

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

**ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання  
самостійної роботи студентів

з дисципліни

## **ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

*(для студентів 3, 4 курсів усіх форм навчання  
напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»  
спеціальності «Електричні системи і комплекси  
транспортних засобів»)*

**Харків  
ХНАМГ  
2012**

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи студентів з дисципліни «Електричне обладнання транспортних засобів» (для студентів 3, 4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка» спеціальності «Електричні системи і комплекси транспортних засобів») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: В. П. Андрійченко, С. О. Закурдай. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 28 с.

Укладачі: В. П. Андрійченко,  
С. О. Закурдай

Рецензент: к.т.н. В. М. Фатєєв

Методичні вказівки побудовані за вимогами кредитно-модульної системи організації навчального процесу.

Затверджено на засіданні кафедри електричного транспорту,  
протокол № 9 від 29 березня 2011 р.

## ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП .....	4
1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ (ЗМІСТ) ДИСЦИПЛІНИ .....	7
2. ПЕРЕЛІК ТЕМ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ЗМІСТОВНИМИ МОДУЛЯМИ .....	9
3. ІНДИВІДУАЛЬНІ СЕМЕСТРОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ .....	25
ЛІТЕРАТУРА ДО ТЕМ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ, ЩО РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ СТУДЕНТАМИ .....	26

## ВСТУП

Дисципліна «Електричне обладнання транспортних засобів» розроблена в системі модульно-рейтингового поетапного контролю засвоєння навчального матеріалу. По кожній темі дається перелік запитань для самоконтролю та обговорення в аудиторії або при інших формах дистанційного навчання.

Метою самостійної роботи є постійне вивчення програмного матеріалу – виконання усіх видів завдань і підготовка за всіма формами звітності з дисципліни «Електричне обладнання транспортних засобів».

Ефективність самостійної роботи залежить від якості її планування та контролю знань, умінь і навиків студентів.

При плануванні самостійної роботи потрібно враховувати наступне:

- ретельний попередній аналіз навчальних планів і повного обсягу матеріалу з дисципліни;
- прогнозування фактичного часу, що необхідний студенту для самостійної роботи.

Метою контролю є перевірка якості засвоєння студентами теоретичного матеріалу і ступеня оволодіння практичним умінням і навичками. Результати контролю дозволяють своєчасно приймати рішення щодо вдосконалення навчального процесу та підвищенню ефективності роботи викладачів і студентів.

Поточний контроль дозволяє виконати перевірку засвоєння студентами навчального матеріалу з дисципліни. Він може здійснюватись у вигляді вибіркового або фронтального опитування, індивідуальної бесіди, перевірки конспектів, контрольних робіт, завдань на самостійну роботу і т.п.

Комплексне застосування різних форм дозволяє своєчасно оцінити якість засвоєння матеріалу і підготовку студентів до занять.

Самостійна робота є одним з видів навчальної діяльності студентів в Академії.

Дисципліна «Електричне обладнання транспортних засобів» розроблена в системі модульно-рейтингового поетапного контролю засвоєння навчального матеріалу. По кожній темі дається перелік запитань для самоконтролю та обговорення в аудиторії або при інших формах дистанційного навчання.

Метою самостійної роботи є постійне вивчення програмного матеріалу - виконання усіх видів завдань і підготовка за всіма формами звітності з дисципліни «Електричне обладнання транспортних засобів»

Ефективність самостійної роботи залежить від якості її планування та контролю знань, умінь і навиків студентів.

При плануванні самостійної роботи потрібно враховувати наступне:

- ретельний попередній аналіз навчальних планів і повного обсягу матеріалу з дисципліни;
- прогнозування фактичного часу, що необхідний студенту для самостійної роботи.

Метою контролю є перевірка якості засвоєння студентами теоретичного матеріалу і ступеня оволодіння практичним умінням і навичками. Результати контролю дозволяють своєчасно приймати рішення щодо вдосконалення навчального процесу та підвищенню ефективності роботи викладачів і студентів.

Поточний контроль дозволяє виконати перевірку засвоєння студентами навчального матеріалу з дисципліни. Він може здійснюватись у вигляді вибіркового або фронтального опитування, індивідуальної бесіди, перевірки конспектів, контрольних робіт, завдань на самостійну роботу і т.п.

Комплексне застосування різних форм дозволяє своєчасно оцінити якість засвоєння матеріалу і підготовку студентів до занять.

При поточному контролі викладач може оцінити індивідуальні якості й здібності студентів. Це додає навчальній та виховній роботі цілеспрямованість і конкретність. Поточний контроль стимулює навчальну діяльність студентів, виховує відповідальність і ритмічність в роботі.

Підсумковий контроль необхідний для перевірки якості виконання студентами навчальної програми дисципліни за семестр і проводиться у вигляді заліку або іспиту.

