

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електротехнічний  
Кафедра автоматизованих електромеханічних систем  
в промисловості та транспорті

**СИЛАБУС**

програма вивчення дисципліни  
«Теорія електричної тяги»

для здобувачів другого рівня (магістр) вищої освіти

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**Викладач дисципліни:**

**Касаткіна Ірина Віталіївна** - доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, кандидат технічних наук, доцент.

E-mail: speet@ukr.net

Контактний телефон: (+38) (056) 409-17-30 (каф. АЕСПТ).

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті знаходиться у головному корпусі КНУ (Кривий Ріг, вул. Віталія Матусевича 11), ауд. 303.

Зміст погоджено з гарантом ОПП



Федотов В.О.

« 31 » 08 2020 р.

## АНОТАЦІЯ

Предметом вивчення навчальної дисципліни є технологія роботи тягового електропривода рухомого складу промислового, комунального та кар'єрного транспорту; вивчення конструктивних особливостей та режимів роботи електричного обладнання.

Електричним називають такий вид транспорту, рух якого здійснюється за допомогою тягових електродвигунів. Тяговими електричними двигунами (машинами, перетворювачами) називають двигуни, призначені для роботи на електрорухомому складі усіх видів.

За призначенням і характером роботи електричний транспорт підрозділяють на магістральний, приміський, промисловий і міський.

Промисловий електричний транспорт здійснює перевезення різноманітних вантажів по території виробничих підприємств. Цей транспорт дуже різноманітний, його особливості залежать від виду виробництва, де він застосовується. Якщо це відкритий видобуток корисних копалин, то такий транспорт близький до залізничного (промислові електровози, самохідні думпкари); якщо ж, наприклад, це машинобудівний завод, де застосовується безрейковий транспорт (електрокари, електронавантажувачі), то він близький до міського електричного транспорту.

Міський електричний транспорт (МЕТ) служить для перевезення пасажирів у містах на відносно невеликі відстані. Він повинний забезпечувати: високу надійність і безпеку руху; надання максимуму зручностей для пасажирів при мінімальній вартості перевезень; необхідну частоту і регулярність руху на лінії; високу швидкість перевезень і достатню провізну спроможність; мінімальний шум, створюваний електрорухомим складом.

За типом шляху електричний транспорт можна підрозділити на рейковий, монорейковий (з однією рейкою) і безрейковий, а за розташуванням шляху - на наземний, надземний і підземний.

Рухомим складом рейкового транспорту є електровози і електровагони - моторні й причіпні, а безрейкового - тролейбуси, електробуси, електромобілі.

Електрична тяга з передачею енергії від електростанцій може здійснюватися при різних системах струму і різних напругах. Залежно від роду струму, який підводиться до рухомого складу, розрізняють системи електричної тяги постійного, трифазного і однофазного струмів зниженої чи нормальної частоти.

На електрорухомому складі можуть застосовуватися тягові електричні двигуни як постійного струму, так і безколекторні двигуни змінного струму (асинхронні чи синхронні). При використанні безколекторних двигунів на рухомому складі встановлюються статичні перетворювачі постійного струму і регулятори частоти. Останнім часом така система знаходить широке використання в електромобілях. Вона також доцільна при застосуванні приводу у вигляді мотор-колеса, тобто пристрою, коли електричний двигун з редуктором виконані як єдине ціле з колесом.

Для електричної тяги на МЕТ використовуються тягові електродвигуни (ТЕД) постійного струму послідовного і змішаного збудження. ТЕД паралельного збудження в якості тягових не застосовуються. Найбільш повно умовам роботи на електрорухомому складі (ЕРС) задовольняють ТЕД послідовного збудження, що мають відповідні природні тягові характеристики  $F(V)$ . Вони краще працюють у перехідних режимах внаслідок великої комутаційної стійкості до появи колового вогню на колекторі, при однаковій потужності мають менші вагу і габарити за рахунок зменшення обсягу ізоляції обмотки послідовного збудження.

Практичне застосування цієї дисципліни полягає у обговоренні на аудиторних заняттях теоретичних питань, виконанні практичних занять, на яких відпрацьовуються питання теорії електричної тяги, а також оцінювання результативності навчання.

В результаті вивчення дисципліни здобувачі отримають знання та навички застосування електричної тяги на ЕРС промислових підприємствах та міському транспорті.

