

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО  
ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ І СИСТЕМ  
УПРАВЛІННЯ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«СИЛОВА ПЕРЕТВОРЮВАЛЬНА ТЕХНІКА»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
141 – «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»  
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

КРЕМЕНЧУК 2018

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Силова перетворювальна техніка» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладач: к. т. н., доц. В. О. Мельников

Рецензент к. т. н., доц. Ю. В. Зачепа

Кафедра систем автоматичного управління та електропривода

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_

Голова методичної ради \_\_\_\_\_ проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Структура навчальної дисципліни .....	6
2 Перелік тем і питань для самостійного опрацювання.....	7
3 Питання до модульного контролю.....	19
Список літератури.....	29

## ВСТУП

Навчальна дисципліна «Силова перетворювальна техніка» акцентує увагу на питаннях важливої складової електротехнічних систем – перетворювальній техніці систем автоматизованого електропривода; звертає увагу на методи аналізу та оцінювання впливу пристроїв на енергопостачальну мережу та навантаження.

Метою вивчення навчальної дисципліни «Силова перетворювальна техніка» є підготовка студентів широкого профілю, здатних самостійно розв'язувати завдання проектування і дослідження сучасних систем електропривода з використанням напівпровідникових пристроїв регулювання і керування, а також вироблення вміння аналізувати енергетичні процеси у системах електропривода з вентильними перетворювальними пристроями та вибору найбільш раціональних систем.

Завдання навчального курсу «Силова перетворювальна техніка» – забезпечити базу для вивчення інших дисциплін, пов'язаних з технічною реалізацією перетворювальних пристроїв систем автоматизованого електропривода.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- загальні принципи побудови силових перетворювачів;
- принципи побудови та режими роботи керованих випрямлячів;
- принципи побудови та режими роботи інверторів, ведених мережею;
- принципи побудови та режими роботи реверсивних керованих випрямлячів;
- принципи побудови та режими роботи широтно-імпульсних перетворювачів;
- принципи побудови та режими роботи тиристорних регуляторів змінної напруги;
- принципи побудови та режими роботи автономних інверторів;

- принципи побудови та режими роботи перетворювачів частоти;
- методи одержання математичного опису силових перетворювачів для систем управління електроприводом;

- методика вибору елементів схем силових перетворювачів;

**уміти:**

- виконувати розрахунки елементів перетворювальних пристроїв;
- аналізувати режими роботи пристроїв і вирізняти пошкодження у схемах;

- виконувати розрахунок показників якості перетворювачів;

- виконувати розрахунок характеристик перетворювальних пристроїв;

- синтезувати нові системи перетворювальних пристроїв;

- визначити найбільш доцільні схеми пристроїв для конкретних схем систем електропривода;

- виконувати розрахунок і вибір технічних засобів для реалізації перетворювачів.

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Силова перетворювальна техніка» містять перелік лекційного матеріалу, контрольні запитання та вказівки для користування літературними джерелами.

Самостійна робота студентів передбачає додаткове вивчення лекційного матеріалу, підготовку до практичних занять, до контрольної роботи. Під час підготовки питань, що виносяться для самостійного опрацювання, можна використовувати не лише наведену літературу, а й інші джерела інформації.

## 1 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		лк	лр.	пр.	с.р.		лк	лр.	пр.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Змістовий модуль 1 Перетворювачі енергії на напівкерованих напівпровідникових ключах</b>										
Тема 1 Напівпровідникові перетворювачі систем електропривода постійного і змінного струму. Елементна база сучасної перетворювальної техніки	8	2	–	–	6	12,5	0,5	–	–	12
Тема 2 Режими роботи однофазних схем випрямлення	24	3	3	6	12	18,5	0,5	1	1	16
Тема 3 Режими роботи трифазних схем випрямлення	23	3	-	4	16	24	1	-	1	22
Тема 4 Реверсивні випрямлячі. Інверторний режим роботи керованих випрямлячів	21	2	3	–	16	20	1	1	–	18
Разом за змістовим модулем 1	76	10	6	10	50	75	3	2	2	68
<b>Змістовий модуль 2 Перетворювачі енергії на повністю керованих напівпровідникових ключах</b>										
Тема 5 Імпульсні перетворювачі постійної напруги	28	3	8	3	14	24	1	2	1	20
Тема 6 Автономні інвертори	23	3	2	–	18	27	1	2	–	24
Тема 7 Перетворювачі змінного струму	23	2	–	3	18	24	1	–	1	22
Разом за змістовим модулем 2	74	8	10	6	50	75	3	4	2	66
<b>Усього годин</b>	<b>150</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>134</b>