З метою розв'язання питань, що з'являються у студентів під час підготовки до іспитів, розширення і поглиблення знань з окремих питань та для надання методичної допомоги в самостійній роботі проводяться індивідуальні й групові консультації. Під час індивідуальних консультацій викладач за допомогою запитань підводить студентів до самостійної відповіді на незрозумілі запитання.

При цьому треба враховувати, що студент краще запам'ятає і зрозуміє матеріал, якщо сам знайде відповідь на своє запитання.

# 1 ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ (ЗМІСТ) ДИСЦИПЛІНИ

Модулів – 2.

Змістових модулів (ЗМ)- 5.

## Модуль1

### *ЗМ 1.1. Склад електрообладнання рухомої одиниці*

Базові навчальні елементи:

- 1.1.1 Класифікація електричного обладнання транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння та тяговими електричними двигунами.
- 1.1.2 Акумуляторні батареї транспортних засобів.
- 1.1.3 Генераторні установки транспортних засобів.
- 1.1.4 Електричні стартери.
- 1.1.5 Системи запалювання.
- 1.1.6 Пристрої для полегшення пуску ДВЗ при низьких температурах.

### *ЗМ 1.2. Режими роботи тягового приводу.*

Базові навчальні елементи:

- 1.2.1 Порівняльний аналіз електромеханічних характеристик ТЕД різних систем збудження.
- 1.2.2 Аналіз способів регулювання швидкості рухомого складу з ТЕД постійного та змінного струму.
- 1.2.3 Визначення пускових струмів і сили тяги.
- 1.2.4 Системи керування ДВЗ.

## Модуль2

### *ЗМ 2.1 Електричне гальмування*

Базові навчальні елементи:

- 2.1.1 Загальні відомості про електричне гальмування.

- 2.1.2 Умови електричної стійкості в схемах гальмування. Реостатне гальмування при послідовному збудженні тягових двигунів.
- 2.1.3 Реостатне гальмування при змішаному збудженні тягових двигунів.
- 2.1.4 Рекуперативно-реостатне гальмування при імпульсному регулюванні тягових двигунів.
- 2.1.5 Магнітнорейкові гальма.
- 2.1.6 Механічне гальмування з використанням електромагнітного приводу.

### ***ЗМ 2.2 Допоміжне електрообладнання***

Базові навчальні елементи:

- 2.2.1 Високовольтне допоміжне електрообладнання.
- 2.2.2 Низьковольтне допоміжне електрообладнання.
- 2.2.3 Перетворювачі для зарядки акумуляторних батарей та живлення низьковольтних споживачів.
- 2.2.4 Регулятори напруги допоміжних генераторів.
- 2.2.5 Системи освітлення та сигналізації.

### ***ЗМ 2.3 Захист електрообладнання. Схеми рухомого складу***

Базові навчальні елементи:

- 2.3.1 Превентивні системи захисту електрообладнання.
- 2.3.2 Абортівні системи захисту електрообладнання.
- 2.3.3 Системи захисту від просковзування коліс.
- 2.3.4 Високовольтні схеми рухомого складу. Принципи проектування.
- 2.3.5 Схеми керування рухомим складом при реостатному і імпульсному регулюванні ТЕД.



## **2. ПЕРЕЛІК ТЕМ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ЗМІСТОВИМИ МОДУЛЯМИ**

### **Рекомендації щодо змісту матеріалу для вивчення**

*Тема 1.1.1 Класифікація електричного обладнання транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання та тяговими електричними двигунами*

Звернути увагу на вимоги, які пред'являються до електричного обладнання та його класифікацію.

Розглянути конструкцію наступних 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.

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

Розглянути принципи роботи основних напівпровідникових елементів, які використовуються на рухомому складі електричного транспорту: магнітних підсилювачів та безконтактних магнітних реле; трансформаторів постійного струму і напруги; напівпровідникових логічних елементів; реле з магнітокеруємими контактами.

### *1.1.2 Акумуляторні батареї транспортних засобів*

Звернути увагу на вимоги, які пред'являються до акумуляторних батарей рухомого складу та на ті процеси, які відбуваються в них в режимі заряду та розряду.

Розглянути конструкцію акумуляторних батарей та їхні технічні і електричні характеристики.

Порівняти характеристики лужних та кислотних акумуляторних батарей.

Звернути увагу на способи зарядки акумуляторних батарей, які використовуються при експлуатації на рухомому складі.

### *1.1.3 Генераторні установки транспортних засобів.*

Визначити переваги генераторів змінного струму над генераторами постійного струму.

Розглянути конструкцію генераторів змінного струму з контактними кільцями та індукторних.

Дати визначення електричним характеристикам генератора.

Що таке властивість самообмеження максимальної сили струму навантаження генераторів змінного струму.

### *1.1.4 Електричні стартери*

Вияснити із яких елементів складається система пуску двигуна внутрішнього згорання та яке призначення стартера.