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 14 «Електрична інженерія»	Вибіркова
	Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»	
Модулів – 1	Спеціалізація: «Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів»	Рік підготовки:
Змістових модулів – 3		1-й
Індивідуальне завдання		Семестр
Загальна кількість годин – 120		2-й
		Лекції
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3	Ступінь вищої освіти: магістр	36 год.
		Лабораторні
		Практичні
		18 год.
		Самостійна робота
		66 год.
		Індивідуальні завдання
	Вид контролю: екзамен	

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання

– 54/66;

## 2. Місце дисципліни в структурі освітньо-наукової програми

Дисципліна «Теорія електричної тяги» включена до вибірових дисциплін освітньо-наукової програми спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» другого рівня (магістр) вищої освіти.

Перелік дисциплін, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни	Перелік дисциплін, вивчення яких безпосередньо спирається на дану дисципліну
Структурне проектування та безпека транспортних засобів, Гібридні структури електромеханічних тягових систем, Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів, Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів	Практика науково-дослідна, кваліфікаційна робота

Основні положення дисципліни повинні бути використані в подальшому при проходженні науково-дослідної практики та підготовки кваліфікаційної роботи.

### 3. Перелік планованих результатів навчання, співвіднесених з планованими результатами освоєння освітньо-наукової програми

Метою вивчення дисципліни «Теорія електричної тяги» є набуття високого рівня професійної підготовки в області технології роботи тягового електропривода рухомого складу промислового, комунального та кар'єрного транспорту; вивчення конструктивних особливостей та режимів роботи електричного обладнання.

Предметом вивчення курсу є теорія електричної тяги, ознайомлення з дослідженням і розробками різних видів технологічного кар'єрного, шахтного та міського електричного транспорту.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Теорія електричної тяги» є формування у здобувачів належного рівня знань про особливості конструкцій і робочих процесів та технічні характеристики основних функціональних елементів визначеного різновиду транспортних засобів, визначати сили що діють на об'єкт, швидкості руху транспортних засобів у заданих умовах експлуатації.

Програма містить перелік тем та питань, які розглядаються на лекціях, а також перелік практичних робіт. Програмою передбачено нормативний об'єм самостійної роботи здобувачів та контроль за її виконанням. Наведено список основної та допоміжної літератури, рекомендованої для вивчення дисципліни «Теорія електричної тяги».

В результаті вивчення курсу «Теорія електричної тяги» здобувач має:

**знати:**

- Загальні вимоги до тягових електричних машин.
- Конструкцію, типи та характеристики електричного рухомого складу у першу чергу: промислових електроприводів тепловозів, комунального транспорту, внутрішньо заводського транспорту, авто- та електромобілів;
- Основні принципи керування та регулювання швидкості, моменту, потужності тягових електромашин;

- Переваги і недоліки різних типів електрично-рухомого складу, тенденції і перспективи їхнього електропостачання й розвитку;

**вміти:**

- Розраховувати електромеханічні і електротягові характеристики рухомого складу при різних методах керування рухомого складу;
- Розрахувати обмеження електротягових характеристик електричного рухомого складу у залежності від умов їх роботи;
- Дослідити і експлуатувати тягові електроприводи транспортних засобів.

**набути згідно освітньо-наукової програми:**

**загальних компетентностей:**

**К03.** Здатність приймати обґрунтовані рішення.

**спеціальних компетентностей:**

**К11.** Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач.

**К14.** Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації електрообладнання.

**К15.** Здатність аналізувати енергетичні процеси у сучасних напівпровідникових перетворювачах.

**К19.** Здатність виконувати синтез та аналіз систем керування тяговими електроприводами постійного та змінного струму.

**К21.** Здатність обирати структуру та компоненти для гібридних тягових систем та аналізувати енергетичні процеси у них.

**Програмні результати навчання:**

**РН01.** Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності обладнання, комплексів і систем.

**РН04.** Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу обладнання, комплексів і систем.

**РН08.** Обґрунтувати вибір напрямку та методики розробок та проектування з урахуванням сучасних проблем.

**РН14.** Виконувати проектування, монтаж, налагодження, діагностування і випробування електрообладнання комплексів і систем транспортних засобів.

**РН15.** Планувати та проводити налагодження та експлуатацію систем керування комплексів і систем транспортних засобів.

**РН17.** Виконувати дослідження сучасних напівпровідникових перетворювачів.

Результати вивчення курсу «Теорія електричної тяги» представляються у формі екзамену.

#### **4. Тематичний план дисципліни**

##### **Програма навчальної дисципліни**

##### **Модуль 1**

##### **Змістовний модуль 1**

#### **ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОМАШИН. ТЯГОВІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ (40 год./1,33 кредита)**

**Тема 1.** Техніко-економічна ефективність електричної тяги.

Загальні вимоги до тягових електромашин, конструкція і режими роботи[1,3,5].

**Тема 2.** Номінальні режими роботи і номінальні електричні параметри електромашин, загальні вимоги; конструктивні особливості тягових двигунів і тягових генераторів; комутація в тягових машинах постійного струму, круговий вогонь на колекторі.

