

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  
**«ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОМИСЛОВОСТІ  
І КОМУНАЛЬНИХ ОБ'ЄКТАХ (ЧАСТИНА 1)»**

ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ

141 – «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

(ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ)

ЗА СПЕЦІАЛІЗАЦІЯМИ:

«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА  
ЕЛЕКТРОПРИВОД»,  
«ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ»,  
«ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ І АПАРАТИ»,  
«ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ»,  
«ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ»

КРЕМЕНЧУК 2018

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 1)» зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (денної та заочної форм навчання) за спеціалізаціями: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв», «Електричні машини і апарати», «Електротехнічні системи електроспоживання», «Енергетичний менеджмент»

Укладачі: к.т.н., доц. С.А.Сергієнко,

старш. викл. Г. Г. Юдіна

Рецензент д.т.н., проф. О.П. Чорний

Кафедра систем автоматичного управління та електроприводу

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол № «\_\_\_» від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р.

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

Метою викладання навчальної дисципліни «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 1)» є отримання знань у галузі енергозбереження, визначення раціональних режимів роботи та експлуатації електроприводу, розробка заходів з енергозбереження засобами електроприводу.

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 1)» є набуття теоретичних і практичних навичок, які дають змогу самостійно виконувати аналіз сучасних об'єктів промисловості з енергетичної точки зору та розробку заходів з енергозбереження засобами електроприводу.

Предметом вивчення навчальної дисципліни є енергетичне господарство об'єктів промисловості, методи оцінювання їх енергоефективності, підходи до розробки заходів з енергоресурсозбереження засобами промислового електроприводу.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- основні підходи та методи з енергозбереження;
- багаторівневу структуру сучасного електроприводу;
- шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу;
- структуру та критерії оцінювання енергетичних каналів сучасного електроприводу;
- методи розрахунку потужностей і теплових режимів електроприводу;
- методи визначення раціональних режимів роботи та експлуатації електроприводів;
- підходи до побудови енергозберігальних систем промислового електроприводу;

**уміти:**

- розраховувати баланси потужностей потоків енергії силового каналу електроприводів;
- аналізувати енергетичні характеристики регульованих електроприводів;
- виконувати розрахунок потужності електроприводів та оцінювання їх теплових режимів;
- виконувати вибір раціонального типу електроприводу;
- виконувати вибір раціональних режимів роботи та експлуатації технологічних установок та електроприводів;
- аналізувати заходи з енергозбереження засобами промислового електроприводу.

Навчальна дисципліна «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 1)» базується на знаннях, отриманих під час вивчення навчальних курсів: «Теоретичні основи електротехніки», «Промислове енергозбереження», «Системи енергозбереження в електроприводі», «Електропостачання промислових підприємств».

Навчальну дисципліну «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 1)» покладено в основу навчальних дисциплін «Техніко-економічне оцінювання науково-технічних рішень», «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 2)», курсового та дипломного проектування.

Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи з навчальної дисципліни «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 1)» 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.

## І СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	Денна форма				Заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		лк	пр.	с.р.		лк	пр.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Змістовий модуль 1 Тенденції розвитку і підходи до енергозбереження в електроприводі</b>								
Тема 1 Основні поняття і тенденції розвитку енергозбереження	8	2	–	6	10,5	0,5	–	10
Тема 2 Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу	10	2	2	6	10,5	0,5	–	10
Тема 3 Енергетичні властивості електроприводів	16	2	4	10	14	–	2	12
Тема 4 Розрахунок потужності і теплові режими роботи електроприводу	16	2	4	10	15	1	2	12
Разом за змістовим модулем 1	50	8	10	32	50	2	4	44
<b>Змістовий модуль 2 Енергозберігальні системи регульованого електроприводу</b>								
Тема 5 Вибір раціональних режимів роботи та експлуатації технологічних установок та електроприводу	24	4	4	16	23	1	2	20
Тема 6 Вибір раціонального типу електроприводу	16	2	2	12	17	1	–	16
Разом за змістовим модулем 2	40	6	6	28	40	2	2	36
<b>Усього годин</b>	<b>90</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>60</b>	<b>90</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>80</b>

## **2 ПЕРЕЛІК ТЕМ І ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ**

### **Тема 1 Основні поняття і тенденції розвитку енергозбереження**

Енергозбереження. Види видобутку енергії. Загальне визначення енергії. Втрати електроенергії. Енергозберігальні заходи під час передачі електроенергії. Процеси, що впливають на енергозбереження в електроприводі і визначальні тенденції його розвитку.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Що таке енергозбереження?
2. Які існують види видобування енергії?
3. Що є основою електроенергетики України?
4. Наведіть загальне визначення енергії та одиницю вимірювання електроенергії.
5. Наведіть основні величини і параметри, за допомогою яких можна охарактеризувати електричну енергію.
6. Що таке втрати електроенергії?
7. Що таке номінальні втрати, що таке додаткові втрати?
8. Назвіть особливості електричної енергії.
9. Які існують енергозберігальні заходи під час передачі електроенергії?
10. Скільки відсотків усієї споживаної електроенергії припадає на частку електроприводу?
11. Назвіть процеси, що впливають на енергозбереження в електроприводі та визначальні тенденції його розвитку.

