

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

**СИЛАБУС**

програма вивчення дисципліни  
**«Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів»**  
для здобувачів другого рівня (магістр) вищої освіти

Галузь знань: 14 Електрична інженерія

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

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

**Викладачі дисципліни:**

**Сінчук Олег Миколайович** – зав. кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті, доктор технічних наук, професор.


**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 перетворення електричної енергії. Перетворення електричної енергії - це зміна її параметрів (напруги, числа фаз, частоти, включаючи нульову, тобто постійний струм), а також поліпшення якості електроенергії, зміна форми напруги і т.і.

За допомогою пристроїв перетворювальної техніки понад 50% виробленої електроенергії перетворюється в інші види. Тому особливо велика роль пристроїв перетворювальної техніки в справі енергозбереження.

Перетворювачі електричної енергії є основою сучасного електроприводу і знаходять в ньому все більш широке застосування. Напівпровідникові перетворювачі енергії застосовуються на транспорті, в електротехнологічних установках, на електростанціях. пристрої перетворювальної техніки є основою побутової електроніки.

Широке застосування пристроїв перетворення електроенергії обумовлено перевагами напівпровідникових приладів і елементів мікроелектроніки - малими габаритами, швидкодією, чутливістю, надійністю, економічністю і широкими можливостями перетворення інформації.

Практичне застосування цієї дисципліни полягає у обговоренні на аудиторних заняттях теоретичних питань, виконанні лабораторних занять, на яких відпрацьовуються питання перетворення електричної енергії транспортних засобів, а також оцінювання результативності навчання.

В результаті вивчення дисципліни здобувачі отримають знання та навички застосування перетворювачів електроенергії транспортних засобів як на промислових підприємствах, так і міського електротранспорту.

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

Дисципліна «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» включена до циклу дисциплін професійної підготовки 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, Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів	«Системи керування енергоспоживанням тягових електроприводів», «Проектування та експлуатація технологічного обладнання електротранспорту», «Системи керування енергоспоживанням транспортних засобів»

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 «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.

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.

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 багатофазного випрямляча з навантаженнями різного виду;
- д) встановити особливості електромагнітних процесів у керованих випрямлячах та інверторах.

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

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:**

**RH01.** Знаходити варіанти підвищення енергоефективності та надійності обладнання, комплексів і систем.

**RH02.** Відтворювати процеси в системах при їх комп'ютерному моделюванні.

**RH17.** Виконувати дослідження сучасних напівпровідникових перетворювачів.

За результатами вивчення навчальної дисципліни студент 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 навантаженні,

- Розраховувати і вибирати електричні параметри елементів перетворювача при заданих умовах експлуатації.  
Результати вивчення курсу «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» представляються у формі екзамену.

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

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

##### **Модуль 1**

##### **Змістовний 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.** Силові транзистори для систем перетворення енергії. Польові транзистори. Біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT). IGBT модулі.

**Тема 3.** Тиристори. Напівкеровані тиристори. Повністю керовані тиристори (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 (ШПН). Понижуючі, підвищуючі, інвертуючі ШПН. Реверсивні імпульсні перетворювачі постійної напруги. Реверсивний імпульсний перетворювач постійної напруги з симетричним керуванням. Реверсивний широтно-імпульсний перетворювач (ШПІ) 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. Здвоєні 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 розгону локомотива.

