ступінчатий реостатний пуск. Енергетика пуску.

Тема 3. *Визначення пускових струмів і сили тяги. Побудова реостатних характеристик і пускової діаграми.*

Визначення пускових струмів та сили тяги. Способи перегрупування тягових двигунів. Перегрупування двигунів шунтуванням резистором. Перегрупування двигунів за схемою моста. Перегрупування двигунів з використанням діодів. Побудова реостатних характеристик Побудова пускової діаграми.

Тема 4. *Визначення параметрів електронного перетворювача у режимі розгону до швидкості виходу на автоматичну характеристику.*

Принцип регулювання за допомогою імпульсних перетворювачів. Призначення елементів імпульсного переривача. Схема пуску з використанням імпульсного регулятора. Застосування імпульсного регулятора напруги. Схеми з'єднання тягових машин з використанням імпульсних регуляторів.

Тема 5. *Схеми ослаблення поля двигунів постійного струму. Призначення індуктивного шунта, конструктивне виконання і вибір параметрів.*

Схеми ослаблення поля двигунів постійного струму. Побудова швидкісних характеристик та сили тяги при ослабленні поля. Розрахунок числа ступенів ослаблення поля двигунів з послідовним збудженням. Розрахунок числа ступенів ослаблення двигунів змішаного збудження з переваженням намагнічуючої сили послідовної обмотки. Ослаблення поля двигунів змішаного збудження з використанням DC-DC перетворювача. Призначення індуктивного шунта, конструктивне виконання і вибір параметрів. Побудова пускової діаграми при ослабленні поля.

Тема 6. *Схеми ослаблення поля двигунів постійного струму при імпульсному регулюванні. Розрахунок параметрів ослаблення поля двигунів постійного струму при імпульсному регулюванні.*

Схеми ослаблення поля двигунів постійного струму при імпульсному регулюванні. Розрахунок параметрів ослаблення поля двигунів постійного струму при імпульсному регулюванні.

Змістовий модуль 1.3 Електричне гальмування рухомого складу.

Тема 1. *Загальні відомості про електричне гальмування рухомого складу.*

Електричне гальмування двигунів постійного струму. Реостатне гальмування.

Процес самозбудження двигунів. Гальмівні характеристики. Побудова гальмівних характеристик.

Тема 2. *Умови електричної стійкості в схемах гальмування.*

Електрична стійкість. Механічна стійкість при гальмуванні на спусках.

Тема 3. *Реостатне гальмування при послідовному збудженні тягових двигунів.*

Схеми з'єднання генераторів. Процес реостатного гальмування при послідовному збудженні тягових двигунів.

Тема 4. *Реостатне гальмування при змішаному збудженні тягових двигунів.*

Схеми з'єднання генераторів. Процес реостатного гальмування при змішаному збудженні тягових двигунів.

Тема 5. *Рекуперативно-реостатне гальмування при імпульсному регулюванні тягових двигунів.*

Характеристика рекуперативно-реостатного гальмування при імпульсному регулюванні тягових двигунів.

Схема рекуперативного гальмування з використанням імпульсного регулятора.

Схема реостатного гальмування з використанням імпульсного регулятора.

Схема рекуперативно-реостатного гальмування з використанням тиристорно-імпульсного регулятора.

Тема 6. *Магнітнорейкові гальма.*

Призначення магнітнорейкового гальма. Конструкція магнітнорейкового гальма.

Модуль 2

ЗМ 2.1 Допоміжне електрообладнання рухомого складу.

Тема 1. Високовольтне допоміжне електрообладнання рухомого складу.

Допоміжні електричні машини та прилади, які отримують живлення від контактної мережі – призначення, необхідна потужність, тривалість роботи, схема підключення до контактної мережі.

Призначення демпферних резисторів та методи їх розрахунку.

Принцип опалення пасажирського салону та кабіни водія рухомого складу.

Тема 2. Низьковольтне допоміжне електрообладнання рухомого складу.

Низьковольтні джерела живлення на різних типах рухомих одиниць – призначення, необхідна потужність, тривалість роботи, схеми підключення.

Типи збудження електричних двигунів, які використовуються в низьковольтних джерелах живлення.

Номінальні значення напруг низьковольтних джерел живлення.

Тема 3. Перетворювачі для зарядки акумуляторних батарей та живлення низьковольтних споживачів.

Електромашинні та статичні перетворювачі для зарядки акумуляторних батарей та живлення низьковольтних споживачів.

Порівняльний аналіз електромашинного та статичного перетворювачів, їх переваги та недоліки.

