

# КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра автоматизованих електромеханічних систем в  
промисловості та транспорті



ЗАТВЕРДЖУЮ:

Проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи

Чубаров В.А.

« 11 » березня 2020 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів»

Спеціальність: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма: Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів

Факультет: Електротехнічний

Форма навчання	Курс	Семестр	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)
						Лекції	Лабораторні	Практичні						
Денна	1	1	120	4	48	32	16		72		РГР			1

м. Кривий Ріг – 2020 рік

Робочу програму другого (магістерського) освітнього рівня за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка для здобувачів з дисципліни «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» складена на основі ОПП «Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів» Криворізького національного університету, 2020 - 17 с.

Розробники:


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

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

Рецензент:

Філіпп Ю.Б. – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

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 31 серпня 2020 року

Голова  (В.О.Федотов)

Схвалено групою забезпечення ОПП  
Протокол №1 від "26" "08" 2020 року

Гарант ОПП  (В.О.Федотов)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти, ступінь	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Галузь знань 14 Електрична інженерія	Цикл професійної підготовки
	ОПІ Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів	
Модулів – 1	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Рік підготовки:
Змістових модулів – 2		1-й
Індивідуальне завдання – РГР		Семестр
Загальна кількість годин – 120		1-й
		Лекції
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4,5	Ступінь: магістр	32 год.
		Лабораторні
		16 год.
		Самостійна робота
		72 год.
		Індивідуальні завдання
		РГР
	Вид контролю: екзамен	

### Примітка.

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

для денної форми навчання

– 48/72/20.



## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» є однією з основних навчальних дисциплін професійної підготовки здобувачів вищої освіти за ОПП «Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів». Курс «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» набуває особливого значення у зв'язку з задачею подальшого підвищення рівня теоретичної та практичної підготовки здобувачів другого рівня вищої освіти (магістр) у галузі перетворювальних пристроїв транспортних засобів, що використовуються для передачі та перетворення енергії. При викладанні питань теорії дається пояснення практичної актуальності вивчення розділів програми, а у якості ілюстрованих прикладів обрані технічні об'єкти, які мають практичне наближення.

### *Мета викладання дисципліни*

Здобувач, що вивчив дисципліну «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів», повинен знати побудову та принцип дії перетворювачів, аналізувати процеси, які відбуваються у перетворювачах. Набути практичних навичок і вмінь щодо розрахунків, проектування, моделювання та дослідження перетворювачів.

### *Завдання вивчення дисципліни*

Дисципліна «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» є дисципліною спеціальної підготовки і має своєю задачею:

- а) сформулювати загальну електротехнічну ерудицію у здобувачів;
- б) підготувати їх до написання кваліфікаційної роботи;
- в) вивчити способи перетворення параметрів електричної енергії;
- г) вивчити методику узагальненого розрахунку багатозадачного випрямляча з навантаженнями різного виду;
- д) встановити особливості електромагнітних процесів у керованих випрямлячах та інверторах.

За результатами вивчення дисципліни здобувач повинен опанувати такі **компетентності: спеціальні фахові компетентності:**

**K12.** Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань у області електромеханічних та електротехнічних комплексів і систем.

**K15.** Здатність аналізувати енергетичні процеси у сучасних напівпровідникових перетворювачах.

**Програмні результати навчання:**

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

**PH02.** Відтворювати процеси в системах при їх комп'ютерному моделюванні.

**PH17.** Виконувати дослідження сучасних напівпровідникових перетворювачів.

За результатами вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

**знати:**

- Критичне осмислення проблем у галузі та на межі галузей знань.
- Принципи побудови перетворювачів електричної енергії транспортних засобів.
- Методи синтезу і аналізу перетворювачів електричної енергії.
- Характеристики і показники перетворювачів параметрів електричної енергії.

**уміти:**

- Інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.
- Розв'язувати проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності.
- Аналізувати електромагнітні процеси в перетворювачах при різному характері навантаження,



- Розраховувати і вибирати електричні параметри елементів перетворювача при заданих умовах експлуатації.

### *Структурно-логічне місце дисципліни в освітній програмі*

Дисципліна «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» є основою при вивченні дисциплін «Системи керування енергоспоживанням тягових електроприводів», «Проектування та експлуатація технологічного обладнання електротранспорту», «Системи керування енергоспоживанням транспортних засобів», а також знання її необхідно для успішного захисту кваліфікаційної роботи.