**Тема 16.** Автомобільні тягові перетворювачі.

### 5. Структура курсу

Тиж-ні	Теми занять	Год.	Теми СРС, терміни виконання
1	<b>Тема 1.</b> Розвиток перетворювачів електричної енергії транспортних засобів. Типи і види перетворювачів.	2	<b>Тема 1.</b> Розвиток перетворювачів електричної енергії транспортних засобів. Типи і види перетворювачів. 1 тиждень
2	<b>Тема 2.</b> Силові транзистори для систем перетворення енергії.	2	<b>Тема 2.</b> Силові транзистори для систем перетворення енергії. 1 тиждень
3	<b>Тема 3.</b> Тиристори.	2	<b>Тема 3.</b> Тиристори. 1 тиждень
4	<b>Тема 4.</b> Випрямлячі.	2	<b>Тема 4.</b> Випрямлячі. 1 тиждень
5	<b>Тема 5.</b> Згладжувальні фільтри і стабілізатори.	2	<b>Тема 5.</b> Згладжувальні фільтри і стабілізатори. 1 тиждень
6	<b>Тема 6.</b> Імпульсні перетворювачі постійної напруги	2	<b>Тема 6.</b> Імпульсні перетворювачі постійної напруги. 1 тиждень
7	<b>Тема 7.</b> Інвертори.	2	<b>Тема 7.</b> Інвертори. 1 тиждень
8	<b>Тема 8.</b> Автономні інвертори напруги.	2	<b>Тема 8.</b> Автономні інвертори напруги. 1 тиждень
9	<b>Тема 9.</b> Автономні інвертори струму.	2	<b>Тема 9.</b> Автономні інвертори струму.
10	<b>Тема 10.</b> Перетворювачі частоти.	2	<b>Тема 10.</b> Перетворювачі частоти.
11	<b>Тема 11.</b> Схеми перетворювачів у силових ланцюгах електровозів і електропоїздів.	2	<b>Тема 11.</b> Схеми перетворювачів у силових ланцюгах електровозів і електропоїздів. 1 тиждень
12	<b>Тема 12.</b> Тягові випрямлячі. Комбінації випрямлячів.	2	<b>Тема 12.</b> Тягові випрямлячі. Комбінації випрямлячів. 1 тиждень
13	<b>Тема 13.</b> Використання	2	<b>Тема 13.</b> Використання інверторів



	інверторів напруги на базі IGBT транзисторів для режимів рекуперації електроенергії при гальмуванні.		напруги на базі IGBT транзисторів для режимів рекуперації електроенергії при гальмуванні. 1 тиждень
14	<b>Тема 14.</b> Перетворювачі рудникових електровозів.	2	<b>Тема 14.</b> Перетворювачі рудникових електровозів. 1 тиждень
15	<b>Тема 15.</b> Перетворювачі частоти і кількості фаз для живлення трифазних асинхронних і синхронних (вентильних) тягових двигунів при пуску і розгону 4локомотива.	2	<b>Тема 15.</b> Перетворювачі частоти і кількості фаз для живлення трифазних асинхронних і синхронних (вентильних) тягових двигунів при пуску і розгону 4локомотива. 1 тиждень
16	<b>Тема 16.</b> Автомобільні тягові перетворювачі.	2	<b>Тема 16.</b> Автомобільні тягові перетворювачі. 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 «Перетворювачі електричної енергії транспортних засобів» 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 від-дзеркалювані відповіді або коментарі інших студентів.

## 9. Розподілення балів та політика нарахування оцінок

Оцінювання здійснюється за 100-бальною шкалою відповідно до Положення про оцінювання навчальних досягнень студентів за кредитно-модульною системою.

Оцінювання знань здобувачів з навчальної дисципліни здійснюється шляхом проведення контрольних заходів, які включають:

- поточний контроль,
- модульний контроль,
- виконання контрольних робіт.

**Поточний контроль** здійснюється під час проведення лекцій і практичних занять і має на меті перевірку знань студентів з окремих тем та рівня їх підготовленості до виконання конкретної роботи.

Ключовими формами та методами демонстрації студентами результатів навчання при поточному контролі є:

- відповіді на контрольні запитання викладача;
- презентація - виступи перед аудиторією для висвітлення окремих питань, індивідуальних завдань, реферативних досліджень, захист міні-проектів тощо;
- дискусія - обґрунтування власної позиції у вирішенні проблемних питань.

**Модульний контроль** проводиться з метою оцінки результатів навчання після закінчення логічно завершеної частини лекційних та лабораторних занять з певного змістового модуля.

Основною формою модульного контролю є завдання, які включають як і перевірку теоретичних положень курсу, так і лабораторних завдань.

**Виконання контрольних робіт** має за мету перевірку виконання самостійно студентами розрахунків з проектування електромеханічних систем. Як правило, контрольні завдання виконуються окремо кожним студентом.



**Семестровий контроль** здійснюється у формі заліку відповідно до навчального плану в обсязі навчального матеріалу, визначеного робочою програмою і в терміни, встановлені навчальним планом.

Розподіл балів модульного контролю.

Денна		
Складові оцінювання	Розподіл балів	
	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2
Володіння навчальним матеріалом	до 4	до 4
Повнота розкриття питання	до 4	до 4
Правильне виконання та розуміння розрахунків	до 4	до 4
Правильний вибір та побудова схем, графіків	до 3	до 3
<b>Разом</b>	до 15	до 15

Розподіл балів з лабораторної роботи.