## 2 ПЕРЕЛІК ТЕМ І ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

### Тема 1 Напівпровідникові перетворювачі систем електропривода постійного і змінного струму. Елементна база сучасної перетворювальної техніки

Класифікація напівпровідникових перетворювачів систем електропривода постійного і змінного струму. Класифікація силових діодів. Вольт-амперні характеристики діодів. Класифікація тиристорів. Вольт-амперні характеристики тиристорів. Увімкнення силових напівпровідникових приладів. Класифікація транзисторів. Способи побудови електроприводів постійного та змінного струму.

#### Питання для самоперевірки

1. Наведіть класифікацію напівпровідникових перетворювачів постійного та змінного струму.
2. Поясніть принцип дії та сферу застосування керованих випрямлячів.
3. Поясніть принцип дії та сферу застосування імпульсних перетворювачів постійного струму.
4. Поясніть принцип дії та сферу застосування автономних інверторів струму та напруги.
5. Поясніть принцип дії та сферу застосування безпосередніх перетворювачів частоти.
6. Поясніть принцип дії та сферу застосування тиристорних регуляторів напруги.
7. Поясніть принцип дії ідеального  $p-n$  переходу. Надайте характеристику прямому та зворотному увімкненню  $p-n$  переходу. Перелічіть основні властивості  $p-n$  переходу.
8. Назвіть і коротко охарактеризуйте типи напівпровідникових діодів.
9. Надайте загальну характеристику випрямним діодам. Наведіть їх ВАХ.
10. Надайте загальну характеристику діодам Шотки. Наведіть їх ВАХ. У чому відмінність діодів Шотки від звичайних напівпровідникових діодів?

11. Поясніть будову і принцип дії тиристора. Наведіть вольт-амперну характеристику тиристора.
12. Надайте характеристику симістора. Наведіть його ВАХ.
13. Поясніть принцип дії біполярного транзистора.
14. Поясніть принцип дії польових транзисторів. Наведіть класифікацію польових транзисторів.
15. Поясніть особливості роботи і сферу застосування польових транзисторів.
16. У чому відмінність принципу роботи польового транзистора від біполярного?
17. Поясніть принцип дії IGBT. Наведіть його схему заміщення.
18. Охарактеризуйте переваги IGBT над польовими та біполярними транзисторами.
19. Поясніть принципи побудови систем регульованого електропривода постійного струму.
20. Поясніть принципи побудови систем регульованого електропривода змінного струму.

**Література:** [1, с. 66–77; 2, с. 48–63; 3, с. 151–183; 4, с. 62–91; 5, с. 28–70].

## **Тема 2 Режими роботи однофазних схем випрямлення**

Робота однонапівперіодної схеми випрямлення. Робота двонапівперіодної схеми випрямлення однофазного струму. Робота однофазної мостової схеми випрямлення. Режими роботи випрямлячів з активним та активно-індуктивним навантаженням. Процеси у схемах із заданим кутом керування. Робота однофазних схем випрямлення з проти-ЕРС.

### **Питання для самоперевірки**

1. Як будуються однофазні схеми випрямлячів?
2. Що таке кут керування? Як задається кут керування?
3. У чому полягає відмінність керованих випрямлячів від некерованих?



4. Наведіть часові діаграми роботи однофазного некерованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.

5. Наведіть часові діаграми роботи однофазного некерованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

6. Наведіть часові діаграми роботи однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.

7. Наведіть часові діаграми роботи однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

8. Наведіть регулювальну характеристику однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою.

9. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою для різних типів навантаження?

10. У чому полягає відмінність роботи однофазних випрямлячів на активне та активно-індуктивне навантаження?

11. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового некерованого випрямляча під час роботи на активне навантаження.

12. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового некерованого випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

13. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового керованого випрямляча під час роботи на активне навантаження.

14. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового керованого випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

15. Наведіть регулювальну характеристику однофазного мостового керованого випрямляча.

16. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні однофазного мостового керованого випрямляча для різних типів навантаження?

17. Наведіть часові діаграми роботи однофазного напівкерovanого мостового випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

18. У чому полягає відмінність режимів роботи керovanого та напівкерovanого мостового випрямляча?