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1**

#### **Змістовий модуль 1. ТИПИ І ВИДИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ**

**Тема 1.** Розвиток перетворювачів електричної енергії транспортних засобів. Типи і види перетворювачів.

**Тема 2.** Силкові транзистори для систем перетворення енергії. Польові транзистори. Біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT). IGBT модулі.

**Тема 3.** Тиристри. Напівкеровані тиристри. Повністю керовані тиристри (GTO). Оптрони.

**Тема 4.** Випрямлячі однофазного струму. Некеровані випрямлячі. Однофазні керовані випрямлячі. Трифазні некеровані випрямлячі. Трифазні керовані випрямлячі.

**Тема 5.** Згладжувальні фільтри і стабілізатори. Параметричні і компенсаційні стабілізатори. Імпульсні стабілізатори напруги. Стабілізатори струму.

**Тема 6.** Імпульсні перетворювачі постійної напруги (ППН). Понижуючі, підвищуючі, інвертуючі ППН. Реверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги. Реверсивний імпульсний перетворювач постійної напруги з симетричним керуванням. Реверсивний широтно-імпульсний перетворювач (ШІП) постійної напруги з несиметричним керуванням.

**Тема 7.** Інвертори. Загальні відомості про інвертори. Однофазний інвертор. Трифазний мостовий інвертор.

**Тема 8.** Автономні інвертори напруги. Однофазний мостовий інвертор напруги на транзисторах. Мостовий інвертор напруги на тиристорах.

**Тема 9.** Автономні інвертори струму. Однофазний паралельний інвертор струму. Трифазний паралельний інвертор струму. Резонансні автономні інвертори.

**Тема 10.** Перетворювачі частоти. Перетворювач частоти з проміжною ланкою постійного струму на основі керованого випрямляча і АІН. Безпосередні перетворювачі частоти.

#### **Змістовий модуль 2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗБУДОВИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ ОКРЕМИХ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ**

**Тема 11.** Схеми перетворювачів у силових ланцюгах електровозів і електропоїздів. Тиристорні і діодно-тиристорні випрямлячі для двигунів з незалежним збудженням тягових двигунів у режимі електричного гальмування.

**Тема 12.** Тягові випрямлячі. Комбінації випрямлячів. Циклоконвертори. Фазорегулятори. Чопери. Чопери у схемі ТЕД трамвайного вагону. IGBT транзистори в контактній апаратурі трамвайного вагону. Здвосні чопери у вагонах метрополітену і рудникових електровозах.

**Тема 13.** Використання інверторів напруги на базі IGBT транзисторів для режимів рекуперації електроенергії при гальмуванні. Інвертори з гальмівними чоперами змінного струму.

**Тема 14.** Перетворювачі рудникових електровозів.

**Тема 15.** Перетворювачі частоти і кількості фаз для живлення трифазних асинхронних і синхронних (вентильних) тягових двигунів при пуску і розгоні локомотива.

**Тема 16.** Автомобільні тягові перетворювачі.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
лк		пз	лб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>Модуль 1</b>						
<b>Змістовий модуль 1. ТИПИ І ВИДИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ</b>						
<b>Тема 1.</b> Розвиток перетворювачів електричної енергії транспортних засобів. Типи і види перетворювачів.	5	2		-	-	3
<b>Тема 2.</b> Силкові транзистори для систем перетворення енергії.	7	2		-	-	5
<b>Тема 3.</b> Тиристори.	9	2		2	-	5
<b>Тема 4.</b> Випрямлячі.	13	2		6	-	5
<b>Тема 5.</b> Згладжувальні фільтри і стабілізатори.	7	2		-	-	5
<b>Тема 6.</b> Імпульсні перетворювачі постійної напруги	7	2				5
<b>Тема 7.</b> Інвертори.	7	2				5
<b>Тема 8.</b> Автономні інвертори напруги.	7	2				5
<b>Тема 9.</b> Автономні інвертори струму.	7	2				5
<b>Тема 10.</b> Перетворювачі частоти.	11	2		4		5
<b>Всього за заліковим модулем №1</b>	<b>80</b>	<b>20</b>		<b>12</b>	<b>-</b>	<b>48</b>
<b>Змістовий модуль 2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗБУДОВИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ДЛЯ ОКРЕМИХ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ</b>						
<b>Тема 11.</b> Схеми перетворювачів у силових ланцюгах електроозів і електропоїздів.	6	2				4
<b>Тема 12.</b> Тягові випрямлячі. Комбінації випрямлячів.	10	2		4		4
<b>Тема 13.</b> Використання інверторів напруги на базі IGBT транзисторів для режимів рекуперації електроенергії при гальмуванні.	6	2				4
<b>Тема 14.</b> Перетворювачі рудникових електроозів.	6	2				4
<b>Тема 15.</b> Перетворювачі частоти і кількості фаз для живлення трифазних асинхронних і синхронних (вентильних) тягових двигунів при пуску і розгоні локомотива.	6	2				4