**Література:**[1, с. 11–27; 2, с. 4–8; с. 161–183; 3, с. 3–10].

### **Тема 2 Шляхи реалізації енергозбереження засобами промислового електроприводу**

Перший шлях стосується найпростішого некерованого електроприводу і полягає в удосконаленні процедури вибору двигуна. Другий шлях – перехід на енергозберігальні двигуни. Третій шлях полягає в усуненні проміжних передач.

Четвертий шлях – економія електроенергії за рахунок підвищення ефективності виконання технологічного процесу. П'ятий шлях – вибір раціональних режимів роботи й експлуатації електроприводу. Шостий шлях полягає у виборі раціонального типу електроприводу і перехід від нерегульованого електроприводу до регульованого. Сьомий шлях – поліпшення якості електроенергії засобами силової перетворювальної техніки регульованого електроприводу.

### **Питання для самоперевірки**

1. У чому полягає перший шлях реалізації енергозбереження, що стосується найпростішого масового некерованого електроприводу?
2. З чого складаються загальні витрати електроенергії для найпростішого некерованого електроприводу?
3. У чому полягає другий шлях підвищення економічності електроприводу?
4. У чому різниця між звичайними двигунами та енергозберігальними двигунами?
5. Що таке безконтактний вентильний двигун постійного струму?
6. Які типи двигунів є перспективними в електроприводі?
7. У чому полягає третій шлях реалізації енергозбереження?
8. На які три групи поділяються електроприводи за способом передачі механічної енергії від вала двигуна до робочого механізму?
9. Якими причинами обумовлене використання перспективного багатодвигунового електроприводу?
10. У чому полягає четвертий шлях реалізації енергозбереження?
11. У чому полягає п'ятий шлях реалізації енергозбереження?
12. Які дії розглядаються під час вибору раціональних режимів роботи й експлуатації електроприводу?
13. Що необхідно враховувати під час збільшення кількості пусків електричних двигунів?



14. У чому полягає напрям енергозбереження для електроприводів з нерегульованими АД?

15. У чому полягає шостий шлях реалізації енергозбереження?

16. Які кроки існують під час вибору раціонального пуску електроприводу для конкретної технологічної установки і переході від нерегульованого електроприводу до регульованого?

17. У чому полягають переваги частотно-регульованого електроприводу від нерегульованого?

18. Як здійснюється регулювання швидкості і моменту у безконтактному вентильному двигуні в електроприводі із синхронними машинами?

19. У чому полягає перевага використання систем ТРН-АД для промислових механізмів, які працюють з частими вмиканнями, вимагаючи реалізацію пускагальмівних режимів?

20. Які системи і заходи необхідно розробити для одержання економічної ефективності з мінімальними витратами?

21. У якому діапазоні частот обертання застосування нерегульованого електроприводу більш раціональне ніж регульованого і чому?

22. У чому полягає сьомий шлях реалізації енергозбереження?

23. У чому полягає шкідливе впливання регульованого електроприводу на мережу електропостачання?

24. Що обумовлює несинусоїдальність напруги і струму?

25. Що таке коефіцієнт несинусоїдальності напруги? І яке його припустиме значення?

26. Які прилади використовують для регулювання якості електроенергії?

27. Під час коливань напруги, особливо в малопотужних електричних системах, як розв'язують проблему їх компенсації?

**Література:**[1, с.43–66; 2, с. 30–42].

### **Тема 3 Енергетичні властивості електроприводів**

Енергетичний канал електроприводу: структура енергетичного каналу; баланс потужностей потоків енергії силового каналу; коефіцієнт корисної дії; узагальнений критерій енергетичної ефективності силового каналу. Енергетичні особливості і характеристики енергетичної ефективності статичних перетворювачів електроенергії. Енергетичні характеристики електромеханічних перетворювачів (нерегульованого електроприводу) у статичному режимі: втрати потужності; коефіцієнт корисної дії електроприводу; коефіцієнт потужності електроприводу. Енергетичні характеристики регульованих електроприводів у статичному режимі: регульований електропривод із ДПС незалежного збудження; регульований електропривод з АД. Втрати електроенергії в перехідних процесах електроприводу і способи їх зниження.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Накресліть структурну схему енергетичного каналу електроприводу.
2. Назвіть три основних показника кожного з елементів кола перетворення енергії.
3. Чим обумовлена миттєва потужність на вході перетворювача і куди надходить енергія, якщо миттєва потужність змінюється за знаком (позитивна або негативна)?
4. Що характеризує активна потужність і чому вона дорівнює?
5. Які відомі три неактивних складових повної потужності?
6. Чим обумовлена реактивна потужність (потужність зсуву) та що розуміється під основною гармонікою струму?
7. Чим обумовлена потужність спотворень?
8. Що враховує потужність несиметрії?
9. Якими потоками енергії керує електроперетворювач?
10. Які електроперетворювачі використовуються у сучасному електроприводі?