**Література:** [2, с. 31–67; 3, с. 98–154; 4, с. 369–401; 6, с. 151–198; 7, с. 44–83].

### **Тема 3 Режими роботи трифазних схем випрямлення**

Трифазна схема із середньою точкою. Трифазна нульова схема. Трифазна мостова схема випрямлення. Режими роботи випрямлячів з активним та активно-індуктивним навантаженням. Процеси у схемах із заданим кутом керування. Робота трифазних схем випрямлення з проти-ЕРС.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Наведіть схеми трифазних керованих випрямлячів.
2. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерovanого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.
3. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерovanого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.
4. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керovanого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.
5. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керovanого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.
6. Наведіть регульовальну характеристику трифазного випрямляча з нульовою точкою.
7. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні трифазного випрямляча з нульовою точкою для різних типів навантаження?
8. У чому полягає відмінність роботи трифазних випрямлячів на активне та активно-індуктивне навантаження?
9. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерovanого мостового випрямляча під час роботи на активне навантаження.

10. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерованого мостового випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

11. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керованого мостового випрямляча під час роботи на активне навантаження.

12. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керованого мостового випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

13. Наведіть регулювальну характеристику трифазного мостового випрямляча.

14. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні трифазного мостового випрямляча для різних типів навантаження?

15. Як задаються кути керування силовими тиристорами в трифазній схемі випрямлення з нульовою точкою.

16. Як задаються кути керування силовими тиристорами в трифазній мостовій схемі випрямлення.

**Література:** [4, с. 201–265; 5, с. 431–488; 7, с. 306–352].

#### **Тема 4 Реверсивні випрямлячі. Інверторний режим роботи керованих випрямлячів**

Однокомплектні реверсивні випрямлячі. Двокомплектні реверсивні випрямлячі. Реверсивні двохнапівперіодні перетворювачі з живленням від однофазної мережі. Схеми тиристорних реверсивних трифазних нульових перетворювачів. Сумісне та роздільне керування реверсивними випрямлячами. Призначення інверторів. Однофазні ведені мережею інвертори. Трифазні ведені мережею інвертори. Характеристики та енергетичні показники інверторів. Аварійні режими роботи інверторів.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Поясніть принципи побудови реверсивних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте характеристику сумісного керування тиристорними групами перетворювача.

2. Поясніть принцип побудови реверсивних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте характеристику роздільного керування тиристорними групами перетворювача.

3. У чому полягає відмінність перехідних процесів під час роботи на активно-індуктивне навантаження з ЕРС з роздільним і сумісним керуванням?

4. Що називається системою імпульсно-фазового керування і яке його призначення?

5. Перелічіть основні елементи та їх функціональне призначення багатоканальної синхронної системи керування?

6. Наведіть основні переваги та недоліки багатоканальної й одноканальної синхронної системи імпульсно-фазового керування.

7. Чому асинхронні системи імпульсно-фазового керування не отримали широкого застосування для керування тиристорними перетворювачами?

8. У чому основна відмінність автономних систем керування від синхронних систем імпульсно-фазового керування?

9. Чим відрізняється «вертикальний» принцип керування від «горизонтального»?

10. Поясніть відмінність між режимом випрямлення та інвертуванням у керованих випрямлячах.

11. Охарактеризуйте умови, які роблять можливим виникнення режиму інвертування.

12. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового випрямляча в режимі інвертування.

13. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового випрямляча в режимі випрямлення.

14. Надайте характеристику регульовальної характеристики однофазного мостового інвертора, веденого мережею.

15. Поясніть причини виникнення аварійних режимів роботи інверторів, ведених мережею.

16. Надайте характеристику аварійним режимам роботи інверторів, ведених мережею.

17. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принципи дії інвертора, веденого мережею, виконаного за однофазною двохнапівперіодною схемою.

18. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії інвертора, веденого мережею, виконаного за трифазною схемою випрямлення з нульовою точкою.

19. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії інвертора, веденого мережею, виконаного за трифазною мостовою схемою.