Тема 16. Автомобільні тягові перетворювачі.	6	2	-		4	
Всього за заліковим модулем №2	40	12			24	
Усього годин	120	32		16	-	72

### 5. Теми семінарських занять

Навчальним планом при вивченні дисципліни «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» семінарські заняття не передбачені.

### 6. Теми практичних занять

Навчальним планом при вивченні дисципліни «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» практичні заняття не передбачені.

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки. Вивчення обладнання лабораторії.	2
2	Дослідження трифазної нульової схеми	2
3	Дослідження трифазної нульової схеми зі з'єднанням вторинних обмоток у зигзаг	2
4	Дослідження шестифазної нульової схеми зі зрівняльним реактором	2
5	Дослідження трифазної мостової схеми з симетричним керуванням	2
6	Дослідження реверсивного тиристорного випрямляча напруги з узгодженим керуванням	2
7	Дослідження тиристорного регулятора напруги	2
8	Дослідження перетворювача частоти	2
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

### 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 «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» 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 лабораторних 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 лабораторної роботи здобувач 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 лабораторних занять в аудиторії.

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

При підготовці до лабораторних занять здобувач повинен згадати теоретичні положення, що будуть використовуватися на майбутньому занятті, та виконати завдання викладача з матеріалу



минулого заняття. Усі виникаючі питання з теорії, лабораторних робіт та задач слід записувати і одержати на них відповідь у час найближчої консультації. Після того як засвоєні теоретичні положення та вирішені відповідні задачі на лабораторних заняттях, слід приступити до виконання розрахунково-графічної роботи.

#### Перелік тем та обсяг часу для самостійної роботи

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна форма
1	Тема 1. Розвиток перетворювачів електричної енергії транспортних засобів. Типи і види перетворювачів.	3
2	Тема 2. Силлові транзистори для систем перетворення енергії.	5
3	Тема 3. Тиристори.	5
4	Тема 4. Випрямлячі.	5
5	Тема 5. Згладжувальні фільтри і стабілізатори.	5
6	Тема 6. Імпульсні перетворювачі постійної напруги	5
7	Тема 7. Інвертори.	5
8	Тема 8. Автономні інвертори напруги.	5
9	Тема 9. Автономні інвертори струму.	5
10	Тема 10. Перетворювачі частоти.	5
11	Тема 11. Схеми перетворювачів у силових ланцюгах електровозів і електропоїздів.	4
12	Тема 12. Тягові випрямлячі. Комбінації випрямлячів.	4
13	Тема 13. Використання інверторів напруги на базі IGBT транзисторів для режимів рекуперації електроенергії при гальмуванні.	4
14	Тема 14. Перетворювачі рудникових електровозів.	4
15	Тема 15. Перетворювачі частоти і кількості фаз для живлення трифазних асинхронних і синхронних (вентильних) тягових двигунів при пуску і розгону 4локомотива.	4
16	Тема 16. Автомобільні тягові перетворювачі.	4
Всього самостійної та індивідуальної роботи		72

#### 9. Індивідуальні завдання

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

З дисципліни «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» для здобувачів передбачається виконання індивідуальної розрахунково-графічної роботи.

Це завдання для здобувачів є способом самоконтролю і повинно виконуватися суворо самостійно за рахунок годин самостійної роботи за межами університету.