**Тема 3.** Експлуатаційні характеристики колекторних тягових електромашин: генераторний режим, процент отримання гіперболічної зовнішньої характеристики, двигуновий режим роботи машини послідовного і змішаного збудження; робота тягових машин у загальному режимі.

**Тема 4.** Безколекторні тягові електромашини [1,7]. Особливості застосування безколекторних тягових електромашин на рухомому складі: вентильні та асинхронні тягові двигуни.

**Тема 5.** Регулювання частоти обертання і моменту асинхронних тягових двигунів, особливості проектування асинхронних тягових двигунів.

**Тема 6.** Нагрів і вентиляція тягових електромашин: основні типи вентиляції, основи теплового розрахунку, норми документального підвищення температури елементів двигуна.

## **Змістовний модуль 2**

### **ТЯГОВИЙ ПРИВОД ПРОМИСЛОВОГО І КОМУНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ (40 год./1,33 кредита)**

**Тема 7.** Структурна схема тягового приводу, умови роботи, сила тяги та її реалізація [1,2,6]. Призначення тягового приводу на рухомому складі, основні елементи приводу, сила тяги та умови її реалізації.

**Тема 8.** Тягові передачі та підвищення тягових двигунів на промислових електроприводах, схема і конструкція опорно-осьового і опорно-рамного підвищення, тягові характеристики, регулювання сили тяги.

**Тема 9.** Конструкція екіпажної частини трамвайного вагона і троллейбуса, схеми підвищення тягових двигунів та кінематичні схеми.

**Тема 10.** Тягові передачі автоматичного рухомого складу та спеціальні види передач [1,2,4,6]. Конструкція екіпажної частини промислового тепловоза, схема передачі обертального моменту від дизеля до колісної пари.

**Тема 11.** Типи тягових передач тепловозів з електричною передачею; основні принципи автоматичного регулювання тягової передачі тепловоза: канали регулювання дизеля, тягового генератора, тягового двигуна.

**Тема 12.** Тягова передача акумуляторного електричного транспорту: основні елементи передачі, регулювання сили тяги. Тягова передача типу мотор-колесо: основні елементи передачі регулювання сили тяги.

## **Змістовний модуль 3**

### **ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ ТА ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ (40 год./1,33 кредита)**

**Тема 13.** Рівняння руху поїзда електромеханічні і тягові характеристики рухомого складу [3,6]. Рівняння руху поїзда, рівняння сил, аналіз рівняння. Сили опору руху поїзда, основний та додатковий опори руху поїзда, розрахунок складових.

**Тема 14.** Електромеханічні характеристики на валу тягового двигуна для різних типів збудження, електромеханічні характеристики, віднесені до ободу колеса. Тягові характеристики електрорухомого складу обмеження сили тяги і струму. Електромеханічні характеристики при електричному гальмуванні.

**Тема 15.** Принцип імпульсного регулювання напруги на електрорухомому складі постійного струму, пульсація струму у колі якоря при імпульсному регулюванні; регулювання струму в обмотках збудження тягових двигунів, силові фільтри.

**Тема 16.** Принцип частотою регулювання напруги і моменту на рухомому складі змінною струму, розрахунок тягових характеристик, обмеження сила тяги.

**Тема 17.** Питання енергетики тяги електроприводу [3,4,8]. Призначення тягових розрахунків, вихідні дані до розрахунків. Спряmlення профілю колії, побудови кривої струму у режимі тяги і електричного гальмування. Побудова кривих швидкості та часу.

**Тема 18.** Розрахунок нагрівання тягового двигуна: попередній вибір потужності тягового двигуна, спрощений спосіб перевірки двигуна на нагрівання. Визначення витрат електричної енергії на тягу, засоби економії електроенергії на електрорухомому складі.

