

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
«ЕЛЕМЕНТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА»
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 «Елементи автоматизованого електропривода» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» освітнього ступеня «Бакалавр»

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

к. т. н., доц. А. П. Калінов

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.....	8
3 Питання до модульного контролю.....	24
Список літератури.....	37

ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Елементи автоматизованого електропривода» є отримання майбутніми спеціалістами у галузі автоматизованого електропривода фундаментальних знань про властивості та характеристики основних елементів, які є складовими частинами систем автоматизованого електропривода.

Завданнями навчальної дисципліни «Елементи автоматизованого електропривода» є придбання знань, які дозволяють майбутньому інженеру правильно вибрати та застосувати як окремі елементи, так і системи електропривода загалом, отримання навичок у роботі з елементами систем курування і автоматики, силовими перетворювальними пристроями у межах систем автоматизованого електропривода.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- характеристики, структурні схеми та функціональні властивості елементів автоматизованого електропривода;
- будову, основні технічні характеристики та параметри елементів, які складають керуючу, вимірювальну і перетворюючу техніку електропривода;
- будову систем збору та обробки даних;
- принципи дії та характеристики датчиків швидкості, кута повороту, положення;
- характеристики і принцип дії датчиків струму та напруги, магнітного потоку;
- особливості вимірювання температури і вібрації;
- класифікацію та характеристики силових елементів автоматизованого електропривода;
- принципи керування силовими ключами систем імпульсно-фазного керування;

– принцип дії та характеристики перетворювачів постійного і змінного струму;

– схеми і режими роботи широтно-імпульсних перетворювачів постійного струму, перетворювачів частоти, тиристорних регуляторів напруги;

уміти:

– визначити потрібні для одержання необхідних властивостей електропривода характеристики його складових елементів;

– розрахувати та вибирати за каталогами необхідні елементи систем автоматизованого електропривода, елементи гальванічної розв'язки, перетворювальні елементи та ін.;

– визначати швидкість обертання за допомогою електромашинного та фотоелектричного датчиків швидкості;

– вимірювати струм і напругу за допомогою датчиків, розраховувати якісні показники струму та напруги;

– працювати з системою імпульсно-фазового керування тиристорами;

– вибирати елементи систем керування силовими перетворювачами.

Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Елементи автоматизованого електропривода» містять перелік лекційного матеріалу, контрольні питання 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 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				сем.	усього	у тому числі				сем.
		лк.	лр.	пр.	с. р.			лк.	лр.	пр.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 1 Вимірювальні перетворювачі механічних та електричних параметрів електромеханічних систем												
Тема 1 Вступ. Поняття та класифікації елементів автоматизованого електропривода	17	3	-	-	14	5	16,5	0,5	-	-	16	6
Тема 2 Вимірювальні перетворювачі швидкості обертання вузлів електромеханічних систем	27	3	4	2	18	5	23	1	1	1	20	6
Тема 3 Вимірювальні перетворювачі електричних параметрів електромеханічних систем	29	3	4	6	16	5	21,5	1	1	1,5	18	6
Усього за змістовим модулем 1	73	9	8	8	48		61	2,5	2	2,5	54	
Змістовий модуль 2 Вимірювальні перетворювачі неелектричних параметрів електромеханічних систем												
Тема 4 Вимірювальні перетворювачі неелектричних параметрів у електромеханічних системах	30	4	4	4	18	5	32,5	1	2	1,5	28	6
Тема 5 Методи зменшення шумів і перешкод у системах автоматизованого електропривода	17	3	-	-	14	5	26,5	0,5	-	-	26	6
Усього за змістовим модулем 2	47	7	4	4	32		59	1,5	2	1	54	
Усього годин за семестр	120	16	12	12	80		120	4	4	4	108	