Відповісти на питання чому в якості стартерних найчастіше застосовують електродвигуни послідовного та мішаного збудження. Виконати порівняльний аналіз електромеханічних та механічних характеристик стартерних двигунів різних систем збудження.

Розглянути будову стартера а також електромагнітного тягового реле та механізму приводу з додатковим редуктором та без редуктора.

Розглянути будову механізму приводу з муфтою вільного ходу та з храповою муфтою.

Розглянути електричні схеми керування стартером для карбюраторних та дизельних двигунів. Проаналізувати роботу електричної схеми керування стартером з двообмотковим тяговим реле та схему керування роботою стартера автомобіля із реле блокування.

### *1.1.5 Системи запалювання*

Розглянути конструкцію основних елементів та пояснити принцип дії батарейного запалювання. Встановити які фактори впливають на значення пробивної напруги.

Розглянути конструкцію та пояснити принцип дії контактно – транзисторної системи запалювання.

Встановити основні відмінності безконтактної системи запалювання від контактно – транзисторної.

Пояснити принцип дії датчика Холла та розглянути конструкцію датчиків – розподільників.

#### *1.1.6 Пристрої для полегшення пуску ДВЗ при низьких температурах*

Звернути увагу на призначення систем полегшення пуску холодного двигуна внутрішнього згоряння та на те при яких температурах навколишнього середовища вони застосовуються.

Розглянути конструкцію свічок розжарювання з відкритим нагрівальним елементом та штифтових свічок а також свічок для підігрівання повітря у впускному трубопроводі.

Розглянути конструкцію та принцип дії електрофакельного підігрівника повітря, що надходить у циліндри двигуна.

#### *Тема 1.2.1 Порівняльний аналіз електромеханічних характеристик ТЕД різних систем збудження.*

Звернути увагу на вимоги, які пред'являються до тягових електричних двигунів рухомого складу.

Розглянути конструкцію тягових електричних двигунів постійного струму різних способів збудження та їхні електромеханічні характеристики.

Провести порівняльний аналіз електромеханічних характеристик ТЕД різних способів збудження.

Визначити, при якому типі збудження тяговий електричний двигун може автоматично переходити із режиму тяги в режим рекуперативного гальмування.

Ознайомитись із методами розрахунку електромеханічних характеристик двигунів постійного струму різних способів збудження.

Звернути увагу при яких умовах характеристика ККД має максимум та чим відрізняються швидкісні характеристики різних типів двигунів.

### *Тема 1.2.2 Аналіз способів регулювання швидкості рухомого складу з ТЕД постійного струму*

Слід пам'ятати, що вираз швидкісної характеристики для двигунів постійного струму різних способів збудження може бути представлений у наступному вигляді:

$$V = \frac{U - I(R_n + R_{\partial\partial})}{C_e \Phi}$$

де  $U = const$  – напруга живлення;

$C_e = \frac{PN}{60a}$  - конструктивний коефіцієнт;

$N$  – кількість провідників якірної обмотки;

$p$  – кількість пар полюсів;

$a$  – кількість паралельних гілок якоря;

$\Phi$  – магнітний потік;

$I$  – струм якоря;

$R_n$  – пусковий опір при пуску одного двигуна;

$R_{\partial\partial}$  – опір кола якоря.

Звернути увагу на те, що з цього виразу можна отримати всі способи регулювання швидкості електрорухомого складу при реостатному та імпульсному способах регулювання ТЕД. Регулювання швидкості зміною напруги, підведеної до якорів тягових двигунів, і величини магнітного потоку. Характеристики двигунів при зміні напруги і магнітного потоку. Регульовальні властивості тягових двигунів.

Поряд з використанням пускових опорів для зміни напруги на тягових електродвигунах для багатодвигунних схем застосовують зміну угруповання двигунів. Відомі наступні способи переходу з одного угруповання тягових двигунів на інше:

- коротким замкненням;
- шунтуванням ТЕД резистором;

- використанням діодів;
- переходом за схемою моста.

Способи переходу відрізняються один від одного з кількістю необхідних для їх здійснення апаратів і плавністю процесу переходу.

Також звернути увагу на те, яким чином той чи інший спосіб регулювання швидкості впливає на швидкісну характеристику ТЕД.

### *Тема 1.2.3 Визначення пускових струмів і сили тяги*

Звернути увагу на те, що струм першої позиції пуску визначається по величині сили тяги при зрушенні, що обмежується умовами вибору люфтів тягової передачі і забезпечення комфортабельності для пасажирів. Нормованим параметром при цьому є прискорення при зрушенні, що для не навантаженого рухомого складу приймається рівним  $a_0 = 0,3 - 0,4 \text{ м/с}^2$

У разі ступінчатого пуску намагаються обмежити коливання пускового струму. Пуск виконують при середньому пусковому струмі, який знаходиться в межах

$$I_{П ср} = \frac{I_{П max} + I_{П min}}{2},$$

де  $I_{П ср}$  – середній пусковий струм, А;

$I_{П max}$  – максимальний пусковий струм, який відповідає найбільш припустимому навантаженню двигуна і умовам зчеплення;

$I_{П min}$  – мінімальний пусковий струм, який залежить від уставки реле прискорення.