## 5. Структура курсу

Тиж-ні	Теми занять	Год.	Теми СРС, терміни виконання
1	<b>Тема 1.</b> Техніко-економічна ефективність електричної тяги. Загальні вимоги до тягових електромашин, конструкція і режими роботи.	2	<b>Тема 1.</b> Техніко-економічна ефективність електричної тяги. Загальні вимоги до тягових електромашин, конструкція і режими роботи. 1 тиждень
2	<b>Тема 2.</b> Номінальні режими роботи і номінальні електричні параметри електромашин, загальні вимоги; конструктивні особливості тягових двигунів і тягових генераторів; комутація в тягових машинах постійного струму, круговий вогонь на колекторі.	2	<b>Тема 2.</b> Номінальні режими роботи і номінальні електричні параметри електромашин, загальні вимоги; конструктивні особливості тягових двигунів і тягових генераторів; комутація в тягових машинах постійного струму, круговий вогонь на колекторі. 1 тиждень
3	<b>Тема 3.</b> Експлуатаційні характеристики колекторних тягових електромашин: генераторний режим, процент отримання гіперболічної зовнішньої характеристики, двигуновий режим роботи машини послідовного і змішаного збудження; робота тягових машин у загальному режимі.	2	<b>Тема 3.</b> Експлуатаційні характеристики колекторних тягових електромашин: генераторний режим, процент отримання гіперболічної зовнішньої характеристики, двигуновий режим роботи машини послідовного і змішаного збудження; робота тягових машин у загальному режимі. 1 тиждень
4	<b>Тема 4.</b> Безколекторні тягові електромашини[1,7]. Особливості застосування безколекторних тягових електромашин на рухомому складі: вентильні та асинхронні тягові двигуни.	2	<b>Тема 4.</b> Безколекторні тягові електромашини[1,7]. Особливості застосування безколекторних тягових електромашин на рухомому складі: вентильні та асинхронні тягові двигуни. 1 тиждень



5	<b>Тема 5.</b> Регулювання частоти обертання і моменту асинхронних тягових двигунів, особливості проектування асинхронних тягових двигунів.	2	<b>Тема 5.</b> Регулювання частоти обертання і моменту асинхронних тягових двигунів, особливості проектування асинхронних тягових двигунів. 1 тиждень
6	<b>Тема 6.</b> Нагрів і вентиляція тягових електромашин: основні типи вентиляції, основи теплового розрахунку, норми документального підвищення температури елементів двигуна	2	<b>Тема 6.</b> Нагрів і вентиляція тягових електромашин: основні типи вентиляції, основи теплового розрахунку, норми документального підвищення температури елементів двигуна. 1 тиждень
7	<b>Тема 7.</b> Структурна схема тягового приводу, умови роботи, сила тяги та її реалізація [1,2,6]. Призначення тягового приводу на рухомому складі, основні елементи привода, сила тяги та умови її реалізації. Кінематичні схеми.	2	<b>Тема 7.</b> Структурна схема тягового приводу, умови роботи, сила тяги та її реалізація [1,2,6]. Призначення тягового приводу на рухомому складі, основні елементи привода, сила тяги та умови її реалізації. Кінематичні схеми. 1 тиждень
8	<b>Тема 8.</b> Тягові передачі та підвішування тягових двигунів на промислових електроприводах, схема і конструкція опорно-осьового і опорно-рамного підвішування, тягові характеристики, регулювання сили тяги.	2	<b>Тема 8.</b> Тягові передачі та підвішування тягових двигунів на промислових електроприводах, схема і конструкція опорно-осьового і опорно-рамного підвішування, тягові характеристики, регулювання сили тяги. 1 тиждень
9	<b>Тема 9.</b> Конструкція екіпажної частини трамвайного вагона і троллейбуса, схеми підвішування тягових двигунів та кінематичні схеми.	2	<b>Тема 9.</b> Конструкція екіпажної частини трамвайного вагона і троллейбуса, схеми підвішування тягових двигунів та кінематичні схеми. 1 тиждень
10	<b>Тема 10.</b> Тягові передачі автоматичного рухомого складу та спеціальні види передач [1,2,4,6]. Конструкція екіпажної частини промислового тепловоза, схема передачі обертального моменту від дизеля до колісної пари.	2	<b>Тема 10.</b> Тягові передачі автоматичного рухомого складу та спеціальні види передач [1,2,4,6]. Конструкція екіпажної частини промислового тепловоза, схема передачі обертального моменту від дизеля до колісної пари. 1 тиждень
11	<b>Тема 11.</b> Типи тягових передач тепловозів з електричною передачею; основні принципи	2	<b>Тема 11.</b> Типи тягових передач тепловозів з електричною передачею; основні принципи автоматичного регулювання