11. У якому вигляді накопичується енергія на індуктивностях, на ємностях, на пружних елементах і піднятих над землею масах, на обертових і масах, що лінійно рухаються?
12. Складіть баланс потужностей потоків енергії для силового каналу електроприводу з урахуванням кінетичної енергії мас, що рухаються, вважаючи, що зміна потенціальної енергії в системі не відбувається.
13. Як визначається коефіцієнт корисної дії?
14. Як визначається коефіцієнт корисної дії, якщо робота пристрою оцінюється за період часу, протягом якого потужності на виході і вході постійні?
15. Як визначається коефіцієнт корисної дії зі змінним характером навантаження за цикл роботи  $t_{ц}$ ?
16. Як визначається коефіцієнт корисної дії для послідовного силового каналу, де вихід попереднього елемента є входом наступного?
17. Для чого застосовують узагальнений критерій енергетичної ефективності силового каналу?
18. Якими процесами пов'язана корисна механічна робота, реалізована електроприводом?
19. Запишіть узагальнений критерій енергетичної ефективності для точної вказівки перетину енергетичного каналу ( $i, i+1$ ), елементів каналу, у яких ураховуються втрати, інтервал часу, для якого справедлива оцінка.
20. Які два основних типи перетворювачів застосовуються?
21. Назвіть особливості за своїми енергетичними властивостями статичних напівпровідникових перетворювачів на базі діодів, тиристорів і транзисторів.
22. Які чотири складові містить повна потужність у загальному випадку, коли в трифазному перетворювачі відсутня симетрія навантаження?
23. Що визначає активна потужність  $P$  та яким виразом вона визначається?
24. Чим обумовлена реактивна потужність  $Q_i$  як вона визначається для однієї фази?

25. Чим обумовлена потужність спотворення  $P_c$  та яким виразом вона визначається у загальному випадку?
26. Чим обумовлена потужність несиметрії  $P_{нс}$ ?
27. Надайте вираз повної потужності.
28. Чому дорівнює коефіцієнт потужності трифазного перетворювача і як він може бути виражений через інші енергетичні коефіцієнти?
29. Що характеризує коефіцієнт зсуву і як він визначається для трифазного перетворювача?
30. Що характеризує коефіцієнт спотворень і як він визначається для трифазного перетворювача?
31. Чому дорівнює коефіцієнт спотворень за синусоїдального струму?
32. Що характеризує коефіцієнт несиметрії і як він визначається для трифазного перетворювача?
33. Чим визначаються енергетичні показники електроприводів з напівпровідниковими перетворювачами?
34. Суттєвою позитивною властивістю статичних перетворювачів є менші втрати від першої гармонічної складової струму. Це пояснюється двома причинами, назвіть їх.
35. З яких втрат складаються постійні втрати потужності в електричній машині?
36. З яких втрат складаються постійні втрати в АД?
37. Чим визначаються змінні втрати потужності для ДПС, для АД, для СД?
38. Чому дорівнює коефіцієнт корисної дії електромеханічного перетворювача?
39. Чому дорівнює коефіцієнт потужності електроприводу та на що витрачається активна потужність, реактивна потужність?
40. Які кроки треба виконати для зниження споживання АД реактивної потужності?
41. Під час регулювання швидкості ДПС за допомогою перетворювача необхідно враховувати втрати в перетворювачі. Чим визначаються постійні і змінні

втрати потужності для перетворювача?

42. Назвіть два основних способи зниження втрат електроенергії в перехідних процесах електроприводу.

43. Якими способами можна зменшити момент інерції електроприводу?

44. Як відрізняються втрати енергії за ступінчастим пуском під час розгону порівняно з пуском в один ступінь?

**Література:**[ 1, с. 67–130; 2, с. 9–30].

#### **Тема 4 Розрахунок потужності і теплові режими роботи електроприводу**

Розрахунок потужності і вибір електродвигунів. Перевірка двигунів за нагріванням прямим методом. Перевірка двигунів за нагріванням непрямими методами: метод середніх витрат, метод еквівалентних величин. Особливості перевірки двигунів нагріванням при різних теплових режимах роботи: тривалий режим роботи; короткочасний режим роботи; повторно-короткочасний режим роботи; додаткові режими роботи.

#### **Питання для самоперевірки**

1. У чому недоліки застосування двигунів недостатньої та завищеної потужності?

2. Що таке коефіцієнт завантаження двигуна і як він залежить від ККД системи електроприводу?

3. З урахуванням яких показників проводять вибір електродвигунів?

4. Як розрізняють двигуни за способом вентиляції?

5. Наведіть послідовність вибору двигуна.

6. Що включає в себе навантажувальна діаграма?

7. На які дві групи поділяються навантажувальні діаграми, які пов'язують режим роботи двигуна з технологічним процесом?

8. Для діаграм, у яких статичний момент змінюється за відомим законом, на які чотири основних категорії можуть бути поділені механічні характеристики?