**Література:** [1, с. 129–187; 7, с. 659–732; 11, с. 403–462].

### **Тема 5 Імпульсні перетворювачі постійної напруги**

Імпульсний спосіб регулювання в колах постійного струму. Електромагнітні процеси під час імпульсного регулювання. Режим повернення енергії в джерело живлення. БагатоквADRANTНИЙ режим імпульсного перетворювача. Імпульсні джерела живлення постійної напруги. Енергетичні характеристики імпульсних джерел живлення. Широтно-імпульсні перетворювачі. Одноплечові ШП. Мостовий ШП. Енергетичні характеристики ШП. Вибір елементів силової схеми напівпровідникових перетворювачів з ШП.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Надайте загальну характеристику імпульсних перетворювачів напруги.
2. Охарактеризуйте способи імпульсного керування та наведіть класифікацію імпульсних перетворювачів постійної напруги.
3. Як формується напруга та струм на навантаженні в імпульсних перетворювачах напруги?
4. Наведіть класифікацію нереверсивних імпульсних перетворювачів напруги.

5. Як визначається середнє та діюче значення напруги в нереверсивних імпульсних перетворювачах?
6. Поясніть принцип дії послідовного імпульсного перетворювача. Наведіть часові діаграми його роботи на активне навантаження.
7. Поясніть принцип дії послідовного імпульсного перетворювача. Наведіть часові діаграми його роботи на активно-індуктивне навантаження.
8. Охарактеризуйте регульовальну характеристику послідовного перетворювача енергії.
9. Наведіть схему нереверсивного паралельного імпульсного перетворювача та часові діаграми його роботи на активне навантаження.
10. Наведіть схему нереверсивного паралельного імпульсного перетворювача та часові діаграми його роботи на активно-індуктивне навантаження.
11. Як визначається середнє значення напруги на навантаженні імпульсного паралельного перетворювача енергії.
12. Охарактеризуйте регульовальну характеристику паралельного перетворювача енергії.
13. Поясніть, що таке критичний коефіцієнт заповнення імпульсів.
14. Який максимальний коефіцієнт підвищення напруги зазвичай устанавлюється в паралельних імпульсних перетворювачах?
15. Охарактеризуйте сфери застосування паралельних імпульсних перетворювачів постійного струму.
16. Надайте порівняльну характеристику нереверсивних та реверсивних перетворювачів постійної напруги.
17. Охарактеризуйте симетричний спосіб керування транзисторами в реверсивних мостових схемах перетворювачів постійної напруги.
18. Охарактеризуйте несиметричний спосіб керування транзисторами в реверсивних мостових схемах перетворювачів постійної напруги.
19. Охарактеризуйте почерговий спосіб керування транзисторами в реверсивних мостових схемах перетворювачів постійної напруги.

20. Як визначається середнє значення напруги в реверсивних імпульсних перетворювачах?

21. Як забезпечується захист мостових схем імпульсних перетворювачів напруги від наскрізних струмів?

22. Поясніть принцип роботи реверсивного транзисторного перетворювача із симетричним законом керування під час роботи на активне навантаження.

23. Поясніть принцип роботи реверсивного транзисторного перетворювача із симетричним законом керування під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

**Література:** [7, с. 63–86; 8, с. 8–39; 10, с. 120–139].

## **Тема 6 Автономні інвертори.**

Призначення та види автономних інверторів. Класифікація автономних інверторів. Принципи роботи інвертора на повністю керованих ключах. Автономні інвертори напруги. Однофазний мостовий інвертор напруги. Трифазний мостовий інвертор напруги. Особливості формування вихідної напруги трифазних інверторів напруги. Схеми трифазних автономних інверторів напруги. Автономні інвертори струму. Однофазний мостовий інвертор струму. Трифазний мостовий інвертор струму.

### **Питання для самоперевірки**

1. Наведіть класифікацію автономних інверторів.
2. Надайте загальну характеристику автономних інверторів напруги.
3. Надайте загальну характеристику автономних інверторів струму.
4. Наведіть схеми силової частини однофазних та трифазних автономних інверторів напруги.
5. Наведіть схеми силової частини однофазних та трифазних автономних інверторів струму.

6. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип регулювання вихідної частоти автономного інвертора напруги, виконаного за однофазною мостовою схемою.

7. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип регулювання діючого значення вихідної напруги автономного інвертора, виконаного за однофазною мостовою схемою.

8. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії трифазного автономного інвертора напруги, виконаного за мостовою схемою.

9. Як формуються фазні й лінійні напруги в трифазних автономних інверторах напруги?

10. Які види імпульсної модуляції ви знаєте?

11. Чим відрізняється широтно-імпульсне регулювання від широтно-імпульсної модуляції?