	автоматичного регулювання тягової передачі тепловоза: канали регулювання дизеля, тягового генератора, тягового двигуна.		тягової передачі тепловоза: канали регулювання дизеля, тягового генератора, тягового двигуна. 1 тиждень
12	<b>Тема 12.</b> Тягова передача акумуляторного електричного транспорту: основні елементи передачі, регулювання сили тяги. Тягова передача типу мотор-колесо: основні елементи передачі регулювання сили тяги.	2	<b>Тема 12.</b> Тягова передача акумуляторного електричного транспорту: основні елементи передачі, регулювання сили тяги. Тягова передача типу мотор-колесо: основні елементи передачі регулювання сили тяги. 1 тиждень
13	<b>Тема 13.</b> Рівняння руху поїзда електромеханічні і тягові характеристики рухомого складу [3,6]. Рівняння руху поїзда, рівняння сил, аналіз рівняння. Сили опору руху поїзда, основний та додатковий опори руху поїзда, розрахунок складових.	2	<b>Тема 13.</b> Рівняння руху поїзда електромеханічні і тягові характеристики рухомого складу [3,6]. Рівняння руху поїзда, рівняння сил, аналіз рівняння. Сили опору руху поїзда, основний та додатковий опори руху поїзда, розрахунок складових. 1 тиждень
14	<b>Тема 14.</b> Електромеханічні характеристики на валу тягового двигуна для різних типів збудження, електромеханічні характеристики, віднесені до ободу колеса. Тягові характеристики електрорухомого складу обмеження сили тяги і струму. Електромеханічні характеристики при електричному гальмуванні.	2	<b>Тема 14.</b> Електромеханічні характеристики на валу тягового двигуна для різних типів збудження, електромеханічні характеристики, віднесені до ободу колеса. Тягові характеристики електрорухомого складу обмеження сили тяги і струму. Електромеханічні характеристики при електричному гальмуванні. 1 тиждень
15	<b>Тема 15.</b> Принцип імпульсного регулювання напруги на електрорухомому складі постійного струму, пульсація струму у колі якоря при імпульсному регулюванні; регулювання струму в обмотках збудження тягових двигунів, силові фільтри.	2	<b>Тема 15.</b> Принцип імпульсного регулювання напруги на електрорухомому складі постійного струму, пульсація струму у колі якоря при імпульсному регулюванні; регулювання струму в обмотках збудження тягових двигунів, силові фільтри. 1 тиждень
16	<b>Тема 16.</b> Принцип частотою регулювання напруги і моменту	2	<b>Тема 16.</b> Принцип частотою регулювання напруги і моменту на рухомому складі

	на рухомому складі змінною струму, розрахунок тягових характеристик, обмеження сила тяги.		змінною струму, розрахунок тягових характеристик, обмеження сила тяги. 1 тиждень
17	<b>Тема 17.</b> Питання енергетики тяги електроприводу [3,4,8]. Призначення тягових розрахунків, вихідні дані до розрахунків. Спрямолення профілю колії, побудови кривої струму у режимі тяги і електричного гальмування. Побудова кривих швидкості та часу.	2	<b>Тема 17.</b> Питання енергетики тяги електроприводу [3,4,8]. Призначення тягових розрахунків, вихідні дані до розрахунків. Спрямолення профілю колії, побудови кривої струму у режимі тяги і електричного гальмування. Побудова кривих швидкості та часу. 1 тиждень
18	<b>Тема 18.</b> Розрахунок нагрівання тягового двигуна: попередній вибір потужності тягового двигуна, спрощений спосіб перевірки двигуна на нагрівання. Визначення витрат електричної енергії на тягу, засоби економії електроенергії на електрорухомому складі.	2	<b>Тема 18.</b> Розрахунок нагрівання тягового двигуна: попередній вибір потужності тягового двигуна, спрощений спосіб перевірки двигуна на нагрівання. Визначення витрат електричної енергії на тягу, засоби економії електроенергії на електрорухомому складі. 1 тиждень

## 6. Навчальна база (лабораторії, аудиторії)

Для проведення лекційних і практичних занять використовується приміщення аудиторії навчального корпусу університету, які придатні для розміщення всього складу групи

## 7. Освітні технології

Реалізація компетентного підходу передбачає широке використання в навчальному процесі здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти традиційних освітніх технологій в поєднанні з активними та інтерактивними формами проведення занять.

В рамках вивчення даної дисципліни використовуються:

- мультимедійні освітні технології: інтерактивні лекції (презентації) з використанням програми MS PowerPoint в поєднанні з анімацією і звуковим супроводом; перегляд відеороликів за окремими пунктами тем занять, використання електронних посібників;
- діалогові технології: організація групових дискусій, використання «мозкового штурму»;
- імітаційні технології: проведення практичних занять у формі ділових ігор, «прес-конференцій».

**8. Політика та процедура академічної поведінки та етики, особливості проведення занять для осіб з обмеженими можливостями здоров'я й особи з дітьми**

При вивченні дисципліни «Автоматизація енергетичних систем» прошу дотримуватися таких правил:

1. Не спізнюватися на заняття.
2. Не пропускати заняття без поважної причини, у разі відсутності прошу попередити та опрацювати матеріал самостійно.

3. Згідно з календарним графіком навчального процесу здавати всі види контролю.
4. Брати активну участь в навчальному процесі.
5. Бути терпимими, відкритими, відвертими і доброзичливими до однокурсників та викладачів.