9. Наведіть приклад механізму з постійним статичним моментом.
10. Наведіть приклад механізму, де момент пропорційний частоті обертання.
11. Наведіть приклад механізму, де момент пропорційний квадрату швидкості.
12. Наведіть приклад навантаження, коли максимальна потужність може споживатися за швидкості, що менша за номінальну.
13. Які класи ізоляції застосовуються у сучасних двигунів?
14. У зв'язку з неможливістю проведення точного вивчення теплового режиму роботи двигуна, які припущення зазвичай приймають?
15. Наведіть рівняння теплового балансу двигуна.
16. У чому полягає порядок перевірки двигуна з нагрівання прямим методом?
17. Які існують непрямі методи перевірки двигуна з нагрівання?
18. У чому полягає суть методу середніх витрат?
19. У чому полягає суть методу еквівалентних величин?
20. Які теплові режими роботи двигунів існують?
21. Чим характеризується тривалий режим роботи двигунаS1?
22. Чим характеризується короткочасний режим роботи двигунаS2?
23. Чим характеризується повторно-короткочасний режим роботи двигунаS3?
24. Чим характеризується повторно-короткочасний режим роботи двигуна з частими пускамиS4?
25. Чим характеризується повторно-короткочасний режим роботи двигуна з частими пусками й електричним гальмуваннямS5?
26. Чим характеризується почерговий режим роботи двигунаS6?
27. Чим характеризується почерговий режим роботи двигуна з частими реверсамиS7?
28. Чим характеризується почерговий режим роботи двигуна з двома чи більше кутовими швидкостямиS8?

**Література:**[ 1, с. 131–158].

### **Тема 5 Вибір раціональних режимів роботи й експлуатації технологічних установок і електроприводу**

Економія електроенергії технологічними установками і механізмами: підйомні установки, вентиляторні установки, водовідливні установки, компресорні установки, конвеєрні установки. Вибір раціонального способу і діапазону регулювання швидкості електроприводу залежно від технологічних умов роботи машин і механізмів: регулювання продуктивності вентиляторних установок і вимоги до електроприводу, керування продуктивністю насосних установок, регулювання швидкості конвеєрних установок, регулювання швидкості вантажопідйомних машин. Підвищення завантаження електроприводу. Виключення режиму неробочого ходу.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Які шляхи економії електроенергії в підйомних установках?
2. Як одержати оптимальну діаграму швидкості?
3. Що є недоліком реостатних систем керування роботою підйому?
4. Назвіть причини низьких енергетичних показників вентиляторів.
5. Які шляхи економії електроенергії у вентиляторних установках?
6. Чим досягається підвищення експлуатаційного ККД вентиляторних установок?
7. Назвіть шляхи економії електроенергії у водовідливних установках.
8. За рахунок чого можна підвищити ККД трубопроводу?
9. Назвіть шляхи економії електроенергії у компресорних установках.
10. Які заходи необхідно здійснювати щодо підвищення ефективності роботи компресорних установок, щоб не відбувалося зниження ККД компресорів?
11. Назвіть шляхи економії електроенергії у конвеєрних установках.
12. За якого коефіцієнта навантаження необхідна заміна на двигун меншої потужності?

13. За якого коефіцієнта навантаження доцільність заміни на двигун меншої потужності має бути підтверджена зменшенням сумарних втрат енергії в двигуні й у мережі?

14. Чому режим неробочого ходу є економічно недоцільним?

15. Що визначає коефіцієнт підвищення втрат  $k_{\epsilon}$ , кВт/квар, і як його визначають?

16. Чому дорівнюють втрати активної потужності у трифазних лініях?

17. Чому дорівнюють втрати енергії у трифазних лініях?

**Література:**[1, с. 159–194; 2, с. 43–87; 3, с. 12–64].

### **Тема 6 Вибір раціонального типу електроприводу**

Аналіз умов експлуатації електроприводу. Вибір системи електроприводу. Енергозберігальні аспекти застосування частотно-регульованого електроприводу. Приклади використання частотно-регульованого електроприводу: керування потоком рідини і газу, переміщення матеріалів, регулювання швидкості для підвищення якості і точності під час механічного оброблення матеріалів. Тенденції розвитку сучасного електроприводу.

#### **Питання для самоперевірки**

1. Що містить у собі вибір раціонального типу електроприводу для конкретної технологічної установки?

2. Які три категорії містять у собі умовні позначення кліматичних виконань виробів?

3. У чому полягає розв'язання проблеми комплексної поточної діагностики і моніторингу устаткування?

4. Вимоги до електроприводу розробляються на підставі вимог технологічного процесу з урахуванням умов експлуатації. Що при цьому необхідно визначити, встановити?

5. Як можна класифікувати системи регулювання швидкості на змінному струмі за енергетичним принципом?



6. Охарактеризуйте системи з регулюванням кількості підведеної до електродвигуна енергії.
7. Охарактеризуйте системи з втратою енергії ковзання.
8. Охарактеризуйте системи з рекуперацією енергії ковзання.
9. Під час вибору типу електроприводу перевагу варто віддавати системам електроприводу змінного струму, з яких причин?
10. Для яких випадків може бути виправдано використання приводів постійного струму?
11. Назвіть переваги використання вентильного двигуна.
12. Назвіть переваги частотно-регульованого асинхронного приводу.
13. Завдяки чому досягається технічний і економічний ефект під час використання частотно-регульованого електроприводу?
14. Назвіть сферу застосування частотно-регульованого електроприводу.
15. Для яких потужностей для попереднього оцінювання варто брати ККД рівним 80–85% або 90–95% для частотно-регульованого електроприводу?
16. За яких швидкостях і за який період часу заощадження енергії за допомогою частотно-регульованого електроприводу збільшується?
17. Завдяки чому енергія, що розсіюється традиційними елементами регулювання під час досягнення малих потоків, може бути заощаджена під час керування потоком рідини і газу?
18. Наведіть приклади машин для переміщення матеріалів.
19. Назвіть переваги асинхронних двигунів порівняно з двигунами постійного струму під час використання їх у машинах для переміщення матеріалів.
20. Як регулюється швидкість у шунтових двигунах постійного струму? Назвіть недоліки такого приводу.
21. Для круглого шліфувальника точне регулювання швидкості може бути досягнуто використанням системи частотно-регульованого приводу, що складається з окремих двигунів для кожного точильного колеса, які живляться