#### Перелік тем та обсяг часу для виконання РГР

№ з/п	Назва завдання	Кількість годин
1	Аналіз технічного завдання. Вивчення вітчизняного та зарубіжного досвіду у науково-технічних видіннях та патентної літератури	2
2	Розробка функціональної та принципової схеми силового ланцюга	3

	перетворювача. Розробка функціональної схеми та алгоритмів роботи системи керування.	
3	Попереднє проектування перетворювача. Вибір елементів силової частини.	3
4	Аналіз процесів у силовому ланцюгу.	5
5	Розрахунок енергетичних і статичних регулювальних характеристик перетворювача.	5
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу.	2
	<b>Разом</b>	<b>20</b>

## 10. Методи навчання

У процесі викладання дисципліни «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» використовуються різні методи та форми викладання і навчання.

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторні роботи.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

Основним видом навчальних занять з дисципліни «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» 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 алгоритм функціонування.

Важливу роль при вивченні дисципліни відіграють лабораторні заняття. На лабораторних заняттях здобувачі під керівництвом викладача особисто досліджують роботу різних схем, складають таблиці істинності і часові діаграми розробляють структурні та схемні рішення, набувають практичних навичок роботи з спеціалізованим лабораторним устаткуванням.

У процесі індивідуального захисту лабораторних робіт кожен здобувач отримує відповідну рейтингову оцінку з урахуванням, активності про виконанні роботи, якості її оформлення та захисту.

Види занять з дисципліни: лекції, лабораторні заняття, практичні заняття, самостійна робота.

## 11. Методи контролю

Основними формами контролю якості навчання є поточний і підсумковий контроль. Семестровий курс дисципліни розбито на 2 змістових модулів. Кожний модуль має ряд поточних контрольних заходів і закінчується підсумковим модульним контролем, обов'язковим для здобувача.

За кожний вид поточного і модульного контролю здобувач отримує бальні оцінки, які підсумовуються в межах модуля і виступатимуть надалі складовою загальною бальною оцінкою за всі модулі дисципліни. Одержання здобувачем необхідної прохідної бальної оцінки за кожний з двох змістових модулів є обов'язковою умовою його допуску до складання екзамену з дисципліни. Для підвищення рейтингового балу (та оцінки за національною шкалою) здобувач повинен скласти підсумковий семестровий контроль (екзамен).



*Поточний контроль* здійснюється під час проведення лабораторних, практичних та лекційних занять і має за мету перевірку якості засвоєння матеріалу здобувачами.

*Модульний контроль* здійснюється в кінці змістових модулів. Його здійснює викладач лекційних занять. При оцінюванні модулів враховується поточний контроль якості засвоєння.

Розподіл балів модульного контролю.

<b>Денна</b>		
Складові оцінювання	Розподіл балів	
	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2
Володіння навчальним матеріалом	до 5	до 5
Повнота розкриття питання	до 5	до 5
Правильне зображення та розуміння графіків та осцилограм	до 5	до 5
Правильний вибір та побудова електричних та електронних схем	до 4	до 4
<b>Разом</b>	до 19	до 19

Підсумкова оцінка з модулів виставляється в кінці 16-го тижня навчання та складається з суми оцінок за кожний складовий змістовий модуль.

У лабораторних роботах максимальна кількість балів при захисті звіту – 2 бали.

Розподіл балів на лабораторні роботи.

Вид робіт	кількість балів
Відпрацювання роботи на лабораторних стендах	1
Якість підготовки та захисту звіту з лабораторної роботи	1
<b>Разом</b>	2

Завданням підсумкового контролю (екзамену) є підсумкова перевірка глибини засвоєння здобувачем програмного матеріалу дисципліни, логіки та взаємозв'язків між окремими її розділами, здатність творчо використовувати набуті знання, уміння сформулювати своє ставлення до певної проблеми, що впливає зі змісту дисципліни. Об'єктом контролю знань, умінь і навичок здобувачів у формі екзамену є результати виконання екзаменаційних завдань.

Екзамен може проводитися для покращення оцінки, отриманої за результатами поточного рейтингового контролю. Відповідь здобувача на екзамені оцінюється, виходячи з максимальних 30 балів. До складання екзамену здобувачі допускаються за умов виконання та захисту усіх лабораторних робіт, згідно з робочим планом курсу. Обов'язковою умовою допуску здобувача до екзамену є отримання не менше 60% від максимально можливого значення кількості балів за всіма темами змістових модулів. Кінцева оцінка залікового модуля виставляється у відповідності зі шкалою оцінювання: національна (п'ятибальна оцінка)/оцінка за ECTS/сумарна кількість балів.