У викладанні дисципліни можуть бути використані наступні адаптивні технології:

- інтернет-технології та дистанційне навчання - для здобувачів з порушеннями опорно-рухового апарату;
- диференційоване навчання, використання допоміжних пристроїв та технології тьюторського супроводу - для людей з вадами зору та слуху.

Підбір та розробку навчальних матеріалів можна надавати в різних формах: для здобувачів з вадами слуху інформацію можна представляти візуально, з порушенням зору – аудіювання. Для осіб з вадами зору зображення дрібних об'єктів можна представляти у формі презентацій. Спілкування викладачів зі здобувачами можна здійснювати за допомогою дистанційних технологій (мережі Інтернет, електронної пошти). Вибір місць виконання практичних завдань здійснюється з урахуванням з обмежених можливостей здоров'я того, хто навчається

Плагіат та інші види нечесної роботи недопустимі. Недопустимі віддзеркалювані відповіді або коментарі інших студентів...

## 7. Порядок оцінювання результатів навчання

У результаті освоєння дисципліни здобувач опановує такі компетенції:

Компетенції	Дескриптори - основні ознаки освоєння (показники досягнення результату)	Форми й методи навчання, що сприяють формуванню та розвитку компетенції
<b>К03.</b> Здатність приймати обґрунтовані рішення.	<b>Ум1</b> Спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур <b>АВ2</b> Відповідальність за внесок до професійних знань і практики та/або оцінювання результатів діяльності команд та колективів	1. Словесні методи 2. Практичні методи 4. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 5. Самостійна робота 6. Усне опитування 7. Тестування 8. Підсумковий контроль
<b>К11.</b> Здатність застосовувати отримані теоретичні знання, наукові і технічні методи для вирішення науково-технічних проблем і задач.	<b>Ум1</b> Спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур <b>Ум3</b> Здатність розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності	1. Словесні методи 2. Практичні методи 4. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 5. Самостійна робота 6. Усне опитування 7. Тестування 8. Підсумковий контроль
<b>К14.</b> Здатність розробляти та впроваджувати заходи з підвищення надійності, ефективності та безпеки при проектуванні та експлуатації електрообладнання.	<b>Ум2</b> Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах	1. Словесні методи 2. Практичні методи 4. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 5. Самостійна робота 6. Усне опитування

		7.Тестування 8. Підсумковий контроль
<b>К15.</b> Здатність аналізувати енергетичні процеси у сучасних напівпровідникових перетворювачах	<b>Зн1</b> Спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері професійної діяльності або галузі знань і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень <b>Ум2</b> Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах. <b>Ум3</b> Здатність розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності	1. Словесні методи 2. Практичні методи 4. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 5. Самостійна робота 6. Усне опитування 7.Тестування 8. Підсумковий контроль
<b>К19.</b> Здатність виконувати синтез та аналіз систем керування тяговими електроприводами постійного та змінного струму.	<b>Зн1</b> Спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері професійної діяльності або галузі знань і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень. <b>Ум1</b> Спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур <b>Ум2</b> Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах. <b>АВ1</b> Управління робочими або навчальними процесами, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.	1. Словесні методи 2. Практичні методи 4. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 5. Самостійна робота 6. Усне опитування 7.Тестування 8. Підсумковий контроль
<b>К21.</b> Здатність обирати структуру та компоненти для гібридних тягових систем та аналізувати енергетичні процеси у них.	<b>Зн1</b> Спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері професійної діяльності або галузі знань і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень. <b>Ум2</b> Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах. <b>Ум3</b> Здатність розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності. <b>АВ1</b> Управління робочими або навчальними процесами, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів.	1. Словесні методи 2. Практичні методи 4. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами 5. Самостійна робота 6. Усне опитування 7.Тестування 8. Підсумковий контроль

Рівень сформованості кожної компетентності на різних етапах її формування в процесі освоєння даної дисципліни оцінюється в ході поточного та підсумкового контролю успішності та представлений різними видами оціночних засобів. Сформованість рівня

компетентності не нижче порогового є підставою для допуску здобувача до проміжної атестації з даної дисципліни.

Основними критеріями, що характеризують рівень компетентності здобувача при оцінюванні результатів поточного та підсумкового контролів є такі:

- виконання всіх видів навчальної роботи, передбачених робочою програмою навчальної дисципліни;
- глибина і характер знань навчального матеріалу за змістом навчальної дисципліни, що міститься в основних та додаткових рекомендованих літературних джерелах;
- вміння аналізувати явища, які вивчаються, у їх взаємозв'язку і розвитку;
- характер відповідей на поставлені питання (чіткість, лаконічність, логічність, послідовність тощо);
- вміння застосовувати теоретичні положення під час розв'язання практичних задач;
- вміння аналізувати достовірність одержаних результатів.