Середня пускова сила тяги  $N F_{н ср}$ , необхідна для розгону екіпажа з розрахунковою вагою  $G_p$  при необхідному прискоренні  $a_{ср}$ , визначається по формулі:

$$F_{н ср} = \frac{(102 \cdot (1 + \gamma) \cdot a_n + \omega_e(v)) \cdot G_p}{N}$$

Питомий опір руху  $\omega_e$  в період пуску визначається з умови рівності витрат енергії на подолання дійсного опору, що є функцією швидкості, і рівнозначного йому постійного опору.

Максимальний пусковий струм не повинний переверщувати струм тягового двигуна відповідно рівняння  $I_{don} \leq (1,7 \div 1,9)I_e$ . Якщо ця умова не виконується, максимальний струм варто зменшити до припустимої величини, скорегувати межі коливання струму і визначити уточнене значення пускового прискорення.

#### *1.2.4 Системи керування ДВЗ*

Необхідно розглянути схему двигуна внутрішнього згорання як об'єкта керування з відповідними вхідними та вихідними величинами.

Розглянути конструкцію окремих елементів та уяснити принцип дії автоматичної коробки передач, режими її роботи.

Необхідно охарактеризувати головні типи систем впорскування пального, які застосовуються на сучасних автомобілях.

Звернути увагу на можливі підвищення техніко – економічних та екологічних показників роботи двигуна внутрішнього згорання при використанні сучасних систем впорскування пального.

#### *Тема 2.1.1 Загальні відомості про електричне гальмування*

Слід пам'ятати, що одним з істотних переваг електричної тяги є можливість застосування електричного гальмування, заснованого на використанні зворотності електричних машин: кожна електрична машина може працювати в режимі генератора і двигуна. Властивість зворотності є найважливішою перевагою електричних машин перед іншими перетворювачами енергії. Гальмівна сила електричного гальмування має ту ж природу, що і сила тяги, але спрямована в бік, протилежний руху поїзда. Розходження в абсолютних значеннях сил тяги й електричного гальмування обумовлено лише різним впливом механічних і магнітних втрат у двигуні і

втрат у передачі. У той час як при тяговому режимі ці втрати викликають зниження сили тяги в порівнянні з електромагнітною на величину  $\Delta F_k = 3,6(\Delta P_m + \Delta P_{mx} + \Delta P_z) / V$ , при генераторному режимі вони збільшують на таку ж величину гальмівну силу і сприяють гальмуванню поїзда.

Також необхідно звернути увагу на переваги та недоліки електричного гальмування.

Форма гальмівної характеристики  $V(V)$  залежить від системи електричного гальмування. На відміну від механічного гальмування тут відповідним вибором схеми включення тягових машин і параметрів цих схем можна одержати характеристики бажаної форми.

### *Тема 2.1.2 Умови електричної стійкості в схемах гальмування*

Схема електричного гальмування з двигуном послідовного збудження, замкнутим на гальмівний реостат, є електричною стійкою. У випадку установки на рухомому складі двох або чотирьох двигунів у режимі гальмування їх з'єднують паралельно або послідовно паралельно, тобто зберігають схему з'єднання двигунів, прийняту для нормальної роботи в тяговому режимі. Однак при паралельному з'єднанні двигунів послідовного збудження доводиться вживати спеціальних заходів для забезпечення їхньої стійкої роботи і рівномірного розподілу навантаження між ними.

Найкращий розподіл навантажень між паралельно включеними тяговими машинами і їхньою стійкою роботою забезпечує так звана перехресна схема, в якій обмотка збудження другого двигуна з'єднана послідовно з якорем першого, а його обмотка збудження - послідовно з якорем другого двигуна. Зростання струму в обмотці якоря кожної з цих машин викликає збільшення магнітного потоку і ЕРС іншої машини, що забезпечує стійку роботу і гарний розподіл навантажень.

### *Тема 2.1.3 Реостатне гальмування при послідовному збудженні тягових двигунів*

Слід пам'ятати, що реостатне гальмування з генератором послідовного збудження одержало широке застосування. На електричному рухомому складі (ЕРС) міського транспорту його застосовують на вагонах метрополітену і на багатьох типах трамвайних вагонів.

Також необхідно звернути увагу на переваги та недоліки даного типу електричного гальмування а також на те, які операції необхідно виконати щоб перевести двигун послідовного збудження в генераторний режим.

Розглянути яким чином залежить процесу самозбудження від опору гальмівного реостата і швидкості. Дати визначення критичному опору та швидкості та від яких параметрів вони залежать.