Вид екзамену – усний, у білеті три теоретичних питання.

## 12. Розподіл балів, які отримують здобувачі

### 12.1. Розподіл балів між змістовими модулями

Розподіл балів між змістовими модулями та їх складовими зведені до таблиць.

Лабораторні роботи:



№ з/п	Назва теми	Розподіл балів
1	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки. Вивчення обладнання лабораторії.	до 2
2	Дослідження трифазної нульової схеми	до 2
3	Дослідження трифазної нульової схеми зі з'єднанням вторинних обмоток у зигзаг	до 2
4	Дослідження шестифазної нульової схеми зі зрівняльним реактором	до 2
5	Дослідження трифазної мостової схеми з симетричним керуванням	до 2
6	Дослідження реверсивного тиристорного випрямляча напруги з узгодженим керуванням	до 2
7	Дослідження тиристорного регулятора напруги	до 2
8	Дослідження перетворювача частоти	до 2
Разом		до 16

### Розподіл балів

Денна					
Контрольна модульна робота		Лабораторні роботи	РГР	Підсумковий тест (екзамен)	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2				
до 17	до 17	до 16	до 20	до 30	до 100

Підсумковий (семестровий) контроль здійснюється за результатами роботи здобувача з дисципліни та оцінюються балами згідно таблиці розподілу балів.

Критерії оцінювання екзамену (відповіді здобувача) мають враховувати, насамперед, їх 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:

- володіння навчальним матеріалом – 6 балів;
- повнота розкриття питання – 6 балів;
- логіка викладання, культура мови – 6 балів;
- правильний вибір та побудова електричних та електронних схем – 6;
- аналітичність міркування, вміння робити порівняння, правильний обґрунтований висновок – 6 балів.

Семестровий контроль реалізується через визначення кількості набраних балів з дисципліни за семестр та визначення оцінки якості засвоєння дисципліни згідно шкали оцінок (наказ ректора від 26.04.2010 №125).

### Зразок екзаменаційного білету

Білет № \_\_\_\_\_

1. Наведіть основні параметри тиристорів.
2. Наведіть схему і поясніть принцип дії трифазної мостової схеми діодного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження.
3. Поясніть метод широтно-імпульсного регулювання.

### Шкала оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

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	

#### 12.2. Перелік питань для підсумкового контролю знань, умінь та навичок

##### Модуль 1

##### Змістовий модуль 1

1. Що вивчає перетворювальна техніка.
2. Для чого призначені напівпровідникові перетворювачі електричної енергії.
3. Побудова і принцип дії тиристора.
4. Поясніть вид вихідної ВАХ тиристора.
5. Від чого і як залежить перехідний процес при включенні тиристора?
6. Наведіть основні параметри тиристорів.
7. Наведіть різновиди тиристорів і області їх застосування.
8. Наведіть еквівалентну схему і принцип дії роботи польового тиристора.
9. Наведіть класифікацію транзисторів.
10. Наведіть вид вихідних характеристик транзисторів різних типів.
11. Що таке ключовий режим і які його переваги?
12. Наведіть основні параметри транзисторів.
13. Порівняйте параметри транзисторів, які мають різний принцип дії.
14. Що таке захищений транзисторний ключ?
15. Що таке гібридний силовий модуль?
16. Поясніть роботу біполярного транзистора з ізольованим затвором.
17. Поясніть роботу IGBT транзистора.
18. Що таке IGBT транзистор.
19. Які вимоги висуваються до системи захисту напівпровідникових перетворювачів?
20. Які види перенапруг виникають у процесі роботи напівпровідникових вентилів?
21. Наведіть основні елементи захисту за струмом електронних пристроїв?
22. Наведіть призначення і класифікацію пристроїв перетворювальної техніки.
23. Що таке випрямляч? Для чого призначені випрямлячі.
24. Наведіть структурну схему випрямляча і поясніть призначення його функціональних вузлів.
25. Наведіть ознаки за якими класифікують випрямлячі.