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі				сем.	усього	у тому числі				сем.
		лк.	лр.	пр.	с.р.			лк.	лр.	пр.	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Змістовий модуль 3 Силові елементи систем автоматизованого електропривода												
Тема 6 Силові елементи в системах АЕП. Тиристорні перетворювачі напруги	21	3	2	2	14	6	21,5	0,5	0,5	0,5	20	7
Тема 7 Транзисторні перетворювачі напруги	25	3	4	2	16	6	24,5	1	1	0,5	22	7
Тема 8 Режими роботи напівпровідникових елементів	17	2	2	3	10	6	14	0,5	0,5	1	12	7
Усього за змістовим модулем 3	63	8	8	7	40		60	2	2	2	54	
Змістовий модуль 4 Режими роботи напівпровідникових перетворювачів енергії												
Тема 9 Елементи захисту транзисторних перетворювачів енергії	22	3	2	3	14	6	23	1	1	1	20	7
Тема 10 Нагрівання та теплові параметри напівпровідникових елементів	16	2	2	-	12	6	17,5	0,5	1	-	16	7
Тема 11 Перетворювачі частоти	19	3	-	2	14	6	19,5	0,5	-	1	18	7
Усього за змістовим модулем 4	57	8	4	5	40		60	2	2	2	54	
Усього годин за семестр	120	16	12	12	80		120	4	4	4	108	
Усього годин	240	32	24	24	160		240	8	8	8	216	

2 ПЕРЕЛІК ТЕМ І ПИТАНЬ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Тема 1 Вступ. Поняття та класифікації елементів автоматизованого електропривода

Силкові елементи систем автоматизованого електропривода. Елементи керування систем автоматизованого електропривода. Датчики електромагнітних змінних. Датчики механічних величин. Датчики технологічних змінних. Електричні виміри неелектричних величин.

Питання для самоперевірки

1. Надайте визначення понять «автоматизований електропривод» та «елемент автоматизованого електропривода».
2. Наведіть узагальнену структурну схему автоматизованого електропривода та надайте характеристику його складових елементів.
3. Як поділяють елементи автоматизованого електропривода за енергетичними ознаками?
4. Надайте характеристику силових елементів автоматизованого електропривода.
5. Охарактеризуйте елементи керування автоматизованого електропривода.
6. Поясніть різницю між регульованими та нерегульованими перетворювачами напруги.
7. Як відбувається перетворення енергії в регульованих перетворювачах напруги?
8. Наведіть класифікацію напівпровідникових перетворювачів, що використовуються в автоматизованих електроприводах.
9. Надайте визначення поняття «датчик» та поясніть його призначення в автоматизованому електроприводі.
10. Як уніфікуються вихідні сигнали датчиків?
11. Охарактеризуйте датчики електромагнітних змінних.
12. Надайте характеристику датчиків механічних величин.
13. Наведіть класифікацію датчиків параметрів руху.

14. Поясніть принципи дії датчиків зусилля та датчиків деформацій.

15. Охарактеризуйте датчики технологічних змінних. Які змінні вони дозволяють контролювати?

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

Тема 2 Вимірювальні перетворювачі швидкості обертання вузлів електромеханічних систем

Електромашинні датчики швидкості. Перетворення аналогових сигналів на дискретні. Імпульсні тахометри кутової швидкості. Енкодери. Естиматори. Характеристики та особливості застосування.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть класифікацію найбільш розповсюджених датчиків швидкості.
2. Надайте визначення поняття «тахогенератор». Наведіть вихідну характеристику тахогенератора.
3. Перелічіть вимоги до тахогенераторів.
4. Охарактеризуйте тахогенератори постійного струму. Наведіть їх вихідну характеристику.
5. Поясніть наявність пульсацій у вихідній напрузі тахогенераторів постійного струму.
6. Наведіть переваги та недоліки тахогенераторів постійного струму.
7. Надайте характеристику синхронних тахогенераторів. Наведіть їх вихідну характеристику.
8. Перелічіть переваги та недоліки синхронних тахогенераторів.
9. Поясніть принцип дії асинхронних тахогенераторів. Наведіть їх вихідну характеристику.
10. Наведіть переваги та недоліки асинхронних тахогенераторів.
11. Як здійснюється перетворення аналогових сигналів на дискретні сигнали?
12. Поясніть принцип дії імпульсних тахометрів кутової швидкості.
13. Наведіть класифікацію імпульсних датчиків швидкості.

