

Міністерство освіти і науки України
 КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет електротехнічний
 Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в
 промисловості та транспорті

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи



В.А. Чубаров
 « 25 » 2020 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Теорія електричної тяги»
 для здобувачів другого рівня (магістр) вищої освіти

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Форма навчання	Курс		Всього годин за планом	Кількість кредитів ECTS	Всього аудиторних (годин)	Аудиторних годин			Самостійна робота (годин)	Контрольні (модульні) роботи	Розрахунково-графічні роботи	Курсові проекти (роботи)	Залік (сем)	Екзамен (сем)
	1	2				Лекції	Лабораторні	Практичні						
Денна	1	2	120	4	54	36		18	66					2

м. Кривий Ріг – 2020 рік

Робоча програма навчальної дисципліни «Теорія електричної тяги» для студентів галузі знань: 14 Електрична інженерія спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, ступінь вищої освіти: магістр КНУ.-2020. – 21 с.

Розробник:

Касаткіна І.В.– канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Рецензент:

Сінчук О.М. – завідувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, д-р техн. наук, професор.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Протокол №1 від 26 серпня 2020 року

Завідувач кафедри



(О.М. Сінчук)

Схвалено вченою радою електротехнічного факультету

Протокол №1 від серпня 2020 року

Голова



(В.О.Федотов)

Схвалено групою забезпечення ОПП

Протокол № від " " 2020 року

Гарант ОПП



(В.О.Федотов)

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
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 3	Ступінь вищої освіти: магістр	Лекції
		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. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія електричної тяги» є формування основ знань в галузі теорії електричної тяги, ознайомлення з дослідженнями 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 магістрантів та контроль за її виконанням. Наведено список основної та допоміжної літератури, рекомендованої для вивчення дисципліни «Теорія електричної тяги».

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен **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.

K15. Здатність аналізувати енергетичні процеси у сучасних напівпровідникових перетворювачах.

K19. Здатність виконувати синтез та аналіз систем керування тяговими електроприводами постійного та змінного струму.

K21. Здатність обирати структуру та компоненти для гібридних тягових систем та аналізувати енергетичні процеси у них.

Програмні результати навчання:

PH01. Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності обладнання, комплексів і систем.

PH04. Окреслювати план заходів з підвищення надійності, безпеки експлуатації та продовження ресурсу обладнання, комплексів і систем.

PH08. Обґрунтувати вибір напряму та методики розробок та проектування з урахуванням сучасних проблем.

PH14. Виконувати проектування, монтаж, налагодження, діагностування і випробування електрообладнання комплексів і систем транспортних засобів.

PH15 Планувати та проводити налагодження та експлуатацію систем керування комплексів і систем транспортних засобів.

PH17. Виконувати дослідження сучасних напівпровідникових перетворювачів.

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

Місце дисципліни в структурно-логічній схемі підготовки фахівця

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

2. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовний модуль 1

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОМАШИН. ТЯГОВІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

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

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

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. Спрямолення 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.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	всьо го	у тому числі				
		лк	п	лб	інд	с.р
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1						
Змістовний модуль 1						
ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОМАШИН. ТЯГОВІ МАШИНИ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ						
Тема 1. Техніко-економічна ефективність електричної тяги. Загальні вимоги до тягових електромашин, конструкція і режими роботи[1,3,5].	6	2				4
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.	7	2	2			3
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.	7	2	2			3
Тема 4. Безколекторні тягові електромашини[1,7]. Особливості застосування безколекторних тягових електромашин на рухомому складі: вентильні та асинхронні тягові двигуни.	6	2				4

Тема 5. Регулювання частоти обертання і моменту асинхронних тягових двигунів, особливості проектування асинхронних тягових двигунів.	6	2				4
Тема 6. Нагрів і вентиляція тягових електромашин: основні типи вентиляції, основи теплового розрахунку, норми документального підвищення температури елементів двигуна	8	2	2			4
Разом за змістовим модулем 1	40	12	6			22
Змістовний модуль 2 ТЯГОВИЙ ПРИВОД ПРОМИСЛОВОГО І КОМУНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ						
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. Кінематичні схеми.	6	2				4
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.	7	2	2			3
Тема 9. Конструкція екіпажної частини трамвайного вагона і троллейбуса, схеми підвищення тягових двигунів та кінематичні схеми.	7	2	2			3
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.	6	2				4
Тема 11. Типи тягових передач тепловозів з електричною передачею; основні принципи автоматичного регулювання тягової передачі тепловоза: канали регулювання дизеля, тягового генератора, тягового двигуна.	6	2				4
Тема 12. Тягова передача акумуляторного електричного транспорту: основні елементи передачі, регулювання сили тяги. Тягова передача типу мотор-колесо: основні елементи передачі регулювання сили тяги.	8	2	2			4
Разом за змістовим модулем 2	40	12	6			22
Змістовний модуль 3 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ТЯГИ ТА ТЯГОВІ РОЗРАХУНКИ						
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.	6	2				4