26. Наведіть найбільш розповсюджені схеми випрямлячів, поясніть їх будову.
27. Які експлуатаційні характеристики і параметри притаманні випрямлячам.
28. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазного двоперіодного випрямляча з нульовим виводом при роботі на активне навантаження.
29. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазної однократної схеми діодного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження.
30. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазної мостової схеми діодного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження.
31. Наведіть схему і поясніть принцип дії трифазної мостової схеми діодного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження.
32. Наведіть схему і поясніть принцип дії трифазної нульової схеми діодного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження.
33. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазної однократної схеми тиристорного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження при різних кутах керування.
34. Наведіть схему і поясніть принцип дії двофазної нульової схеми тиристорного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження при різних кутах керування.
35. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазної мостової схеми тиристорного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження при різних кутах керування.
36. Наведіть схему і поясніть принцип дії трифазної нульової схеми тиристорного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження при різних кутах керування.
37. Наведіть схему і поясніть принцип дії трифазної мостової схеми тиристорного випрямляча. Електромагнітні процеси в схемі при роботі на активне навантаження при різних кутах керування.
38. Поясніть у яких випадках застосовують трифазні випрямлячі?
39. Наведіть схему Міткевича і поясніть принцип її роботи.
40. Наведіть схему Ларіонова і поясніть принцип її роботи.
41. Порівняйте схему Міткевича зі схемою Ларіонова. У яких випадках яка з них більш придатна і чому.
42. Поясніть специфіку роботи випрямляча на активно-емісне навантаження.
43. Поясніть специфіку роботи випрямляча на активно-індуктивне навантаження.
44. Поясніть у яких випадках застосовують переважно емісні або індуктивні фільтри? Як підвищити ефективність індуктивного фільтра?
45. Поясніть специфіку роботи фільтрів у перехідних процесах.
46. Що таке зовнішні характеристики випрямляча? Які параметри можна з неї отримати?
47. Наведіть регульовальну характеристику керованого випрямляча і поясніть характер її залежності при лінійних змінах кута керування.
48. Що таке система імпульсно-фазового керування СІФК?
49. Для чого застосовують СІФК? Наведіть існуючі види СІФК.
50. Наведіть структурну схему і поясніть принцип роботи СІФК з горизонтальним керуванням.
51. Наведіть структурну схему і поясніть принцип роботи СІФК з вертикальним керуванням.
52. На основі яких типових електронних пристроїв може бути побудована СІФК з вертикальним керуванням? Наведіть її структурну схему.
53. На основі яких типових електронних пристроїв може бути побудована СІФК з горизонтальним керуванням? Наведіть її структурну схему.
54. Поясніть специфіку побудови і принцип дії СІФК з цифровим керуванням.
55. Вкажіть переваги цифрової СІФК перед аналоговою.
56. Поясніть, що таке автономний інвертор. Коли застосовують автономні інвертори?
57. Яка різниця між інвертором струму та інвертором напруги?



58. Наведіть принципову електричну схему напівмостового інвертора, її роботу, основні розрахункові співвідношення, переваги та недоліки.

## Змістовий модуль 2.

59. Порівняйте симетричне і несиметричне керування реверсивними перетворювачами постійної напруги.
60. Як відбувається перехід до гальмування при симетричному керуванні?
61. Як відбувається перехід до гальмування при несиметричному керуванні?
62. За рахунок чого забезпечується рекуперативне гальмування, коли ЕДС двигуна нижче напруги джерела живлення при несиметричному керуванні?
63. За рахунок чого забезпечується рекуперативне гальмування, коли ЕДС двигуна нижче напруги джерела живлення при симетричному керуванні?
64. Наведіть різновиди схем реверсивних перетворювачів постійної напруги.
65. Від чого залежить нахил зовнішніх характеристик перетворювачів постійної напруги.
66. Що таке ККД і як він визначається в випрямлячах?
67. Наведіть режими роботи випрямляча і чим вони відрізняються?
68. Що таке гібридні силові модулі і для чого вони призначені?
69. Що таке катодні і анодна групи у трифазній мостовій схемі?
70. Поясніть метод широтно-імпульсного регулювання.
71. Поясніть метод частотно-імпульсного регулювання.
72. Поясніть, що таке автономний інвертор. Коли застосовують автономні інвертори?
73. Яка різниця між інвертором струму та інвертором напруги?
74. Наведіть загальні особливості тиристорних інверторів.
75. Наведіть схеми перетворювачів у силових ланцюгах електровозів і електропоїздів.
76. Наведіть тиристорні і діодно-тиристорні випрямлячі для двигунів з незалежним збудженням тягових двигунів у режимі електричного гальмування.
77. Наведіть схеми тягових випрямлячів.
78. Що таке комбінації випрямлячів.
79. Що таке циклоконвертори.
80. Що таке фазорегулятори.
81. Що таке чопери.
82. Наведіть схему чопера ТЕД трамвайного вагону.
83. IGBT транзистори в контактній апаратурі трамвайного вагону.
84. Здвоєні чопери у вагонах метрополітену і рудникових електровозах.
85. Наведіть приклади використання інверторів напруги на базі IGBT транзисторів для режимів рекуперації електроенергії при гальмуванні.
86. Поясніть роботу інвертора з гальмівними чоперами змінного струму.
87. Поясніть роботу перетворювачів рудникових електровозів.
88. Поясніть роботу перетворювачів частоти і кількості фаз для живлення трифазних асинхронних і синхронних (вентильних) тягових двигунів при пуску і розгону локомотива.
89. Наведіть схеми автомобільних тягових перетворювачів.