14. Поясніть принцип дії фотоімпульсного датчика швидкості, який працює на відображення.
15. Як відбувається вимірювання швидкості в щілинних оптичних датчиках?
16. Наведіть характерні відмінності імпульсних енкодерних датчиків від оптичних і щілинних.
17. Як здійснюється перетворення вихідного дискретного сигналу оптичних датчиків на аналоговий сигнал?
18. Як може бути визначений коефіцієнт передачі оптичного датчика швидкості?
19. Надайте визначення поняття «енкодер».
20. Наведіть класифікацію енкодерів. Як вони розділяються за принципом дії?
21. Охарактеризуйте принцип дії інкрементальних енкодерів.
22. Наведіть можливі схеми підключення вихідних кіл інкрементальних енкодерів.
23. Поясніть принцип вимірювання швидкості абсолютними енкодерами.
24. Охарактеризуйте різницю між інкрементальними та абсолютними енкодерами.
25. Охарактеризуйте вихідний сигнал абсолютних енкодерів.
26. Наведіть переваги та недоліки абсолютних енкодерів.
27. Як розподіляються абсолютні енкодери?
28. Надайте характеристику однообертових та багатообертових абсолютних енкодерів.

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

Тема 3 Вимірювальні перетворювачі електричних параметрів електромеханічних систем

Резистивні датчики. Датчики, основані на ефекті Холла. Трансформаторні датчики. Котушки Роговського. Структура системи вимірювань. Вимірювання

сигналів із ШІМ. Особливості роботи та характеристики. Датчики магнітного потоку. Естиматори магнітного потоку.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть необхідність вимірювання сигналів струму та напруги в системах автоматизованого електропривода.
2. Наведіть класифікацію датчиків струму та напруги.
3. Як здійснюється вимірювання струму за допомогою резистивних датчиків?
4. Перелічіть переваги та недоліки резистивних датчиків струму.
5. Охарактеризуйте принципи вимірювання напруги з допомогою резистивних датчиків.
6. Надайте характеристику резистивного подільника напруги. Наведіть коефіцієнт перетворення резистивного подільника на постійному та змінному струмі.
7. Як здійснюється вимірювання напруги за допомогою конденсаторного подільника?
8. Як змінюється коефіцієнт перетворення конденсаторного подільника напруги залежно від частоти?
9. Надайте характеристику індуктивного подільника напруги. Наведіть його коефіцієнт перетворення.
10. Надайте порівняльну характеристику резистивних, конденсаторних та індуктивних подільників напруги.
11. Як забезпечується гальванічна ізоляція вихідних сигналів резистивних датчиків?
12. Поясніть принцип дії магніторезистивних датчиків струму.
13. Поясніть принцип дії датчиків струму та напруги, оснований на ефекті Холла.
14. Надайте характеристику датчиків струму прямого підсилення. Наведіть структурну схему цього типу датчиків.

15. Охарактеризуйте датчики струму компенсаційного типу. Наведіть його структурну схему.
16. Наведіть приклади датчиків струму, основаних на ефекті Холла.
17. Як відбувається вимірювання напруги за допомогою датчиків на основі ефекту Холла?
18. Наведіть структурну схему датчика напруги компенсаційного типу.
19. Перелічіть переваги та недоліки датчиків струму та напруги, основаних на ефекті Холла.
20. Як забезпечується вимірювання струму за допомогою трансформаторних датчиків?
21. Наведіть класифікацію трансформаторів струму.
22. Поясніть принцип вимірювання напруги за допомогою трансформаторних датчиків.
23. Наведіть класи точності трансформаторів напруги.
24. Перелічіть переваги та недоліки трансформаторних датчиків струму та напруги.
25. Як здійснюється вимірювання струму в котушках Роговського? Укажіть особливості цих датчиків.
26. Поясніть принципи побудови вимірювальних систем параметрів електромеханічних систем.
27. Наведіть структурну схему вимірювального комплексу для використання у навчальному процесі та охарактеризуйте його складові частини.
28. Наведіть структурну схему вимірювального комплексу з підвищеною точністю вимірювань та охарактеризуйте його складові частини.
29. Наведіть структурну схему вимірювального комплексу для використання у промислових умовах та охарактеризуйте його складові частини.
30. Як може бути забезпечене вимірювання сигналів струму та напруги частотно-регульованого електропривода?

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

Тема 4 Вимірювальні перетворювачі неелектричних параметрів у електромеханічних системах

Датчики температури. Виконання металевих та напівпровідникових термісторів. Термоелектричні датчики. Особливості виконання вимірювання температури. Датчики вібрацій. П'єзоелектричні датчики. Тензометричні датчики. Особливості роботи та характеристики.