Навести способи за допомогою яких зменшується час самозбудження електричної машини, а також приклади їх використання.

Навести залежності  $V(I)$  і  $V(B)$  характеристик реостатного гальмування з генератором послідовного збудження при різних опорах гальмівного реостата та показані також обмеження цих характеристик.

Слід пам'ятати, що принцип побудови гальмівної діаграми так само, як і процес пуску, можна розділити на дві стадії. У першій стадії гальмівний струм обмежений по максимальній напрузі на генераторі. В другій стадії гальмування проводиться приблизно при постійному середньому струмі. Побудову гальмівної діаграми зручніше починати з другої стадії.

### *Тема 2.1.4 Реостатне гальмування при змішаному збудженні тягових двигунів*

Слід пам'ятати, що при тягових машинах змішаного збудження, що у тяговому режимі працюють як двигуни згідно-змішаного збудження, принципово можливо чотири системи реостатного гальмування: живлення паралельної обмотки від мережі при зустрічному або згідному включенні паралельної і послідовної обмоток, самозбудження тягової машини також при зустрічному або згідному включенні обмоток збудження.



У схемах із самозбудженням струм в обмотках паралельного збудження пропорційний падінню напруги  $R_T I$  у гальмівному реостаті, тобто струму якоря. Отже, при самозбудженні обох обмоток виходять такі ж характеристики, як у режимі реостатного гальмування машини послідовного збудження. Але, регулювати швидкість і гальмівну силу тут значно трудніше, тому що при зменшенні опору гальмівного реостата різко знижується МРС паралельної обмотки, а разом з нею магнітний потік і гальмівна сила.

При великих опорах цього реостата збільшується МРС паралельної обмотки, внаслідок чого може надмірно підвищитися напруга. Крім того, через велику постійну часу паралельної обмотки сповільнюється самозбудження. Тому, незважаючи на бажаність самозбудження, що забезпечує незалежність гальмування від напруги контактної мережі, його варто визнати недоцільним для реостатного гальмування машин змішаного збудження.

Однак більш сприятливі для реостатного гальмування умови створюються при зустрічно-змішаному збудженні з живленням паралельної обмотки від контактної мережі або при незалежному її живленні. У цьому випадку забезпечується інтенсивне збудження при переході на гальмівний режим, стійка рівнобіжна робота тягових машин і досить рівномірний розподіл навантажень між ними, зручне регулювання процесу гальмування.

Навести приклади використання реостатного гальмування при тягових машинах змішаного збудження.

#### *Тема 2.1.5 Рекуперативно-реостатне гальмування при імпульсному регулюванні тягових двигунів*

Слід пам'ятати, що імпульсне керування ЕРС дозволяє здійснювати плавне регулювання швидкості не тільки в тяговому режимі, але і при електричному гальмуванні. Процес електричного гальмування істотно розрізняється при імпульсному і контакторно-реостатному керуванні. У випадку контакторно-реостатного керування рекуперація можлива лише при незалежному або змішаному збудженні і з ЕРС тягової машини, яка перевищує

напругу контактної мережі. Імпульсне керування дозволяє здійснити рекуперацію, навіть якщо ЕРС менше напруги мережі й у більшості випадків при двигунах послідовного збудження. Можливо також реостатне гальмування з плавним безконтактним регулюванням швидкості, причому і при опорі гальмівного реостата, більшому за критичний.

Розглянути принцип роботи імпульсного перетворювача в процесі рекуперативного гальмування на прикладі спрощеної схеми електронного переривача та навести часові діаграми його роботи і основні рівняння, які пов'язують між собою середні значення струму, що повертається при рекуперації в контактну мережу та середній струм якоря ТЕД.

Навести залежності  $I_{я\text{ ср}}(V)$ ,  $I_{РЕК\text{ ср}}(V)$ ,  $\lambda(V)$  при рекуперативному гальмуванні та спрощену принципову схему рекуперативно-реостатного гальмування для двигунів послідовного збудження.

#### *Тема 2.1.6 Магнітнорейкові гальма*

Слід пам'ятати, що рейкові гальма дозволяють розвивати гальмівні сили, не обмежені зчепленням коліс з рейками. Відомі два види електромагнітних рейкових гальм: магнітнорейкові, при яких здійснюється притиснення спеціальних гальмівних башмаків до рейок, і гальма, у яких використовується гальмівний ефект від вихрових струмів, що наводяться в рейках за допомогою обмоток спеціальних башмаків, що не стикаються з рейками. У магнітнорейкових гальмах гальмівна сила виникає в результаті притиснення башмаків до рейок і передається на візок через її боковини. Тому реалізовані гальмівні сили не обмежені зчепленням коліс з рейками.