Приклади схемної реалізації статичних перетворювачів для зарядки акумуляторних батарей з використанням тиристорів та IGBT транзисторів.

Тема 4. Регулятори напруги допоміжних генераторів.

Регулятори напруги – призначення, принцип дії, типи.

Схемна реалізації електромагнітного регулятора напруги.

Схемна реалізації електронного регулятора напруги.

Схемна реалізації змішаного типу регулятора напруги.

Схемна реалізації інтегрального регулятора напруги.

Тема 5. Системи освітлення та сигналізації.

Призначення системи освітлення та сигналізації.

Маркування світлових приладів.

Конструкція світлових приладів рухомого складу та приладів внутрішнього освітлення.

Принцип європейського та американського світлорозподілів близького світла.

Будова ламп розжарювання, газорозрядних джерел світла та принцип дії покажчиків повороту.

ЗМ 2.2 Захист електрообладнання. Схеми керування тяговими електродвигунами рухомого складу.

Тема 1. Попереджувальні системи захисту електрообладнання рухомого складу.

Призначення попереджувальної системи захисту електрообладнання рухомого складу.

Захист електрообладнання від перевантажень та коротких замикань.

Захист від підвищення та зниження напруги.

Захист радіоприйому від перешкод, що виникають при роботі електричного обладнання рухомого складу.

Тема 2. Системи захисту електрообладнання рухомого складу за відхиленням контролюємих параметрів.

Призначення системи захисту електрообладнання рухомого складу за відхиленням контролюємих параметрів.

Конструкція, призначення, принцип дії та характеристики автоматичного вимикача.

Конструкція, призначення, принцип дії та характеристики запобіжників.

Конструкція, призначення, принцип дії та характеристики реле максимального струму.

Конструкція, призначення, принцип дії та характеристики диференційних реле.

Тема 3. Системи захисту від просковзування коліс.

Захист від буксування коліс рухомого складу.

Пристрої виявлення і припинення буксування колісних пар.

Схеми виявлення буксування при послідовно з'єднаних двигунах.

Схеми виявлення буксування за різницею струмів.

Схеми виявлення буксування за різницею частот обертання колісних пар.

Схеми виявлення буксування по прискоренню колісної пари.

Вузли припинення буксування.

Протибуксовочний пристрій, який впливає на згінну масу рухомого складу.

Тема 4. Високовольтні схеми рухомого складу. Принципи проектування. Схеми керування тяговими електричними двигунами.

Схема керування тяговими електричними двигунами з використанням активних опорів.

Схема керування тяговими електричними двигунами з використанням одноопераційних тиристорів.

Схема керування тяговими електричними двигунами з використанням GTO тиристорів та IGBT транзисторів.

Принципи проектування схем рухомого складу.

Індивідуальне завдання:

- Контрольна робота на тему: «Розрахунок схем керування при імпульсному регулюванні напруги та ослаблення магнітного потоку ТВД» (для заочної форми навчання);
- Курсовий проект «Розрахунок електричного обладнання рухомого складу» (для усіх форм навчання).

3. Рекомендована література

1. Максимов А.Н. Городской электротранспорт. Троллейбус / А.Н. Максимов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
2. Ефремов И.С. Теория и расчет электрооборудования подвижного состава ГЭТ / И.С. Ефремов, В.Г. Косарев. – М.: Высшая школа, 1976. – 479 с.
3. Пролыгин А.П. Электрооборудование подвижного состава городского электрифицированного транспорта / А.П. Пролыгин, А.А. Рабинович. – М.: Энергия, 1973. – 352 с.
4. Корягина Е.Е. Электрооборудование трамваев и троллейбусов / Е.Е. Корягина, О.А. Коськин. – М.: Транспорт, 1982. – 296 с.
5. Ефремов И.С. Теория и расчет троллейбусов (электрическое оборудование) / И.С. Ефремов, В.Г. Косарев. – М.: Высшая школа, 1981. – 294 с.
6. Тихменев Б.Н. Подвижный состав электрифицированных железных дорог / Б.Н. Тихменев, Л.М. Трахтман. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.
7. Гаврилов Я.И. Вагоны метрополитена с импульсными преобразователями / Я.И. Гаврилов, В.А. Мнацаканов. – М.: Транспорт, 1986 – 230 с.
8. ГОСТ 2582-81 Машины электрические вращающиеся тяговые. Общие технические требования. – 50с.
9. Байрыева Л.С. Электрическая тяга. Городской наземный транспорт / Л.С. Байрыева, В.В. Шевченко. – М.: Транспорт, 1986. – 206 с.
10. Закон України «Про міський електричний транспорт». – 2004.
11. «Електричне обладнання рухомого складу»: Конспект лекцій для студентів 3,4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 – «Електромеханіка» та слухачів другої вищої освіти спеціальності «Електричний транспорт» /В.П. Андрійченко, С.О. Закурдай; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва;– Х.: ХНАМГ, 2012. – 157 с.
12. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисциплін "Електричне обладнання рухомого складу", "Електричне обладнання транспортних засобів" для студентів 3,4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 – «Електромеханіка» та слухачів другої вищої освіти / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Уклад.: В.П. Андрійченко, С.О. Закурдай – Х.: ХНАМГ, 2012. – 71 с.
13. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін "Електричне обладнання рухомого складу", "Електричне обладнання транспортних засобів" для студентів 3,4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 – «Електромеханіка» та слухачів другої