Вид робіт	кількість балів
Відпрацювання лабораторної роботи	2
Якість підготовки та захисту звіту з лабораторної роботи	1
<b>Разом</b>	3

**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 3
2	Дослідження трифазної нульової схеми	до 3
3	Дослідження трифазної нульової схеми зі з'єднанням вторинних обмоток у зигзаг	до 3
4	Дослідження шестифазної нульової схеми зі зрівняльним реактором	до 3
5	Дослідження трифазної мостової схеми з симетричним керуванням	до 3
6	Дослідження реверсивного тиристорного випрямляча напруги з узгодженим керуванням	до 3
7	Дослідження тиристорного регулятора напруги	до 3
8	Дослідження перетворювача частоти	до 3
	<b>Разом</b>	24



## Розподіл балів

Контрольна модульна робота		Лабораторні роботи	РГР	Екзамен	Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2				
до 15	до 15	до 24	16	до 30	до 100

Завданням підсумкового контролю 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.

Критерії оцінювання екзамену (відповіді здобувача) мають враховувати, насамперед, їх повноту і правильність відповіді, 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 – 8 балів;
- повнота розкриття питання – 8 балів;
- логіка викладання, культура мови – 8 балів;
- аналітичність міркування, вміння робити порівняння, правильний обґрунтований висновок – 6 балів.

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання модулів відбувається із дозволу лектора за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний). Списування під час контрольних робіт та заліку заборонені (в т.ч. із використанням мобільних девайсів). Контрольні роботи, реферати повинні мати коректні текстові посилання на використану літературу.

Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватись індивідуально (в он-лайн формі за погодженням із деканом факультету).

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.

У результаті освоєння дисципліни здобувач опанує такі компетенції:

Компетенції	Дескриптори - основні ознаки освоєння (показники досягнення результату)	Форми й методи навчання, що сприяють формуванню та розвитку компетенції
<p><b>K12.</b> Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань у області електромеханічних та електротехнічних комплексів і систем.</p> <p><b>K15.</b> Здатність аналізувати енергетичні процеси у сучасних напівпровідникових перетворювачах.</p>	<p><b>Зв2</b> Критичне осмислення проблем у галузі та на межі галузей знань</p> <p><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</p> <p><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</p> <p><b>K1</b> Зрозуміле і недвозначне донесення власних знань, висновків та аргументації до фахівців і нефаківців, зокрема до осіб, які навчаються</p> <p><b>АВ2</b> Відповідальність за внесок до професійних знань і практики та/або оцінювання результатів діяльності команд та колективів</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Словесні методи</li> <li>2. Практичні методи</li> <li>3. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами</li> <li>4. Самостійна робота</li> <li>5. Усне опитування</li> <li>6. Підсумковий контроль</li> </ol>
<p><b>K15.</b> Здатність аналізувати енергетичні процеси у сучасних напівпровідникових перетворювачах.</p>	<p><b>Зв2</b> Критичне осмислення проблем у галузі та на межі галузей знань</p> <p><b>Ум2</b> Здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах</p> <p><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</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Словесні методи</li> <li>2. Практичні методи</li> <li>3. Робота з навчально-методичною літературою і інформаційними ресурсами</li> <li>4. Самостійна робота</li> <li>5. Усне опитування</li> <li>6. Підсумковий контроль</li> </ol>



### Шкала оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

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

### 8. Типові контрольні запитання, що необхідні для оцінки знань, умінь, навичок в процесі освоєння ОПП

#### 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 двопівперіодного випрямляча з нульовим виводом при роботі на активне навантаження.
29. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазної однотактної 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 однотактної 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-ємнісне навантаження.
43. Поясніть специфіку роботи випрямляча на активно-індуктивне навантаження.
44. Поясніть у яких випадках застосовують переважно ємнісні 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 гальмуванню при симетричному керуванні?
61. Як відбувається перехід до гальмуванню 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 розгоноу локомотива.
89. Наведіть схеми автомобільних тягових перетворювачів.

## 9. Рекомендована література

1. Синчук О.Н., Юрченко Н.Н., Чернышов А.А., Синчук И.О., Удовенко О.А., Пасько О.В., Гузов Е.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, электротехника и электромеханика» (специализация «Электромеханические системы автоматизации и электропривод»). 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.

## **10. 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 Электроэнергетика, электротехника 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.

## **13.4. 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/>.