Питання для самоперевірки

1. Як забезпечується вимірювання неелектричних величин у системах автоматизованого електропривода?
2. Що належить до неелектричних параметрів систем автоматизованого електропривода?
3. Надайте класифікацію датчиків неелектричних величин залежно від явища перетворення неелектричної величини на електричну.
4. Поясніть значення датчиків температури в системах автоматизованого електропривода.
5. Наведіть класифікацію терморезисторів.
6. Охарактеризуйте принцип дії металевих терморезисторів. З яких матеріалів вони виготовляються?
7. Надайте характеристику напівпровідникових терморезисторів.
8. Поясніть принцип дії позисторів.
9. Наведіть структурну схему реалізації теплового захисту електродвигуна на основі позистора.
10. Перелічіть переваги та недоліки позисторів.
11. Поясніть принцип дії термоелектричних датчиків.
12. Наведіть основні схеми ввімкнення термопар.
13. Перелічіть вимоги, що висуваються до датчиків температури.
14. Як забезпечується вимірювання вібрацій електричних машин?
15. Поясніть роботу п'єзоелектричних датчиків.
16. Поясніть різницю між одно- та трикомпонентними датчиками вібрацій.

17. Наведіть приклади датчиків вібрації.
18. Перелічіть вимоги, що висуваються до датчиків вібрацій.
19. Охарактеризуйте принцип дії тензометричних датчиків.
20. Наведіть класифікацію датчиків, що використовують тензочутливий елемент.
21. Перелічіть переваги тензодатчиків.

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

Тема 5 Методи зменшення шумів і перешкод у системах автоматизованого електропривода

Гальванічна розв'язка. Заземлення. Екранування сигнальних проводів

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте необхідність зменшення шумів та перешкод у системах автоматизованого електропривода.
2. Наведіть способи розв'язання проблеми перешкодостійкості в системах автоматизованого електропривода.
3. Наведіть основні методи боротьби із шумами та перешкодами.
4. Надайте визначення поняття «кондуктивна перешкода». Поясніть причини її виникнення.
5. Наведіть класифікацію кондуктивних перешкод.
6. Поясніть суть гальванічної розв'язки.
7. Поясніть принцип дії трансформаторної гальванічної розв'язки. Наведіть її недоліки.
8. Як забезпечується оптоелектронна гальванічна розв'язка?
9. Для чого потрібне коректне заземлення у системах автоматизованого електропривода?
10. Надайте визначення понять «заземлення», «плаваюча земля», «захисне заземлення», «загальний провід», «силова земля».
11. Як поділяють сигнальне заземлення?

12. Наведіть приклад виконання заземлення у системі автоматизованого електропривода.

13. Наведіть приклад, що пояснює принцип розподілення провідників заземлення.

14. Як вибирають методи екранування сигнальних проводів?

15. Наведіть приклад заземлення екрана сигнального проводу під час передачі сигналу від віддаленого джерела та за високих частот сигналу.

16. Як відбувається з'єднання екрана у разі розриву сигнального кабелю?

17. Охарактеризуйте загальні правила боротьби із шумами та перешкодами в системах автоматизованого електропривода.

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

Тема 6 Силові елементи в системах АЕП. Тиристорні перетворювачі напруги

Напівпровідникові ключі та методи керування ними. Системи імпульсно-фазного керування. Силова частина тиристорних перетворювачів. Захист напівпровідникових тиристорів.

Питання для самоперевірки

1. Наведіть переваги та недоліки тиристорних перетворювачів напруги.
2. Наведіть класифікацію керованих випрямлячів.
3. Охарактеризуйте експлуатаційні властивості керованих випрямлячів.
4. Поясніть принцип дії тиристорів та наведіть їх класифікацію.
5. Охарактеризуйте особливості роботи симісторів.
6. За якими параметрами відбувається розрахунок та вибір силових напівпровідникових ключів?
7. Як вибирається коефіцієнт запасу? Наведіть рекомендовані значення коефіцієнтів запасу.
8. Наведіть класифікацію методів керування тиристорів.
9. Надайте характеристику амплітудного методу керування тиристорами.