## 8. МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Для оцінювання успішності здобувачів використовується модульно-рейтингова система, яка передбачає розподіл балів за виконання усіх запланованих видів робіт. Максимальну кількість 100 балів за опановану дисципліну здобувач отримує при умові його бездоганного виконання. Ця сума складається з балів, які здобувач поступово накопичує за виконання поточних практичних і контрольних робіт, а також складання підсумкового екзамену.

У практичному модулі максимальна кількість балів при захисті практичних робіт наведена у таблиці:

Вид робіт	Денна форма
Якість самостійної підготовки до виконання практичної роботи	1
Якість виконання практичної роботи	2
Якість підготовки та захисту звіту з практичної роботи	1
Всього:	4

Розподіл максимальної кількості балів (100) при контролі знань наступний:

- 70 балів для оцінки роботи здобувача у семестрі;
- 30 балів для оцінки на екзамені.

Розподіл максимальної кількості балів при виконанні модульної контрольної роботи наведений у таблиці:

Вид робіт	Денна форма
Повнота відповідей на питання білету модульної контрольної роботи	14
Логічність та аргументованість відповідей	10
Наведення рисунків та графіків	10
Всього:	34

Розподіл максимальної кількості балів по складовим блокам наведений у таблиці:

Денна форма		Всього
Блоки контролю	Модулі, номери неділь, бали	
	Змістовий модуль №1,2,3	

	1,2	3,4	5,6	7,8	9,10	11,12	13,14	15,16	17,18	
Практичний	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36
Модульний	-	-	-	-	-	-			34	34
Разом:										70
Екзамен										30
Всього:										100

Семестровий контроль здійснюється в усній формі по білетах. Зміст і структура екзаменаційних білетів та критерії оцінювання обговорюються та визначаються рішенням кафедри.

Зміст питань комплексу екзаменаційних білетів (контрольних завдань) має повністю охоплювати робочу навчальну програму дисципліни або її частину, яка виноситься на семестровий контроль, та забезпечувати перевірку всіх знань, навичок і умінь відповідного рівня, що передбачені програмою. Кількість екзаменаційних білетів для усного екзамену має перевищувати кількість здобувачів у навчальній групі не менше, ніж на 5.

Критерії оцінювання екзамену (відповіді здобувача) мають враховувати, насамперед, її повноту і правильність, а також здатність здобувача: узагальнювати отримані знання; застосовувати правила, принципи, закони в конкретних ситуаціях; аналізувати та оцінювати факти, інтерпретувати схеми, графіки; викладати матеріал чітко, логічно, послідовно.

Складові оцінювання відповіді здобувача на екзамені при максимальній кількості (30 балів):

- повнота розкриття питань білету – 12 балів;
- обґрунтованість відповіді – 6 балів;
- аналітичність міркування, вміння робити порівняння, правильний висновок – 12 балів.

Семестровий контроль реалізується через визначення кількості набраних балів з дисципліни за семестр та визначення оцінки якості засвоєння дисципліни згідно шкали оцінок.

#### Шкала оцінювання результатів навчання

За шкалою ECTS	За національною шкалою	За бальною шкалою викладача
A	Відмінно (зараховано)	90-100
B	Дуже добре (зараховано)	80-89
C	Добре (зараховано)	71-79
D	Задовільно (зараховано)	61-70
E	Достатньої (зараховано)	50-60
FX	Незадовільно з можливістю повторного складання (незараховано)	30-49
F	Незадовільно з обов'язковим повторним курсом (незараховано)	0-29

#### Зразок екзаменаційного білету

Білет № \_\_\_\_\_

*Теоретична частина*

1. Поясніть процес реалізації сили тяги.
2. Вплив жорсткості тягових характеристик на протибуксовочні властивості ЕРС.
3. Поясніть вплив послідовного з'єднання двигунів на протибуксовочні властивості ЕРС.