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.	7	2	2			3
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.	7	2	2			3
Тема 16. Принцип частотою регулювання напруги і моменту на рухомому складі змінною струму, розрахунок тягових характеристик, обмеження сила тяги.	6	2				4
Тема 17. Питання енергетики тяги електроприводу [3,4,8]. Призначення тягових розрахунків, вихідні дані до розрахунків. Спрявлення профілю колії, побудови кривої струму у режимі тяги і електричного гальмування. Побудова кривих швидкості та часу.	6	2				4
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.	8	2	2			4
Разом за змістовим модулем 3	40	12	6			22
Усього годин	120	36	18			66

5. Теми семінарських занять

Навчальним планом при вивченні дисципліни «Теорія електричної тяги» семінарські заняття не передбачені.

6. Теми практичних занять

6.1. Денна форма навчання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок електромеханічних характеристик на валу тягового двигуна послідовного збудження електровоза	2
2	Розрахунок електромеханічних характеристик на валу тягового двигуна незалежного збудження електровоза	2
3	Розрахунок електромеханічних характеристик на валу тягового двигуна змішаного збудження електровоза	2
4	Порівняння електрорухомого складу з двигунами послідовного	2

	і незалежного збудження	
5	Визначення коефіцієнта інерції обертових частин	2
6	Визначення основного опору руху	2
7	Аналіз впливу схеми включення тягових двигунів на динамічну жорсткість тягових характеристик та протибоксовочні якості електрорухомого складу	2
8	Розрахунок параметрів режиму реостатного гальмування електрорухомого складу постійного струму (при ручному і автоматичному гальмуванні).	2
9	Розрахунок і побудова діаграми типових прискорюючих і гальмівних сил трамвайного вагона	2
	Разом	18

8. Самостійна робота

Організація і контроль самостійної роботи студентів зорієнтовані на використання кредитно-модульної системи організації навчального процесу (КМСОНП). Обсяг самостійної роботи та порядок її організації, а також система контролю та оцінювання результатів доводяться до здобувачів на одному з перших занять семестру.

Вивчення здобувачами дисципліни «Теорія електричної тяги» у поза аудиторний час складається з повторення та засвоєння теорії по підручнику та конспекту. Ця робота повинна виконуватися систематично, безпосередньо за лекціями. Розуміння та засвоєння пройденого матеріалу дозволяє активно засвоювати нові теоретичні положення, зменшує витрати часу на виконання практичних робіт, вирішення задач та виконання домашніх завдань. У свою чергу, останні форми роботи допомагають краще зрозуміти теорію та сприяють придбанню практичних навичок.

При підготовці до практичної роботи студент повинен:

а) зрозуміти мету роботи та основні теоретичні положення, що використовуються в ній. Для самоконтролю у методичних вказівках до роботи приведені контрольні питання;

б) заготовити усі необхідні для виконання роботи матеріали: схеми, таблиці, папір для графіків тощо; це прискорює та полегшує оформлення роботи, яке рекомендується здійснювати під час практичних занять в аудиторії.

Недоцільно відкладати оформлення роботи на тривалий строк. Слід прагнути так організувати роботу на практичних заняттях, щоб оформити звіт під час занять.

При підготовці до практичних занять студент повинен згадати теоретичні положення, що будуть використовуватися на майбутньому занятті, та виконати завдання викладача з матеріалу минулого заняття. Усі виникаючі питання з теорії, практичних робіт та задач слід записувати і одержати на них відповідь у час найближчої консультації.

Перелік тем та обсяг часу для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма
	Тема 1. Техніко-економічна ефективність електричної тяги. Загальні вимоги до тягових електромашин, конструкція і режими роботи[1,3,5].	4
	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.	3
	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.	3
	Тема 4. Безколекторні тягові електромашини[1,7]. Особливості застосування безколекторних тягових електромашин на рухомому складі: вентильні та асинхронні тягові двигуни.	4
	Тема 5. Регулювання частоти обертання і моменту асинхронних тягових двигунів, особливості проектування асинхронних тягових двигунів.	4
	Тема 6. Нагрів і вентиляція тягових електромашин: основні типи вентиляції, основи теплового розрахунку, норми документального підвищення температури елементів двигуна	4
	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. Кінематичні схеми.	4
	Тема 8. Тягові передачі та підвішування тягових двигунів на промислових електроприводах, схема і конструкція опорно-осьового і опорно-рамного підвішування, тягові характеристики, регулювання сили тяги.	3
	Тема 9. Конструкція екіпажної частини трамвайного вагона і троллейбуса, схеми підвішування тягових двигунів та кінематичні схеми.	3
	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.	4
	Тема 11. Типи тягових передач тепловозів з електричною передачею; основні принципи автоматичного регулювання тягової передачі тепловоза: канали регулювання дизеля, тягового	4