10. Поясніть принципи формування сигналів керування за горизонтального методу керування тиристорами.
11. Наведіть структурну схему системи горизонтального керування тиристорами.
12. Поясніть принципи формування сигналів керування за вертикального методу керування тиристорами.
13. Наведіть структурну схему системи вертикального керування тиристорами.
14. Як можна змінити момент формування імпульсу керування за вертикального керування?
15. Поясніть принцип дії блока синхронізації та наведіть часові діаграми його роботи.
16. Наведіть схему трансформаторної синхронізації системи керування з мережею живлення.
17. Наведіть схему синхронізації системи керування з мережею живлення за допомогою оптопари.
18. Наведіть структурні схеми однофазних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте їхню характеристику.
19. Наведіть структурні схеми трифазних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте їхню характеристику.
20. Наведіть структурні схеми однофазних тиристорних перетворювачів змінного струму та надайте їхню характеристику.
21. Наведіть структурні схеми трифазних тиристорних перетворювачів змінного струму та надайте їхню характеристику.
22. Охарактеризуйте сигнали струму та напруги тиристорного регулятора напруги за активного та активно-індуктивного навантаження.
23. Поясніть принципи підсилення імпульсів керування за допомогою трансформаторних схем.
24. Наведіть структурну схему оптоелектронного підсилювача імпульсів керування.

25. Поясніть необхідність устанавлення додаткових кіл захисту силових тиристорів.

26. Наведіть типові схеми захисту тиристорів.

27. Як здійснюється розрахунок снаберних кіл тиристорів?

28. Наведіть типові схеми захисту симісторів.

29. Наведіть схеми захисту силових напівпровідникових елементів за допомогою варисторів.

Література: [1, с. 98–125; 2, с. 51–73; 4, с. 201–234].

Тема 7 Транзисторні перетворювачі напруги

Генератори ШІМ сигналів. Принципи керування силовими ключами з використанням спеціальних драйверів. Широтно-імпульсний перетворювач. Схеми реверсивного широтно-імпульсного перетворювача, режими роботи. Схемотехніка силових елементів імпульсних перетворювачів. Драйвери силових транзисторів. Підключення драйверів до вихідних ланцюгів силових транзисторів. Джерела живлення драйверів. Плаваюче керування силовими ключами. Робота бутстрепного каскаду.

Питання для самоперевірки

1. Надайте загальну характеристику імпульсних перетворювачів постійної 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.

7. Поясніть принцип дії паралельного імпульсного перетворювача. Наведіть часові діаграми його роботи.
8. Поясніть принцип дії багатоактних імпульсних перетворювачів напруги.
9. Наведіть приклад реалізації джерела формування сигналу широтно-імпульсної модуляції.
10. Яким чином забезпечується гальванічна ізоляція каналу керування та силової частини імпульсного перетворювача?
11. Надайте характеристику реверсивних імпульсних перетворювачів напруги.
12. Поясніть принцип дії реверсивного імпульсного перетворювача із симетричним законом перемикання силових ключів.
13. Поясніть принцип дії реверсивного імпульсного перетворювача із несиметричним законом перемикання силових ключів.
14. Поясніть принцип дії реверсивного імпульсного перетворювача з почерговим законом перемикання силових ключів.
15. Як визначається середнє значення напруги в реверсивних імпульсних перетворювачах?
16. Як забезпечується захист мостових схем імпульсних перетворювачів напруги від наскрізних струмів?
17. Поясніть формування сигналів керування імпульсним перетворювачем під час керування за принципом «струмового коридору».
18. Надайте характеристику способів керування IGBT транзисторами.
19. Поясніть метод керування транзисторами з використанням бутстрепного каскаду живлення.
20. Наведіть приклади підключення драйверів керування до силових транзисторів.
21. Як визначаються параметри бутстрепного каскаду?
22. Як забезпечується обмеження швидкості перемикання транзисторів?

23. Наведіть переваги та недоліки імпульсних перетворювачів постійної напруги.

Література: [6, с. 153–197; 7, с. 58–78; 8, с. 352–392].

Тема 8 Режими роботи напівпровідникових елементів

Вибір ключового елемента схеми. Вплив температури на параметри силових ключів. Граничні характеристики напівпровідникових ключів. Області безпечних режимів роботи. Потужність утрат у напівпровідникових елементах. Складові потужності втрат. Потужність, що виділяється під час уключення і виключення діодів. Потужність комутаційних утрат тиристорів. Потужність комутаційних утрат транзисторів.