### **13. Рекомендована література**

#### **13.1 Базова навчальна література**

1. Основи електричної тяги: навч. посібник / В. Х. Далека, П. М. Пушков, В. П. Андрійченко, Ю. В. Мінеєва; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2012. – 312с.
2. Пушков П.М. Основы электрической тяги. Часть 1. Характеристики основных режимов движения поезда: Уч. пособие для студентов специальности 7.092.202 - «Электрический транспорт». - Харьков: ХГАГХ, 2001. - 187с.
3. Пушков П.М. Основы электрической тяги. Часть 2. Тяговые расчеты. Частотно-регулируемый асинхронный тяговый привод: Уч. пособие для студентов специальности 7.092.202 - «Электрический транспорт». - Харьков: ХГАГХ, 2001. - 103с.
4. Теорія електричної тяги [Текст]: підручник: у 2 т. / Г. К. Гетьман. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – Т. 1. – 2014. – 578 с.
5. Теорія електричної тяги : підручник: у 2 т. / Г. К. Гетьман. – Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – Т. 2. – 2015. – 490 с.
6. Гетьман Г.К. Теория электрической тяги: Монография [Текст]: в 2 т. / Г.К.Гетьман – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2011. Т.1.– 456 с.
7. Гетьман Г.К. Теория электрической тяги: Монография [Текст]: в 2 т. / Г.К.Гетьман – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2011. Т.2. – 364 с.
8. Гетьман Г.К. Научные основы определения рационального мощностного ряда тяговых средств железнодорожного транспорта – Д.: Вид. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту, 2008. – 444 с.
9. Гетьман, Г. К. Выбор рациональных параметров номинального режима пассажирских электровозов: Монография коллектива авторов / Г. К. Гетьман, С. В. Арпуль, А. И. Кийко, Ю. В. Михайленко – Дн-вск: Изд-во Маковецкий, 2012. – 188 с.
10. Теория электрической тяги / В. Е. Розенфельд, И. П. Исаев, Н. Н. Сидоров, М. И. Озеров под ред. И. П. Исаева – М. : Транспорт, 1995. – 294 с.
11. Витрати електроенергії трамвайними вагонами та троллейбусами. Нормативи. Метод розрахунку: ГКН 02.05.001-2001. – Офіц. вид. – К.: Держбуд України, 2001. – 26 с. – (Нормативний документ Держбуду України та НДКТІ МГ).
12. Гаврилов Я. И. Вагоны метрополитена с импульсными преобразователями / Я. И. Гаврилов, В. А. Мнацаканов – М. : Транспорт, 1986. 230 с.
13. Визначення питомих витрат електроенергії трамвайними вагонами. Методичні рекомендації. Експериментальний спосіб: ГКН 04.05.006:2006. – К.:
14. Міністерство будівництва, архітектури та житлово – комунального господарства України, 2006. – 17 с. – (Нормативний документ Міністерства будівництва, архітектури
15. Курбасов А. С. Проектирование тяговых электродвигателей /А. С.Курбасов, В. И. Седов, Л. Н.Сорин – М. : Транспорт, 1987.-536 с.
16. Тихменев Б. Н. Подвижной состав электрофицированных железных дорог / Б. Н., Тихменев, Л. М. Трахтман – М. : Транспорт, 1980. – 471 с.



17. Пушков П. М. Основы электрической тяги: уч. пособие: в 2 ч. /П. М. Пушков; Харк. гос. акад. гор хоз-ва. – Х.: ХГАГХ, 2001.–Ч.1: Характеристики основных режимов движения поезда. – 187с. Ч.2: Тяговые расчеты. Частотно-регулируемый асинхронный тяговый привод. – 103с.

### 13.2 Довідкова література

1. Хмельницький Є.Д. Програма навчальної дисципліни «Теорія електричної тяги» варіативної навчальної дисципліни підготовки бакалаврів спеціальності «Електротехнічні системи і комплекси транспортних засобів». – Дніпродзержинськ, ДТУ, 2013.-6с.
2. Безпека руху на міському електротранспорті. Довідник законодавчих та нормативних документів: навч. посібник: в 2Кн. / В. В. Вірченко, В. Х. Далека, Е. І. Карпушин, В. А. Менжерес; Харк. держ. акад. міськ. госп-ва. – Х.:ХДАМГ, 2002.– Кн. 1: Управління безпекою руху. – 225с. Кн. 2: Безпека пасажирських перевезень. – 288с.
3. Пушков П. М. Методичні вказівки до практичних і самостійних занять з дисципліни «Основы електричної тяги» / П. М. Пушков, Ю. В. Мінеєва; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 79с.

### Інформаційні ресурси

1. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://rutracker.org/forum/viewtopic.php?t=1746968>.
2. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.booksgid.com/hardware/1305-jelektroprivod-i-avtomatizacija.html>.
3. Електронні книги з електропривода. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.electrolibrary.info/books/elprivod.htm>.
4. Електронні книги з електропривода. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://mirknig.com/2008/09/22/sistemy-upravlenija-jelektroprivodov.html>.
5. Електронні книги з електропривода. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.twirpx.com/files/tek/emotor/>.
6. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://www.diagram.com.ua/library/energ-elektroprivod/>.
7. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://ua.bookfi.org/>.
8. Електронна бібліотека. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://goraknig.org/tehnika/?kniga=OTM3Nzkz>.
9. Електронна бібліотека Криворізького національного університету. – Режим доступу до електронних ресурсів: <http://lib.ktu.edu.ua/>.