При рейкових гальмах, заснованих на дії вихрових струмів, щоб забезпечити достатню ефективність гальмування, обмотки гальмівних башмаків повинні створювати сильне магнітне поле в рейках і, як наслідок, сильні вихрові струми. На створення таких полів витрачається електричної енергії в багато разів більше, ніж у магнітнорейкових гальмах. Достоїнством гальмування вихровими струмами є незалежність гальмівної сили від стану

поверхонь рейки і бандажа, ступеня їхнього забруднення і сили зчеплення між ними.

### *Тема 2.1.7 Механічне гальмування з використанням електромагнітного приводу*

За типом приводу механічні гальма розділяються на ручні, пневматичні, електропневматичні, гідравлічні й електромагнітні. Пневматичний привід застосовується на вагонах метрополітену, деяких типах трамвайних вагонів, автомобільному та залізничному транспорті. Електромагнітний привід застосовується на трамвайних вагонах КТМ - 5МЗ, ТЗ та ТЗМ. У зв'язку з ростом швидкостей руху рухомий склад обладнують комбінованими системами гальмування, кожна з яких має найбільшу ефективність у визначеному діапазоні швидкостей. Одночасна дія непередбаченого сполучення систем гальмування, при якому може виникнути юз і заклинювання коліс, запобігається спеціальними пристроями.

### *Тема 2.2.1 Високовольтне допоміжне електрообладнання.*

Слід пам'ятати, що на рухомому складі знайшли застосування допоміжні електричні машини та прилади, які отримують живлення від контактної мережі. Необхідно проаналізувати ці типи електроприводів з точки зору призначення, необхідної потужності, тривалості роботи, схеми підключення до контактної мережі. Звернути увагу на призначення демпферних резисторів та методів їх розрахунку.

Визначити яким чином може виконуватися опалення пасажирського салону та кабіни водія рухомого складу взимку.

### *Тема 2.2.2 Низьковольтне допоміжне електрообладнання*

Визначити, з яких елементів складаються низьковольтні джерела живлення на різних типах електрорухомого складу.

Слід пам'ятати, що на рухомому складі знайшли застосування допоміжні електричні машини, прилади та апарати, які отримують живлення від низьковольтної мережі. Необхідно проаналізувати ці типи електроприводів з точки зору призначення, необхідної потужності, тривалості роботи, схеми підключення та типу збудження електричних машин.

Звернути увагу на типи збудження електричних двигунів, які використовуються в низьковольтних джерелах живлення.

Визначити, які номінальні значення напруг низьковольтних джерел живлення застосовуються на різних типах електрорухомого складу й від яких параметрів вони залежать.

Порівняти властивості лужних та кислотних акумуляторних батарей.

### *Тема 2.2.3 Перетворювачі для зарядки акумуляторних батарей та живлення низьковольтних споживачів*

Слід пам'ятати, що на рухомому складі знайшли застосування електромашинні та статичні перетворювачі для зарядки акумуляторних батарей та живлення низьковольтних споживачів.

Необхідно виконати порівняльний аналіз цих двох типів перетворювачів, з'ясувати їх переваги та недоліки.

Навести приклади схемної реалізації статичних перетворювачів для зарядки акумуляторних батарей з використанням тиристорів та IGBT транзисторів. Звернути увагу при яких частотах працюють ці перетворювачі та яким чином це впливає на їхні габаритні розміри.

### *Тема 2.2.4 Регулятори напруги допоміжних генераторів*

Слід пам'ятати, що на рухомому складі знайшли широке застосування регулятори напруги електромагнітного, електронного й змішаного типів.

З переходом на системи електропостачання з генератором змінного струму регулятори електронного й змішаного типів практично витиснули

електромагнітні регулятори, які широко застосовувалися в основному з генераторами постійного струму.

Навести приклади схемної реалізації регуляторів напруги електромагнітного, електронного й змішаного типів а також інтегрального.

Вияснити в який спосіб виконується регулювання вихідної напруги генератора при зміні частоти обертання привідного двигуна.

### *2.2.5 Системи освітлення та сигналізації*

Призначення системи освітлення та сигналізації. Навести приклади маркування світлових приладів, що отримали знак міжнародного затвердження.

Розглянути конструкцію світлових приладів транспортних засобів та приладів внутрішнього освітлення. Пояснити принцип європейського та американського світлорозподілів близького світла.

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

### *Тема 2.3.1 Превентивні системи захисту електрообладнання*

Надійну роботу електричного обладнання в значній мірі визначають розрахункові режими роботи електрообладнання. Значні відхилення величин напруги і струму від припустимих меж приводять до підвищеного зносу електрообладнання або до виходу його з ладу.

Для запобігання пошкоджень і надмірно швидкому зносу електрообладнання, а також для забезпечення безпеки пасажирів тягові двигуни, пускорегулюючу апаратуру, і допоміжне електрообладнання захищають спеціальними апаратами. У виникнення в тягових електродвигунах або на будь-якій ділянці пошкодження або аварії захисні апарати від'єднують пошкоджену ділянку або все електрообладнання від мережі.