від спільного перетворювача частоти. У яких випадках використовують синхронні двигуни, а в яких – асинхронні двигуни?

22. Що застосовують для поліпшення якості енергоспоживання, підвищення коефіцієнта потужності, зниження встановленої потужності та вартості перетворювача під час використання промислових перетворювачів енергії за схемою трифазний випрямляч–трифазний автономний інвертор напруги?

23. Назвіть переваги перетворювачів частоти на повністю керованих силових ключах (матричних перетворювачів).

24. Назвіть тенденції розвитку сучасного електроприводу.

25. Чому неухильно знижується частка систем приводу з двигунами постійного струму і збільшується частка систем приводу з двигунами змінного струму?

26. У зв'язку з чим частка частотно-регульованих асинхронних електроприводів швидко збільшується?

27. Що є альтернативою колекторним електроприводам постійного струму?

28. Електроприводом XXI століття за прогнозами більшості фахівців стане привод на основі вентиляно-індукторного двигуна – ВІД. Назвіть його переваги.

29. Який діапазон регулювання швидкості за відносно низької швидкодії потрібний для більшості масових застосувань приводу (насосів, вентиляторів, конвеєри, компресори тощо)?

30. На які машини, механізми орієнтовані приводи із прямим цифровим керуванням моментом? Що є відмінною рисою цих приводів?

31. Які найсучасніші алгоритми керування інверторами забезпечують універсальні генератори періодичних сигналів?

32. Збільшення обчислювальних можливостей вбудованих систем керування приводами супроводжується розширенням їх функцій, наприклад, яких?

33. Який інтерфейс поступово стає стандартом для розподілених систем керування на електричному транспорті і в робототехніці?

34. Що використовують у системах бездатчикового керування для оцінювання механічних координат приводу (положення, швидкості, прискорення)?

35. У разі збільшення можливостей мікропроцесорної техніки, що виявляється можливим і економічно доцільним для масового виробництва виробів з обсягом випуску не менш 10000 штук на рік?

36. Основні витрати під час розробки систем керування приводами припадають не на створення апаратної частини, а на що?

**Література:**[1, с. 214–255; 2, с.89–132].

### **3 ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ**

#### **Змістовний модуль 1**

1. Що таке енергозбереження?
2. Які існують види видобутку енергії?
3. Що є основою електроенергетики України?
4. Наведіть загальне визначення енергії та одиницю вимірювання електроенергії.
5. Назвіть основні величини і параметри, за допомогою яких можна охарактеризувати електричну енергію.
6. Що таке втрати електроенергії?
7. Що таке номінальні втрати, що таке додаткові втрати?
8. Назвіть особливості електричної енергії.
9. Які існують енергозберігальні заходи під час передачі електроенергії?
10. Скільки відсотків усієї споживаної електроенергії припадає на частку електроприводу?
11. Назвіть процеси, що впливають на енергозбереження в електроприводі та визначальні тенденції його розвитку.

12. У чому полягає перший шлях реалізації енергозбереження, що стосується найпростішого масового некерованого електроприводу?
13. Із чого складаються загальні витрати електроенергії для найпростішого некерованого електроприводу?
14. У чому полягає другий шлях підвищення економічності найпростішого некерованого електроприводу?
15. У чому різниця між звичайними двигунами та енергозберігальними двигунами?
16. Що таке безконтактний вентильний двигун постійного струму?
17. Які типи двигунів є перспективними в електроприводі?
18. У чому полягає третій шлях реалізації енергозбереження?
19. На які три групи поділяються електроприводи за способом передачі механічної енергії від вала двигуна до робочого механізму?
20. Якими причинами обумовлене використання перспективного багатодвигунового електроприводу?
21. У чому полягає четвертий шлях реалізації енергозбереження?
22. У чому полягає п'ятий шлях реалізації енергозбереження?
23. Які дії розглядаються під час вибору раціональних режимів роботи й експлуатації електроприводу?
24. Що необхідно враховувати під час збільшення кількості пусків електричних двигунів?
25. У чому полягає напрям енергозбереження для електроприводів з нерегульованими АД?
26. У чому полягає шостий шлях реалізації енергозбереження?
27. Які кроки існують під час вибору раціонального пуску електроприводу для конкретної технологічної установки і переході від нерегульованого електроприводу до регульованого?
28. У чому полягають переваги частотно-регульованого електроприводу від нерегульованого?