12. Як формуються фазні напруги за допомогою узагальненого просторового вектора?

13. Порівняйте способи імпульсної модуляції, що застосовуються в трифазних автономних інверторах напруги для формування вихідної напруги.

14. Як регулюється в автономних інверторах напруги величина вихідної напруги?

15. Поясніть методи поліпшення якості вихідної напруги в автономних інверторах?

16. Як формуються сигнали напруги трифазного автономного інвертора напруги за законом керування при  $\alpha = 180$  град.?

17. Надайте характеристику керування автономним інвертором напруги при широтно-імпульсному регулюванні на основній частоті.

18. Поясніть принцип керування транзисторами трифазних інверторів під час широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

19. Поясніть принципи формування синусоїдної ШІМ на несучій частоті.

20. Наведіть переваги та недоліки трифазних автономних інверторів.

**Література:** [9, с. 65–93; 11, с. 36–101; 13, с. 29–61].



## **Тема 7 Перетворювачі змінного струму**

Призначення і класифікація перетворювачів змінного струму. Тиристорні регулятори напруги. Однофазні регулятори напруги. Трифазні тиристорні регулятори напруги. Перетворювачі частоти. Безпосередні перетворювачі частоти. Перетворювачі частоти з проміжною ланкою постійного струму.

### **Питання для самоперевірки**

1. Перелічіть вимоги, що висуваються до перетворювачів частоти.
2. Наведіть класифікацію перетворювачів частоти.
3. Надайте загальну характеристику перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму.
4. Поясніть різницю між перетворювачами частоти з проміжною ланкою постійного струму, у яких використовуються керовані та некеровані випрямлячі.
5. Охарактеризуйте переваги та недоліки перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму.
6. Як відбувається регулювання напруги на виході дволанкового перетворювача частоти, виконаного на основі автономного інвертора напруги?
7. За якими схемами можуть виконуватися рекуперувальні перетворювачі частоти, виконані на основі автономного інвертора напруги?
8. Які переваги чотириквadrантних дволанкових перетворювачів частоти?
9. Надайте загальну оцінку принципів побудови силової частини перетворювачів частоти.
10. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти.
11. Як виконується силова частина безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією?
12. Охарактеризуйте переваги та недоліки безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією.
13. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти зі штучною комутацією.
14. Наведіть схему та часові діаграми роботи однофазного безпосереднього перетворювача частоти, виконаного на основі однофазної

мостової схеми.

15. Наведіть схему та часові діаграми роботи безпосереднього перетворювача частоти, виконаного на основі трифазної схеми зі спільною точкою.

16. Наведіть схему та часові діаграми роботи безпосереднього перетворювача частоти, виконаного на основі трифазної мостової схеми.

17. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії однофазного тиристорного регулятора напруги.

18. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії однофазного тиристорного комутатора напруги.

19. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії трифазного тиристорного регулятора напруги.

20. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії трифазного тиристорного комутатора напруги.

21. Як може бути побудована система керування перетворювачем частоти з проміжною ланкою постійного струму?

22. Надайте характеристику драйверам керування трифазними інверторами напруги.

**Література:** [9, с. 115–162; 10, с. 314–337; 11, с. 32–45].

### 3 ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

#### Змістовий модуль 1

1. Наведіть класифікацію напівпровідникових перетворювачів постійного та змінного струму.
2. Поясніть принцип дії та сферу застосування керованих випрямлячів.
3. Поясніть принцип дії та сферу застосування імпульсних перетворювачів постійного струму.
4. Поясніть принцип дії та сферу застосування автономних інверторів струму та напруги.
5. Поясніть принцип дії та сферу застосування безпосередніх перетворювачів частоти.
6. Поясніть принцип дії та сферу застосування тиристорних регуляторів напруги.
7. Поясніть принцип дії ідеального  $p-n$  переходу. Надайте характеристику прямому та зворотному ввімкненню  $p-n$  переходу. Перелічіть основні властивості  $p-n$  переходу.
8. Назвіть і коротко охарактеризуйте типи напівпровідникових діодів.
9. Надайте загальну характеристику випрямним діодам. Наведіть їх ВАХ.
10. Надайте загальну характеристику діодам Шотки. Наведіть їх ВАХ. У чому відмінність діодів Шотки від звичайних напівпровідникових діодів?
11. Поясніть будову і принцип дії тиристора. Наведіть вольт-амперну характеристику тиристора.
12. Надайте характеристику симістора. Наведіть його ВАХ.
13. Поясніть принцип дії біполярного транзистора.
14. Поясніть принцип дії польових транзисторів. Наведіть класифікацію польових транзисторів.
15. Поясніть особливості роботи і сферу застосування польових транзисторів.