	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.	4
	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.	4
	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.	3
	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.	3
	Тема 16. Принцип частотою регулювання напруги і моменту на рухомому складі змінною струму, розрахунок тягових характеристик, обмеження сила тяги.	4
	Тема 17. Питання енергетики тяги електроприводу [3,4,8]. Призначення тягових розрахунків, вихідні дані до розрахунків. Спрямування профілю колії, побудови кривої струму у режимі тяги і електричного гальмування. Побудова кривих швидкості та часу.	4
	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.	4
Всього самостійної роботи		66

9. Індивідуальні завдання

Самостійна робота в КМСОНП є основним засобом оволодіння навчальним матеріалом під керівництвом викладача у час, вільний від обов'язкових навчальних занять.

10. Методи навчання

Основним видом навчальних занять з дисципліни «Теорія електричної тяги» є лекції. У процесі засвоєння матеріалу надзвичайно важливо засвоїти не тільки кінцеві результати у вигляді розрахункових формул та методів, а й забезпечити формування електротехнічного мислення, розуміння фізичних процесів.

Важливу роль при вивченні дисципліни «Теорія електричної тяги» відіграють практичні заняття. На практичних заняттях здобувачі під керівництвом викладача особисто проводять обчислювальні розрахунки з метою практичного підтвердження основних теоретичних положень

дисципліни, набувають практичних навичок з методик розрахунку електричної тяги промислового і комунального електротранспорту. У процесі індивідуального захисту практичних робіт кожен здобувач отримує відповідну рейтингову оцінку з урахуванням активності про виконанні роботи, якості її оформлення та захисту.

11. 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

Блоки контролю	Модулі, номери неділь, бали									Всього
	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 комплекту 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.

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.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка ECTS	Визначення ECTS	Системи рейтингового оцінювання КНУ	Система національних оцінок
A	ВІДМІННО – відмінне виконання лише з незначними помилками	90-100	відмінно/ зараховано
B	ДУЖЕ ДОБРЕ – вище середнього рівня з кількома помилками	80-89	добре/ зараховано
C	ДОБРЕ – в цілому правильна робота з певною кількістю грубих помилок	71-79	
D	ЗАДОВІЛЬНО – непогано, але зі значною кількістю недоліків	61 – 70	задовільно/ зараховано
E	ДОСТАТНЬО – виконання задовольняє мінімальні потреби	50 – 60	
FX	НЕЗАДОВІЛЬНО – із можливістю повторного складання	30 – 49	незадовільно/ не зараховано
F	НЕЗАДОВІЛЬНО – з обов'язковим повторним вивченням модуля	0 – 29	

Перелік питань для підсумкового контролю знань, умінь та навичок

1. Основні співвідношення електромагнітних величин для двигуна постійного струму. Розрахунок характеристик електротяги.
2. Розрахунок характеристик електротяги по заданих електромеханічних характеристиках.
3. Перерахунок характеристик електротяги для змінених значень діаметру колеса і передатного відношення тягового редуктора.
4. Перерахунок характеристик електротяги для зміненого значення напруги на колекторі.
5. Регулювання швидкості ЕРС зміною прикладеної напруги. Процес зміни струму, сили тяги і швидкості при зміні напруги.
6. Особливість регулювання швидкості ЕРС включенням в ланцюг двигунів резисторів. Вплив величини опору резистора на протибоксовочні властивості ЕРС.
7. Регулювання швидкості ЕРС зміною магнітного потоку.
Особливість цього способу регулювання. Процес зміни струму і сили тяги при переході на характеристики ослабленого збудження залежно від величини опору ланцюга двигуна і швидкості руху.
8. Повні електромеханічні і тягові характеристики ЕРС постійного і змінного струму. Обмеження тягових характеристик і порядок їх розрахунку.
9. Жорсткість тягових характеристик. Коефіцієнт жорсткості.