Електричне обладнання захищають від перевантажень, коротких замикань, підвищеної і надмірно зниженої напруги, перенапруг і струмів витоку. Крім того, на електрорухомому складі встановлюють пристрої для

припинення буксування коліс, пристосування, що захищають радіоприйом від перешкод, які викликаються дією електрообладнання.

Основними причинами виникнення радіоперешкод є: відрив струмоприймачів від контактних проводів, різкі зміни струму при включенні і вимиканні контролера управління та контакторів силового кола, іскріння на колекторах тягових електричних двигунів, а також дія звукової сигналізації.

Дати визначення превентивних систем захисту електрообладнання та навести приклади таких систем.

### *Тема 2.3.2 Абортівні системи захисту електрообладнання*

Дати визначення абортивних систем захисту електрообладнання та навести приклади таких систем.

Слід пам'ятати, що під *перевантаженням* електричного кола мають на увазі величину струму, що перевищує максимально допустимий струм для елементів цього кола. Перевантаження силового кола можуть виникати із-за передчасного виключення окремих рівнів пускових або гальмівних опорів в результаті несправності або неправильної дії водія при ручному (неавтоматичному) управлінні, а також порушення правильної дії системи автоматичного управління. Перевантаження можуть виникати також при русі максимально навантаженого рухомого складу на важких підйомах. Короткі замикання виникають при порушенні ізоляції між провідниками або струмоведучими деталями електричних апаратів і машин, а також при колових вогнях на колекторах тягових двигунів і допоміжних машинах і при перекиданнях дуги на корпус електричних машин.

Перевантаження і короткі замикання до перегріву обмоток тягових електродвигунів, апаратів, проводів і кабелів і при недостатній швидкодії захисту можуть викликати пошкодження окремих елементів електрообладнання і порушенню нормальної комутації електродвигунів. Перевантаження, що часто повторюються, викликають погіршення комутації електричних машин і прискорене старіння ізоляції.

Розглянути схеми рухомого складу при різних способах повторного включення реле перевантаження та взаємного блокування з лінійними контакторами.

Розглянути роботу схем рухомого складу при надмірних підвищеннях та зниженнях напруги в контактній мережі а також при коротких замиканнях.

### *Тема 2.3.3 Системи захисту від проковзування коліс*

Слід пам'ятати, що буксування колісних пар у режимі тяги і юз при електричному гальмуванні порушують режим роботи електрорухомого складу обмежуючи силу тяги або гальмування, підвищують імовірність погіршення комутації тягових двигунів, особливо при послідовному з'єднанні двигунів, коли ковзання викликає нерівномірний розподіл напруги між ними. Схильність колісних пар до буксування і юза істотно залежить від жорсткості тягової (гальмівної) характеристики і жорсткості характеристики ковзання.

Буксування (юз) викликає падіння сили тяги (гальмування): при послідовному з'єднанні двигунів сила тяги падає на всіх колісних парах, зв'язаних із двигунами послідовного кола.

Буксування особливо сильно впливає на роботу електрорухомого складу при веденні поїздів на підйомах із силою тяги, близькою до граничної по зчепленню, і часто обмежує вагову норму потяга.

Юз лімітує гальмову силу і знижує ефективність електричного гальмування. Юз особливо небезпечний при послідовному з'єднанні двигунів і «м'яких» характеристиках ковзання, що поширюються в область негативної швидкості юза. У цьому випадку при уповільненому проходженні юзуючою колісною парою режиму повного юза ( $v_{ю} = 0$ ) можливе утворення «лисок» на бандажах, особливо при одночасній дії механічного гальма.

Розглянути приклади схемних рішень вузлів виявлення і припинення буксування та юзу колісних пар для різних схем з'єднання тягових двигунів рухомого складу, проаналізувати їх переваги та недоліки і можливість використання на міськелектротранспорті.

Навести параметри, від яких залежить величина коефіцієнта зчеплення, та яким чином він впливає на вибір режиму роботи транспортного засобу.

#### *Тема 2.3.4 Високовольтні схеми електроприводів рухомого складу*

Дати визначення принципів та монтажним схемам рухомого складу, визначити чим вони відрізняються та де використовуються.

Визначити, які режими роботи рухомого складу повинні забезпечувати високовольтні схеми електроприводів рухомого складу.

Виконати порівняльний аналіз роботи високовольтних схем електроприводів рухомого складу при використанні одноопераційних тиристорів, GTO тиристорів та IGBT транзисторів з тяговими двигунами постійного струму.

Розглянути роботу рухомого складу з асинхронним тяговим приводом та способи регулювання режимів роботи.