16. У чому відмінність принципу роботи польового транзистора від біполярного?
17. Поясніть принцип дії IGBT. Наведіть його схему заміщення.
18. Охарактеризуйте переваги IGBT над польовими та біполярними транзисторами.
19. Поясніть принципи побудови систем регульованого електропривода постійного струму.
20. Поясніть принципи побудови систем регульованого електропривода змінного струму.
21. Як будуються однофазні схеми випрямлячів?
22. Що таке кут керування? Як задається кут керування?
23. У чому полягає відмінність керованих випрямлячів від некерованих?
24. Наведіть часові діаграми роботи однофазного некерованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.
25. Наведіть часові діаграми роботи однофазного некерованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.
26. Наведіть часові діаграми роботи однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.
27. Наведіть часові діаграми роботи однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.
28. Наведіть регульовальну характеристику однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою.
29. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні однофазного керованого випрямляча з нульовою точкою для різних типів навантаження?
30. У чому полягає відмінність роботи однофазних випрямлячів на активне та активно-індуктивне навантаження?
31. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового некерованого випрямляча під час роботи на активне навантаження.

32. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового некерованого випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

33. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового керованого випрямляча під час роботи на активне навантаження.

34. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового керованого випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

35. Наведіть регулювальну характеристику однофазного мостового керованого випрямляча.

36. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні однофазного мостового керованого випрямляча для різних типів навантаження?

37. Наведіть часові діаграми роботи однофазного напівкерovanого мостового випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

38. У чому полягає відмінність режимів роботи керованого та напівкерovanого мостового випрямляча?

39. Наведіть схеми трифазних керованих випрямлячів.

40. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.

41. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

42. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активне навантаження.

43. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керованого випрямляча з нульовою точкою під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

44. Наведіть регулювальну характеристику трифазного випрямляча з нульовою точкою.

45. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні трифазного випрямляча з нульовою точкою для різних типів навантаження?

46. У чому полягає відмінність роботи трифазних випрямлячів на активне та активно-індуктивне навантаження?

47. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерованого мостового випрямляча під час роботи на активне навантаження.

48. Наведіть часові діаграми роботи трифазного некерованого мостового випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

49. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керованого мостового випрямляча під час роботи на активне навантаження.

50. Наведіть часові діаграми роботи трифазного керованого мостового випрямляча під час роботи на активно-індуктивне навантаження.

52. Наведіть регулювальну характеристику трифазного мостового випрямляча.

52. Як розраховується середнє значення випрямленої напруги на навантаженні трифазного мостового випрямляча для різних типів навантаження?

53. Як задаються кути керування силовими тиристорами в трифазній схемі випрямлення з нульовою точкою.

54. Як задаються кути керування силовими тиристорами в трифазній мостовій схемі випрямлення.

55. Поясніть принцип побудови реверсивних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте характеристику сумісного керування тиристорними групами перетворювача.

56. Поясніть принцип побудови реверсивних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте характеристику роздільного керування тиристорними групами перетворювача.

57. У чому полягає відмінність перехідних процесів під час роботи на активно-індуктивне навантаження з ЕРС у разі роздільного і сумісного керування?

58. Що називається системою імпульсно-фазового керування і яке його призначення?

59. Перелічіть основні елементи та їх функціональне призначення багатоканальної синхронної системи керування.

60. Наведіть основні переваги та недоліки багатоканальної й одноканальної синхронної системи імпульсно-фазового керування.

61. Чому асинхронні системи імпульсно-фазового керування не отримали широкого застосування для керування тиристорними перетворювачами?

62. У чому основна відмінність автономних систем керування від синхронних систем імпульсно-фазового керування?

63. Чим відрізняється «вертикальний» принцип керування від «горизонтального»?

64. Поясніть відмінність між режимом випрямлення та інвертуванням у керованих випрямлячах.

65. Охарактеризуйте умови, які роблять можливим виникнення режиму інвертування.

66. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового випрямляча в режимі інвертування.