вищої освіти / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Уклад.: В.П.Андрійченко, С.О. Закурдай – Х.: ХНАМГ, 2012. – 102 с.

- 14.Методичні вказівки до проведення практичних занять з дисциплін "Електричне обладнання рухомого складу", "Електричне обладнання транспортних засобів" для студентів 3,4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 – «Електромеханіка» та слухачів другої вищої освіти / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. Уклад.: В.П.Андрійченко, С.О. Закурдай – Х.: ХНАМГ, 2012. – 71 с.
- 15.Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Електричне обладнання рухомого складу» для студентів спеціальності 7.092 202 – „Електричний транспорт” / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. П. Андрійченко, С. О. Закурдай. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 28 с.

4. Форма підсумкового контролю успішності навчання:

1 модуль – залік.

2 модуль – іспит.

5. Засоби діагностики успішності навчання – комплекти тестових завдань для модульних робіт, індивідуальні завдання, теми контрольної роботи та курсового проекту, питання і задачі до іспиту.

АНОТАЦІЯ

Предметом вивчення навчальної дисципліни є функціонування і проектування електричного обладнання рухомого складу при різних режимах роботи, а також застосування різних типів двигунів у якості тягових.

Метою викладання дисципліни є формування у студентів системи знань про кваліфіковану експлуатацію та проектування електричного обладнання рухомого складу, удосконалення знання основних закономірностей його функціонування у режимах пуску та електродинамічного гальмування.

Основними *завданнями*, що мають бути вирішені в процесі викладання дисципліни, є теоретична та практична підготовка майбутніх спеціалістів з питань освоєння сучасного електрообладнання рухомого складу, розуміння взаємодії усіх елементів транспортних засобів та його надійної експлуатації.

Дисципліна «Електричне обладнання рухомого складу» є вибірковою навчальною дисципліною відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра напряму 6.050702 «Електромеханіка» за переліком програми для підготовки спеціалістів спеціальності «Електричний транспорт».

АНОТАЦИЯ

Предметом изучения учебной дисциплины является функционирование и проектирование электрооборудования подвижного состава в различных режимах работы, а также применение различных типов двигателей в качестве тяговых.

Целью дисциплины является формирование у студентов системы знаний о квалифицированной эксплуатации и проектировании электрооборудования подвижного состава, совершенствование знания про основные закономерности его функционирования в режимах пуска и электродинамического торможения.

Основными задачами, которые должны быть решены в процессе изучения дисциплины является теоретическая и практическая подготовка будущих специалистов по вопросам освоения современного электрооборудования подвижного состава, понимание взаимодействия всех элементов транспортных средств и их надежной эксплуатации.

Дисциплина «Электрическое оборудование подвижного состава» является выборочной учебной дисциплиной в соответствии с образовательно-профессиональной программы подготовки бакалавра направления 6.050702 «Электромеханика» по перечню программы для подготовки специалистов специальности «Электрический транспорт».

ABSTRACT (ANNOTATION)

The object of study of the discipline is the function and design of electrical vehicles in various modes, as well as the use of various types of motors as traction.

The purpose of discipline is to develop students' knowledge of the system operation and design of qualified electrical vehicles, improving knowledge about the basic laws of its operation in the start mode and electrodynamic braking.

The main tasks that need to be addressed in the process of the discipline is the theoretical and practical training of future specialists in the development of modern electrical vehicles, understanding the interaction of all elements of the vehicles and their safe operation.

Discipline "Electrical equipment of vehicles" is a selective academic discipline in accordance with the educational and vocational training programs for bachelor direction 6.050702 "Electromechanics" on the list of programs for the training specialty "Electrical systems and complexes of vehicles."