### **3. ІНДИВІДУАЛЬНІ СЕМЕСТРОВІ ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТІВ**

Індивідуальні семестрові завдання для самостійної роботи студентів містять розгляд наступних питань:

1. Реле керування і апарати захисту конструкція та принцип дії.
2. Струмоприймачі та їх характеристики.
3. Принцип дії основних напівпровідникових приладів, які використовуються у апаратах безконтактного керування.
4. Магнітні підсилювачі та безконтактні магнітні реле.
5. Трансформатори постійного струму і напруги.
6. Напівпровідникові логічні елементи.
7. Реле з магнітокеруємими контактами.
8. Силкові блоки тиристорно-імпульсних перетворювачів.
9. Перегрупування електродвигунів по схемі моста.
10. Принципова схема ТІП для комбінованого регулювання.
11. Переривачі з додатковим розряджуючим контуром.
12. Переривачі з додатковим зарядженням комутуючих конденсаторів у функціях струму навантаження.
13. Переривачі з додатковим розряджуючим контуром і дозарядженням комутуючих конденсаторів.
14. Запирання додаткових тиристорів за допомогою дроселів дозарядження.
15. Електромагнітні процеси двохфазної схемі з загальним вузлом комутації при вмиканні переривача.
16. Вибір індуктивності розряджуючих дроселів.
17. Вибір ємності комутуючих конденсаторів.
18. Системи керування приводами клавішних і колекторних контролерів.
19. Автоматичне регулювання струму тягових двигунів за допомогою фазозсувного приладу на магнітних підсилювачах.
20. Автоматичне регулювання струму тягових двигунів з напівпровідниковими фазозсувними приладами.
21. Призначення і типи допоміжних електричних машин.
22. Загальні відомості про акумуляторні батареї.
23. Високовольтні статичні перетворювачі власних потреб.

**ЛІТЕРАТУРА**  
**ДО ТЕМ НАВЧАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ,**  
**ЩО РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО**  
**ОПРАЦЮВАННЯ СТУДЕНТАМИ**

1. «Електричне обладнання транспортних засобів». Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.092201 «Електричні системи і комплекси транспортних засобів». – Укл. В. П. Андрійченко, С. О. Закурдай. – Харків: ХНАМГ, 2010. – 181 с.

До теми 1.1.1 – стор. 14-24.

До теми 1.1.2 – стор. 28-33.

До теми 1.1.3 – стор. 13-15.

До теми 1.2.1 – стор. 33-41.

До теми 2.1.1-2.1.3 – стор. 41-74.

До теми 2.1.60-2.1.7 – стор. 74-94.

До теми 2.1.1-2.1.3 – стор. 41-74.

До теми 2.3.1-2.3.3 – стор. 113-130.

2. Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни «Електричне обладнання рухомого складу» (для студентів 3-4 курсів усіх форм навчання спеціальностей 7.092202 «Електричний транспорт»). – Уклад.: Далека В. Х., Карпушин Е. І, Андрійченко В. П., Закурдай С. О. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 102 с.

До теми 1.2.3 – стор. 8-16.

3. Сажко В. А. Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. – К.: Каравела, 2008. – 400 с.

До теми 1.1.2 – стор. 62-70.

До теми 1.1.3 – стор. 8-30.

До теми 1.1.4 – стор. 88-106.

До теми 1.1.5 – стор. 131-225.

До теми 1.1.6 – стор. 112-119.

До теми 1.2.4 – стор. 88-106.

4. Байрыева Л. С., Шевченко В. В. Электрична тяга. Міський наземний транспорт. – М.: Транспорт, 1986. – 206 с.

До теми 1.2.1 – стор. 55-89.

До теми 1.2.2 – стор. 89-102.

5. Ефремов И. С., Косарев В. Г. – Теория и расчет электрооборудования подвижного состава городского электрического транспорта. – М.: Высшая школа, 1976. – 480 с.

До теми 1.1.1 – стор. 66-90.

До теми 1.2.2 – стор. 124-127.

До теми 2.1.1 – стор. 136-137.

До теми 2.1.3 – стор. 137-144.

До теми 2.1.5 – стор. 195-236.

6. Тихменев Б. Н., Трахтман Л. М. Подвижный состав электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1980. – 471 с.

До теми 2.1.1-2.1.6 – стор. 146-202.

До теми 2.3.1-2.3.3 – стор. 287-293.

# НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Методичні вказівки  
до виконання самостійної роботи студентів  
з дисципліни

## **«ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»**

*(для студентів 3, 4 курсів усіх форм навчання  
напряму підготовки 6.050702 «Електромеханіка»  
спеціальності «Електричні системи і комплекси  
транспортних засобів»)*

Укладачі **АНДРІЙЧЕНКО** Володимир Павлович,  
**ЗАКУРДАЙ** Світлана Олександрівна

Відповідальний за випуск *Ю. В. Мінеєва*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2011, поз. 167М

---

Підп. до друку 18.01.2012 р.

Формат 60×84/16

Друк на ризографі.

Ум. друк. арк. 1,2

Зам. №

Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rektorat@ksame.kharkov.ua](mailto:rektorat@ksame.kharkov.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.