67. Наведіть часові діаграми роботи однофазного мостового випрямляча в режимі випрямлення.

68. Надайте характеристику регульовальної характеристики однофазного мостового інвертора, веденого мережею.

69. Поясніть причини виникнення аварійних режимів роботи інверторів, ведених мережею.

70. Надайте характеристику аварійним режимам роботи інверторів ведених мережею.

71. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії інвертора, веденого мережею, виконаного за однофазною двохнапівперіодною схемою.

72. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії інвертора, веденого мережею, виконаного за трифазною схемою випрямлення з нульовою точкою.

73. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії інвертора, веденого мережею, виконаного за трифазною мостовою схемою.

## **Змістовий модуль 2**

1. Надайте загальну характеристику імпульсних перетворювачів напруги.

2. Охарактеризуйте способи імпульсного керування та наведіть класифікацію імпульсних перетворювачів постійної напруги.

3. Як формується напруга та струм на навантаженні в імпульсних перетворювачах напруги?

4. Наведіть класифікацію нереверсивних імпульсних перетворювачів напруги.

5. Як визначається середнє та діюче значення напруги в нереверсивних імпульсних перетворювачах?

6. Поясніть принцип дії послідовного імпульсного перетворювача. Наведіть часові діаграми його роботи на активне навантаження.

7. Поясніть принцип дії послідовного імпульсного перетворювача. Наведіть часові діаграми його роботи на активно-індуктивне навантаження.

8. Охарактеризуйте регульовальну характеристику послідовного перетворювача енергії.

9. Наведіть схему нереверсивного паралельного імпульсного перетворювача та часові діаграми його роботи на активне навантаження.

10. Наведіть схему нереверсивного паралельного імпульсного перетворювача та часові діаграми його роботи на активно-індуктивне навантаження.

11. Як визначається середнє значення напруги на навантаженні імпульсного паралельного перетворювача енергії.

12. Охарактеризуйте регульовальну характеристику паралельного перетворювача енергії.

13. Поясніть, що таке критичний коефіцієнт заповнення імпульсів.



14. Який максимальний коефіцієнт підвищення напруги зазвичай установлюється в паралельних імпульсних перетворювачах?
15. Охарактеризуйте сфери застосування паралельних імпульсних перетворювачів постійного струму.
16. Надайте порівняльну характеристику нереверсивних та реверсивних перетворювачів постійної напруги.
17. Охарактеризуйте симетричний спосіб керування транзисторами в реверсивних мостових схемах перетворювачів постійної напруги.
18. Охарактеризуйте несиметричний спосіб керування транзисторами в реверсивних мостових схемах перетворювачів постійної напруги.
19. Охарактеризуйте почерговий спосіб керування транзисторами в реверсивних мостових схемах перетворювачів постійної напруги.
20. Як визначається середнє значення напруги в реверсивних імпульсних перетворювачах?
21. Як забезпечується захист мостових схем імпульсних перетворювачів напруги від наскрізних струмів?
22. Поясніть принцип роботи реверсивного транзисторного перетворювача із симетричним законом керування під час роботи на активне навантаження.
23. Поясніть принцип роботи реверсивного транзисторного перетворювача із симетричним законом керування під час роботи на активно-індуктивне навантаження.
24. Наведіть класифікацію автономних інверторів.
25. Надайте загальну характеристику автономних інверторів напруги.
26. Надайте загальну характеристику автономних інверторів струму.
27. Наведіть схеми силової частини однофазних та трифазних автономних інверторів напруги.
28. Наведіть схеми силової частини однофазних та трифазних автономних інверторів струму.

29. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип регулювання вихідної частоти автономного інвертора напруги, виконаного за однофазною мостовою схемою.

30. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип регулювання діючого значення вихідної напруги автономного інвертора, виконаного за однофазною мостовою схемою.

31. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії трифазного автономного інвертора напруги, виконаного за мостовою схемою.

32. Як формуються фазні й лінійні напруги в трифазних автономних інверторах напруги?

33. Які види імпульсної модуляції ви знаєте?

34. Чим відрізняється широтно-імпульсне регулювання від широтно-імпульсної модуляції?

35. Як формуються фазні напруги за допомогою узагальненого просторового вектора?

36. Порівняйте способи імпульсної модуляції, що застосовуються в трифазних автономних інверторах напруги для формування вихідної напруги.