29. Як здійснюється регулювання швидкості і моменту у безконтактному вентильному двигуні в електроприводі з синхронними машинами?
30. У чому полягає перевага використання систем ТРН-АД для промислових механізмів, які працюють з частими вмиканнями, вимагаючи реалізацію пускогальмівних режимів?
31. Які системи і заходи необхідно розробити для одержання економічної ефективності з мінімальними витратами?
32. У якому діапазоні частот обертання застосування нерегульованого електропривода більш раціональне ніж регульованого і чому?
33. У чому полягає сьомий шлях реалізації енергозбереження?
34. У чому полягає шкідливий вплив регульованого електроприводу
35. на мережу електропостачання?
36. Що обумовлює несинусоїдальність напруги і струму?
37. Що таке коефіцієнт несинусоїдальності напруги? І яке його припустиме значення?
38. Які прилади використовують для регулювання якості електроенергії?
39. Під час коливань напруги, особливо в малопотужних електричних системах, як розв'язують проблему їх компенсації?
40. Накресліть структурну схему енергетичного каналу електроприводу.
41. Назвіть три основних показника кожного з елементів кола перетворення енергії.
42. Чим обумовлена миттєва потужність на вході перетворювача і куди надходить енергія, якщо миттєва потужність змінюється за знаком (позитивна або негативна)?
43. Що характеризує активна потужність і чому вона дорівнює?
44. Які відомі три неактивних складових повної потужності?
45. Чим обумовлена реактивна потужність (потужність зсуву) і що розуміється під основною гармонікою струму?
46. Чим обумовлена потужність спотворень?
47. Що враховує потужність несиметрії?

48. Якими потоками енергії керує електроперетворювач?

49. Які електроперетворювачі використовуються у сучасному електроприводі?

50. У якому вигляді накопичується енергія на індуктивностях, на ємностях, на пружних елементах і піднятих над землею масах, на обертових і масах, що лінійно рухаються?

51. Складіть баланс потужностей потоків енергії для силового каналу електроприводу з урахуванням кінетичної енергії мас, що рухаються, вважаючи, що зміна потенціальної енергії в системі не відбувається.

52. Як визначається коефіцієнт корисної дії?

53. Як визначається коефіцієнт корисної дії, якщо робота пристрою оцінюється за період часу, протягом якого потужності на виході та вході постійні?

54. Як визначається коефіцієнт корисної дії зі змінним характером навантаження за цикл роботи  $t_{\text{ц}}$ ?

55. Як визначається коефіцієнт корисної дії для послідовного силового каналу, де вихід попереднього елемента є входом наступного?

56. Для чого застосовують узагальнений критерій енергетичної ефективності силового каналу?

57. Якими процесами пов'язана корисна механічна робота, реалізована електроприводом?

58. Запишіть узагальнений критерій енергетичної ефективності для точної вказівки перетину енергетичного каналу  $(i, i+1)$ , елементів каналу, у яких ураховуються втрати, інтервал часу для якого справедлива оцінка.

59. Які два основних типи перетворювачів застосовуються?

60. Назвіть особливості за своїми енергетичними властивостями статичних напівпровідникових перетворювачів на базі діодів, тиристорів і транзисторів.

61. Які чотири складові містить повна потужність у загальному випадку, коли в трифазному перетворювачі відсутня симетрія навантаження?

62. Що визначає активна потужність  $P$  та яким виразом вона визначається?
63. Чим обумовлена реактивна потужність  $Q_i$  як вона визначається для однієї фази?
64. Чим обумовлена потужність спотворення  $P_c$  та яким виразом вона визначається у загальному випадку?
65. Чим обумовлена потужність несиметрії  $P_{нс}$ ?
66. Надайте вираз повної потужності.
67. Чому дорівнює коефіцієнт потужності трифазного перетворювача і як він може бути виражений через інші енергетичні коефіцієнти?
68. Що характеризує коефіцієнт зсуву і як він визначається для трифазного перетворювача?
69. Що характеризує коефіцієнт спотворень і як він визначається для трифазного перетворювача?
70. Чому дорівнює коефіцієнт спотворень за синусоїдального струму?
71. Що характеризує коефіцієнт несиметрії і як він визначається для трифазного перетворювача?
72. Чим визначаються енергетичні показники електроприводів з напівпровідниковими перетворювачами?
73. Суттєвою позитивною властивістю статичних перетворювачів є менші втрати від першої гармонічної складової струму. Це пояснюється двома причинами, назвіть їх.
74. З яких втрат складаються постійні втрати потужності в електричній машині?
75. З яких втрат складаються постійні втрати в АД?
76. Чим визначаються змінні втрати потужності для ДПС, для АД, для СД?
77. Чому дорівнює коефіцієнт корисної дії електромеханічного перетворювача?
78. Чому дорівнює коефіцієнт потужності електроприводу та на що витрачається активна потужність, реактивна потужність?
79. Які кроки треба виконати для зниження споживання АД реактивної

потужності?

80. Під час регулювання швидкості ДПС за допомогою перетворювача необхідно враховувати втрати в перетворювачі. Чим визначаються постійні і змінні втрати потужності для перетворювача?