## 13. Методичне забезпечення

1. Синчук И.О., Киба И.И., Чернышев А.А., Пасько О.Е., Ключка А.С. Полупроводниковые преобразователи электрической энергии в структурах электроприводов. Схемотехника и принципы управления. Учебное пособие. – Кременчуг: Вид. ПП Щербатых О.В., 2008. – 88 с.
2. Синчук О.М., Пересунько І.І. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» для студентів

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка за освітньо-професійною програмою: Електромеханічні та електротехнічні комплекси і системи транспортних засобів. – Кр. Ріг. : КНУ, 2020. – 35с.

3. Синчук О.М., Касаткіна І.В. Конспект лекцій з курсу «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» – Кр. Ріг. : КНУ, 2020. – 136с.

#### 14. Рекомендована література

1. Синчук О.Н., Юрченко Н.Н., Чернышов А.А., Синчук И.О., Удовенко О.А., Пасько О.В., Гузов С.С. Комбинаторика преобразователей напряжения современных тяговых электроприводов рудничных электровозов. Научное издание. Национальная академия наук Украины. Институт электродинамики, К.: 2006, 251с.
2. Гельман М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
3. Преобразовательная техника в электроприводе: практикум / В.А. Дайнеко, Е.Н. Музыченко, Н.А. Равинский. – Минск: БГАТУ, 2010. – 108 с.
4. Зиновьев Г.С. Основы силовой электроники: Учеб. пособие. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 664 с. – (Серия «Учебники НГТУ»).
5. Кобзев А.В., Коновалов Б.И., Семенов В.Д. Энергетическая электроника: Учебное пособие. – Томск: Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2010. – 164 с.
6. Лукутин Б.В., Обухов С.Г. Силовые преобразователи в электроснабжении: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ. 2007. – 144 с.
7. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. Москва: Техносфера, 2005. – 632 с.
8. Попков О.З. Основы преобразовательной техники: учеб. пособие для вузов / О.З. Попков. 2-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 200 с.
9. Преобразовательная техника. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев: Вища школа. Головне из-во, 1983. – 431 с.
10. Шавьолкін О.О. Силові напівпровідникові перетворювачі енергії: навч. посібник / О.О. Шавьолкін; Харків, над. ун-т. міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. — Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 403 с.
11. Петрович В.П. Силовые преобразователи электрической энергии: учебное пособие / В.П. Петрович, Н.А. Воронина, А.В. Глазачев. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 240 с.
12. Шустов М.А. Основы силовой электроники. — СПб.: Наука и Техника, 2017, — 336 с.
13. Силовые полупроводниковые устройства для управления двигателями переменного тока: Учебный модуль для студентов ВУЗов специальности 141 «Электроэнергетика, електротехніка і електромеханіка» (спеціалізація «Електромеханічні системи автоматизації і електропривод»). Теоретическая часть / Н.Н. Казачковский. Шнейдер Электрик, 2017. – 193 с.
14. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб./За ред. А.Г. Соскова. 2-е вид.-К.: Каравела, 2004-432с.

#### Примітка:

Вище наведено перелік літературних джерел, звертання до яких має полегшити засвоєння теоретичного матеріалу та розширити кругозір здобувачів. Для засвоєння будь-якої теми достатньо двох-трьох джерел. Здобувач 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 \_\_\_\_\_