10. Струмові характеристики ЕРС постійного струму.
11. Струмові характеристики ЕРС змінного струму.
12. Характеристики реостатного гальмування ЕРС при використанні схем з послідовним самозбудженням. Особливості схем з самозбудженням, використовуваних на ЕРС.
13. Суть і класифікація сил опору руху. Основний опір руху і чинники, що впливають на його величину.
14. Опір руху від ухилів і кривих шляху. Додатковий опір руху.
15. Процес реалізації сили тяги.
16. Характеристики зчеплення. Явища юза і боксування.
17. Чинники, що визначають граничне значення сили тяги, що реалізується за умовами зчеплення.
18. Вплив жорсткості тягових характеристик на протибуксовочні властивості ЕРС.
19. Вплив послідовного з'єднання тягових двигунів на протибуксовочні властивості ЕРС.
20. Застосування на ЕРС двигунів незалежного збудження.
21. Розрахунковий коефіцієнт зчеплення і шляху його визначення.
22. Заходи по підвищенню сил зчеплення.
23. Процес утворення гальмівної сили і умови її реалізації.
24. Коефіцієнт тертя колодки об бандаж і чинники, що визначають його величину.
25. Розрахунок гальмівної сили потягу. Розрахунковий гальмівний коефіцієнт. Гальмівні нормативи.
26. Рівняння руху потягу. Коефіцієнт інерції мас, що обертаються.
27. Рівняння руху у відносних одиницях. Застосування рівняння руху для аналізу характеру зміни швидкості потягу.
28. Розрахунок маси складу.
29. Перевірка маси складу на чіпання з місця, по довжині приймально-відправочних шляхів станцій, на проходження ухилів, більших ніж розрахунковий.
30. Розрахунок питомих сил, що діють на потяг на майданчику.
31. Вибір масштабів при побудові кривої швидкості графічним методом.
32. Вибір масштабів при побудові кривої часу методом.
33. Розрахунково-графічний метод побудови кривих руху.
34. Рішення гальмівної задачі.
35. Побудова кривої струму електровоза і розрахунок витрати електроенергії.
36. Джерела нагріву і причини обмеження температури обмоток двигунів.
37. Застосування для розрахунку нагріву обмоток рівняння нагріву однорідного твердого тіла.
38. Перевищення температури обмоток, що встановилося, і теплова постійна часу в рівнянні нагріву обмоток.
39. Аналіз впливу тепловіддачі, теплоємності і величини втрат енергії на

процес нагрівання обмоток.

40. Практичні способи розрахунку температури нагріву обмоток.

41. Основні складові витрати електроенергії на тягу потягів і шляху її економії.

42. Режимні карти. Призначення режимних карт і можливі варіанти їх практичного оформлення.

43. Визначення коефіцієнтів емпіричних формул для тягових розрахунків методом найменших квадратів.

44. Енергетичний баланс електровоза.

45. Коефіцієнт пускових втрат.

46. Розрахунок втрат електроенергії в пускових резисторах.

47. Чинники, що визначають величину втрат в пускових резисторах.

48. Шляхи підвищення к.к.д. ЕРС.

49. Витрати енергії на подолання сил опору руху і шляху їх зниження.

50. Втрати енергії при гальмуванні з метою зниження швидкості.

51. Втрати енергії на шкідливих спусках.

52. Переваги електричної тяги.

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 тролейбусами. Нормативи. Метод розрахунку: ГКН 02.05.001-2001. – Офіц. вид. – К.: Держбуд України, 2001. – 26 с. – (Нормативний документ Держбуду України та НДКТИ 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 «Основи електричної тяги» / П. М. Пушков, Ю. В. Мінеєва; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 79с.

13.3 Методичне забезпечення

1. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теорія електричної тяги» для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка усіх форм навчання/ Укл. Кальмус Д.О. – Кривий Ріг: КНУ, 2020.- 40с.

Примітка:

Вище наведено перелік літературних джерел, звертання до яких має полегшити засвоєння теоретичного матеріалу та розширити кругозір студентів. Для засвоєння будь-якої теми достатньо двох-трьох джерел. Студент сам вибирає ту літературу, яка саме йому у потребі. Слід додати, що список рекомендованої літератури не є жорстким.

14. ЗМІНИ ТА ДОПОВНЕННЯ ДО РОБОЧОЇ ПРОГРАМИ

№ з/п	Дата внесення змін	Зміст змін та доповнень	Підстава до внесення змін (№ і дата наказу, рішення вченої ради, засідання кафедри)
1	2	3	4

Схвалено на засіданні кафедри

Схвалено на засіданні кафедри

Протокол № __ від «__» ____ 20__ р.

Протокол № __ від «__» ____ 20__ р.

Завідувач кафедри _____

Завідувач кафедри _____

**Робочий план з дисципліни «Теорія електричної тяги» (денна форма навчання)
Семестр 4**

Вид навчальної роботи	Годин сем./кр.																				Вид підсумкового контролю	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		
Лекції	36	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК	2 ПК		
Лабораторні роботи																						
Практичні	18	2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		2 ПК		Звіт з практичної роботи
Самостійна робота	66	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3	3	3		
Індивідуальна робота																						
Всього год./кредит	120/4	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	8	6	7	5	7	5	7	5			Екзамен

Позначки ПК – поточний контроль.
Викладач доцент Касаткіна І.В.