81. Назвіть два основних способи зниження втрат електроенергії в перехідних процесах електроприводу.

82. Якими способами можна зменшити момент інерції електроприводу?

83. Як відрізняються втрати енергії зі ступінчастим пуском під час розгону порівняно з пуском в один ступінь?

84. У чому недоліки застосування двигунів недостатньої та завищеної потужності?

85. Що таке коефіцієнт завантаження двигуна і як він залежить від ККД системи електроприводу?

86. З урахуванням яких показників проводять вибір електродвигунів?

87. Як розрізняють двигуни за способом вентиляції?

88. Наведіть послідовність вибору двигуна.

89. Що включає в себе навантажувальна діаграма?

90. На які дві групи поділяються навантажувальні діаграми, які пов'язують режим роботи двигуна з технологічним процесом?

91. Для діаграм, у яких статичний момент змінюється за відомим законом, на які чотири основних категорії можуть бути поділені механічні характеристики?

92. Наведіть приклад механізму з постійним статичним моментом.

93. Наведіть приклад механізму, де момент пропорційний частоті обертання.

94. Наведіть приклад механізму, де момент пропорційний квадрату швидкості.

95. Наведіть приклад навантаження, коли максимальна потужність може споживатися за швидкості, що менша за номінальну.

96. Які класи ізоляції застосовуються у сучасних двигунів?



97. У зв'язку з неможливістю проведення точного вивчення теплового режиму роботи двигуна, які припущення зазвичай приймають?
98. Наведіть рівняння теплового балансу двигуна.
99. У чому полягає порядок перевірки двигуна з нагрівання прямим методом?
100. Які існують непрямі методи перевірки двигуна з нагрівання?
101. У чому полягає суть методу середніх витрат?
102. У чому полягає суть методу еквівалентних величин?
103. Які теплові режими роботи двигунів існують?
104. Чим характеризується тривалий режим роботи двигуна S1?
105. Чим характеризується короткочасний режим роботи двигуна S2?
106. Чим характеризується повторно-короткочасний режим роботи двигуна S3?
107. Чим характеризується повторно-короткочасний режим роботи двигуна з частими пусками S4?
108. Чим характеризується повторно-короткочасний режим роботи двигуна з частими пусками й електричним гальмуванням S5?
109. Чим характеризується почерговий режим роботи двигуна S6?
110. Чим характеризується почерговий режим роботи двигуна з частими реверсами S7?
111. Чим характеризується почерговий режим роботи двигуна з двома чи більш кутовими швидкостями S8?

## **Змістовний модуль 2**

1. Які шляхи економії електроенергії в підйомних установках?
2. Як одержати оптимальну діаграму швидкості?
3. Що є недоліком реостатних систем керування роботою підйому?
4. Назвіть причини низьких енергетичних показників вентиляторів.
5. Які шляхи економії електроенергії у вентиляторних установках?
6. Чим досягається підвищення експлуатаційного ККД вентиляторних установок?

7. Назвіть шляхи економії електроенергії у водовідливних установках.
8. За рахунок чого можна підвищити ККД трубопроводу?
9. Назвіть шляхи економії електроенергії у компресорних установках.
10. Які заходи необхідно здійснювати щодо підвищення ефективності роботи компресорних установок, щоб не відбувалося зниження ККД компресорів?
11. Назвіть шляхи економії електроенергії у конвеєрних установках.
12. За якого коефіцієнта навантаження необхідна заміна на двигун меншої потужності?
13. За якого коефіцієнта навантаження доцільність заміни на двигун меншої потужності має бути підтверджена зменшенням сумарних втрат енергії в двигуні й у мережі?
14. Чому режим неробочого ходу є економічно недоцільним?
15. Що визначає коефіцієнт підвищення втрат  $k_{e,кВт/квар}$  і як його визначають?
16. Чому дорівнюють втрати активної потужності у трифазних лініях?
17. Чому дорівнюють втрати енергії у трифазних лініях?
18. Що містить у собі вибір раціонального типу електроприводу для конкретної технологічної установки?
19. Які три категорії містять у собі умовні позначення кліматичних виконань виробів?
20. У чому полягає розв'язання проблеми комплексної поточної діагностики і моніторингу устаткування?
21. Вимоги до електроприводу розробляються на підставі вимог технологічного процесу з урахуванням умов експлуатації. Що при цьому необхідно визначити, встановити?
22. Як можна класифікувати системи регулювання швидкості на змінному струмі за енергетичним принципом?
23. Охарактеризуйте системи з регулюванням кількості підведеної до електродвигуна енергії.