37. Як регулюється в автономних інверторах напруги величина вихідної напруги?

38. Поясніть методи поліпшення якості вихідної напруги в автономних інверторах?

39. Як формуються сигнали напруги трифазного автономного інвертора напруги із законом керування при  $\alpha = 180$  град.?

40. Надайте характеристику керування автономним інвертором напруги під час широтно-імпульсного регулювання на основній частоті.

41. Поясніть принцип керування транзисторами трифазних інверторів із широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ).

42. Поясніть принципи формування синусоїдної ШІМ на несучій частоті.

43. Наведіть переваги та недоліки трифазних автономних інверторів напруги.

44. Перелічіть вимоги, що висуваються до перетворювачів частоти.

45. Наведіть класифікацію перетворювачів частоти.

46. Надайте загальну характеристику перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму.

47. Поясніть різницю між перетворювачами частоти з проміжною ланкою постійного струму, у яких використовуються керовані та некеровані випрямлячі.

48. Охарактеризуйте переваги та недоліки перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму.

49. Як відбувається регулювання напруги на виході дволанкового перетворювача частоти, виконаного на основі автономного інвертора напруги?

50. За якими схемами можуть виконуватися рекуперувальні перетворювачі частоти, виконані на основі автономного інвертора напруги?

51. Які переваги чотириквadrантних дволанкових перетворювачів частоти?

52. Надайте загальне оцінювання принципів побудови силової частини перетворювачів частоти.

53. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти.

54. Як виконується силова частина безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією?

55. Охарактеризуйте переваги та недоліки безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією

56. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти зі штучною комутацією.

57. Наведіть схему та часові діаграми роботи однофазного безпосереднього перетворювача частоти, виконаного на основі однофазної мостової схеми.

58. Наведіть схему та часові діаграми роботи безпосереднього перетворювача частоти, виконаного на основі трифазної схеми зі спільною точкою.

59. Наведіть схему та часові діаграми роботи безпосереднього перетворювача частоти, виконаного на основі трифазної мостової схеми.

60. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії однофазного тиристорного регулятора напруги.

61. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії однофазного тиристорного комутатора напруги.

62. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії трифазного тиристорного регулятора напруги.

63. Наведіть схему, часові діаграми роботи та поясніть принцип дії трифазного тиристорного комутатора напруги.

64. Як може бути побудована система керування перетворювачем частоти з проміжною ланкою постійного струму?

65. Надайте характеристику драйверам керування трифазними інверторами напруги.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна

1. Руденко В. С. Основы промышленной электроники / В. С. Руденко, В. И. Сенько, В. В. Трифонюк. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1985. – 400 с.
2. Розанов Ю. К. Основи силової перетворювальної техніки / Ю. К. Розанов. – М. : Энергия, 1979. – 392 с.
3. Зиновьев Г. С. Основы силовой электроники : учебник / Г. С. Зиновьев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 1999. – Ч.1. – 199 с.
4. Справочник по автоматизированному электроприводу : под ред. В. А. Елисеева и А. В. Шинянского. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.
5. Чебовский О. Г. Силовые полупроводниковые приборы : справочник / О. Г. Чебовский, Л. Г. Моисеев, Р. П. Недошивин. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 401 с.
6. Лалетин В. И. Проектирование тиристорных преобразователей для электроприводов постоянного тока : учебное пособие / В. И. Лалетин. – Киров : Изд-во ВятГУ, 2006. – 131 с.

### Додаткова

7. Чиженко И. М. Справочник по преобразовательной технике / И. М. Чиженко. – К. : Техніка, 1978. – 447 с.
8. Попович М. Г. Електромеханічні системи керування та електроприводи : навч. посібник / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков. – К. : Либідь, 2005. – 680 с.
9. Семенов Б. Ю. Силовая электроника : от простого к сложному / Б. Ю. Семенов. – М. : СОЛОН–ПРЕСС, 2008. – 416 с.
10. Воронин П. А. Силовые полупроводниковые ключи : семейства, характеристики, применение. – М. : Издательский дом Додэка–XXI, 2005. – 384 с.
11. Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. – М. : Техносфера, 2006. – 632 с.

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Силова перетворювальна техніка» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітнього ступеня «Бакалавр»

Укладач к. т. н., доц. В. О. Мельников

Відповідальний за випуск зав. кафедри систем автоматичного управління та електропривода Родькін Д. Й.

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600