24. Охарактеризуйте системи з втратою енергії ковзання.
25. Охарактеризуйте системи з рекуперацією енергії ковзання.
26. Під час вибору типу електроприводу перевагу варто віддавати системам електроприводу змінного струму, з яких причин?
27. Для яких випадків може бути виправдано використання приводів постійного струму?
28. Назвіть переваги використання вентильного двигуна.
29. Назвіть переваги частотно-регульованого асинхронного приводу.
30. Завдяки чому досягається технічний і економічний ефект під час використання частотно-регульованого електроприводу?
31. Назвіть сферу застосування частотно-регульованого електропривода.
32. Для яких потужностей для попереднього оцінювання варто брати ККД рівним 80–85% або 90–95% для частотно-регульованого електроприводу?
33. За яких швидкостях і за який період часу заощадження енергії за допомогою частотно-регульованого електроприводу збільшується?
34. Завдяки чому енергія, що розсіюється традиційними елементами регулювання під час досягнення малих потоків, може бути заощаджена під час керування потоком рідини і газу?
35. Наведіть приклади машин для переміщення матеріалів.
36. Назвіть переваги асинхронних двигунів порівняно з двигунами постійного струму під час використання їх у машинах для переміщення матеріалів.
37. Як регулюється швидкість у шунтових двигунах постійного струму? Назвіть недоліки такого приводу.
38. Для круглого шліфувальника точне регулювання швидкості може бути досягнуто використанням системи частотно-регульованого приводу, що складається з окремих двигунів для кожного точильного колеса, які живляться від спільного перетворювача частоти. У яких випадках використовують синхронні двигуни, а в яких – асинхронні двигуни?

39. Що застосовують для поліпшення якості енергоспоживання, підвищення коефіцієнта потужності, зниження встановленої потужності та вартості перетворювача під час використання промислових перетворювачів енергії за схемою трифазний випрямляч–трифазний автономний інвертор напруги?

40. Назвіть переваги перетворювачів частоти на повністю керованих силових ключах (матричних перетворювачів).

41. Назвіть тенденції розвитку сучасного електроприводу.

42. Чому неухильно знижується частка систем приводу з двигунами постійного струму і збільшується частка систем приводу з двигунами змінного струму?

43. У зв'язку з чим частка частотно-регульованих асинхронних електроприводів швидко збільшується?

44. Що є альтернативою колекторним електроприводам постійного струму?

45. Електроприводом XXI століття за прогнозами більшості фахівців стане привод на основі вентиляно-індукторного двигуна – ВІД. Назвіть його переваги.

46. Який діапазон регулювання швидкості за відносно низької швидкодії потрібний для більшості масових застосувань приводу (насосів, вентиляторів, конвеєри, компресори тощо)?

47. На які машини, механізми орієнтовані приводи із прямим цифровим керуванням моментом? Що є відмінною рисою цих приводів?

48. Які найсучасніші алгоритми керування інверторами забезпечують універсальні генератори періодичних сигналів?

49. Збільшення обчислювальних можливостей вбудованих систем керування приводами супроводжується розширенням їх функцій, наприклад, яких?

50. Який інтерфейс поступово стає стандартом для розподілених систем керування на електричному транспорті і в робототехніці?

51. Що використовують у системах бездатчикового керування для оцінювання механічних координат приводу (положення, швидкості, прискорення)?

52. У разі збільшення можливостей мікропроцесорної техніки що виявляється можливим і економічно доцільним для масового виробництва виробів з обсягом випуску не менш 10000 штук на рік?

53. Основні витрати під час розробки систем керування приводами припадають не на створення апаратної частини, а на що?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

### Основна

1. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода: навчальний посібник / О.М. Закладний, А. В. Праховник, О.І. Соловей. – К.: Кондор, 2005. – 408 с.
2. Ильинский Н.Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Н.Ф. Ильинский, В.В. Москаленко. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 208 с.
3. Энергосбережение на промышленных предприятиях: учебное пособие / Под ред. проф. М.И. Яворского. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 134 с.
4. Жежеленко И.В. и др. Эффективные режимы работы электротехнологических установок / И.В. Жежеленко и др. – К.: Техніка, 1987. – 183 с.
5. Ильинский Н.Ф. Энергосбережение в электроприводе / Н.Ф. Ильинский. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 127 с.

### Додаткова

1. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита / В.М. Фокин. – М.: Изд-во Машиностроение-1, 2006. – 256 с.
2. Юдасин Л. С. Энергетика: проблемы и надежды / Л. С. Юдасин. – М.: Просвещение, 1990. – 207 с.
3. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навчальний посібник / Ю.І. Бакалін. – [3-є вид., перероб та допов.]. – Харків: БУРУН і К, 2006. – 320 с.
4. Гительман Л.Д. Эффективная энергокомпания. Экономика. Менеджмент. Реформирование / Л.Д. Гительман, Б.Е. Ратников. – М.: ЗАО Олимп-бизнес, 2002. – 544 с.
5. Данилов О.Л. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов / О.Л. Данилов, П.А. Костюченко. – М.: АСВ, 2006. – 668 с.
6. Данилов Н.И. Основы энергосбережения / Н. И. Данилов, Я. М. Щелоков. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 564 с.

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Енергоефективні технології в промисловості і комунальних об'єктах (частина 1)» зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (денної та заочної форм навчання) за спеціалізаціями: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод», «Електромеханічне обладнання енергоємних виробництв», «Електричні машини і апарати», «Електротехнічні системи електроспоживання», «Енергетичний менеджмент»

Укладачі: к.т.н., доц. С.А.Сергієнко,

старш. викл. Г. Г. Юдіна

Відповідальний за випуск зав. кафедри САУЕ д. т. н., проф. Д. Й. Родькін

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