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте можливі причини виникнення утрат енергії під час роботи силових діодів.
2. Охарактеризуйте можливі причини виникнення утрат енергії під час роботи силових тиристорів.
3. Охарактеризуйте можливі причини виникнення утрат енергії під час роботи силових транзисторів.
4. За якими параметрами проводиться вибір силових напівпровідникових ключів?
5. Надайте характеристику траєкторії переміщення робочої точки транзистора для різних типів навантаження.
6. Надайте характеристику додаткових захисних кіл для формування траєкторії ввімкнення транзистора.
7. Надайте характеристику додаткових захисних кіл для формування траєкторії вимкнення транзистора.
8. Поясніть, як здійснюється підключення вихідного кола драйвера керування до вхідного кола силового транзистора.
9. Як забезпечується розділення часу ввімкнення та часу вимкнення силових транзисторів?

10. За якими часовими параметрами характеризуються струмові навантаження транзисторів?

11. Охарактеризуйте перехідні процеси увімкнення та вимкнення силового транзистора під час роботи на активне та активно-індуктивне навантаження.

12. Наведіть вирази для визначення енергії утрат під час увімкнення та вимкнення силового транзистора.

13. Поясніть необхідність формування затримки часу увімкнення та вимкнення у мостових перетворювачах.

14. Як вибираються параметри затворного опору силового транзисторного ключа?

Література: [7, с. 253–263; 9, с. 158–178].

Тема 9 Елементи захисту транзисторних перетворювачів енергії

Вимоги до систем захисту напівпровідникових перетворювачів. Елементи захисту за струмом. Елементи для обмеження перенапруг. Захисні кола силових ключів. Кола формування траєкторії робочої точки транзисторів. Захисні кола силових модулів.

Питання для самоперевірки

1. Надайте характеристику області безпечної роботи транзистора.

2. Перелічіть основні причини виникнення аварійних режимів роботи силових транзисторних перетворювачів напруги.

3. Перелічіть вимоги до систем захисту транзисторних перетворювачів.

4. Поясніть методи захисту силових транзисторів від перенапруги на переході «затвор-емітер».

5. Яка різниця між активним та пасивним методами захисту транзисторів від перенапруги на переході «колектор-емітер»?

6. Поясніть причини виникнення перенапруги в імпульсних перетворювачах енергії.

7. Надайте характеристику застосування RC і RCD-снаберів.

8. Як здійснюється розрахунок снаберних кіл тиристорів?

9. Охарактеризуйте такий метод пасивного захисту як обмеження.

10. Поясніть принцип дії варисторів та можливість їх застосування від перенапруг в імпульсних перетворювачах енергії.

11. Як та за якими параметрами проводиться вибір варисторів для захисту силових транзисторних ключів?

12. Поясніть принцип дії супресорів та можливість їх застосування від перенапруг в імпульсних перетворювачах енергії.

13. Поясніть різницю між однонаправленими та двонаправленими супресорами.

14. Як та за якими параметрами проводиться вибір супресорів для захисту силових транзисторних ключів?

Література: [6, с. 137–162; 7, с. 352–376].

Тема 10 Нагрівання та теплові параметри напівпровідникових елементів

Тепловий режим силових напівпровідникових приладів. Тепловий опір. Перехідний тепловий опір. Розрахунок температури нагріву напівпровідникової структури. Охолодження силових напівпровідникових приладів. Способи охолодження. Порівняння систем охолодження. Теплообмін між твердим тілом і газоподібним середовищем.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть причини нагріву силових напівпровідникових ключів у складі силових перетворювачів енергії.

2. Як визначається електрична потужність, що виділяється у напівпровіднику?

3. Надайте визначення поняття «тепловий опір».

4. Поясніть, як здійснюється розрахунок теплового опору силового напівпровідника.

5. Охарактеризуйте напрям теплового потоку транзистора.

6. Надайте характеристику складових частин у загальному тепловому опорі напівпровідника.

7. Поясніть різницю між поняттями теплового опору та перехідного теплового опору.

8. Охарактеризуйте методи охолодження силових транзисторів.

9. Надайте характеристику природного та примусового охолодження.

10. За якими параметрами проводиться вибір радіаторів охолодження силових транзисторів?

11. Як впливає матеріал радіатора охолодження на відведення тепла від напівпровідникового кристала транзистора?

12. Надайте характеристику методики визначення температури напівпровідникового кристала транзистора.

13. Як визначається коефіцієнт теплообміну транзистора для різних типів охолодження?

Література: [8, с. 172–201; 10, с. 325–362].

Тема 11 Перетворювачі частоти

Силова частина перетворювачів частоти. Безпосередній перетворювач частоти. Перетворювач з автономним інвертором напруги та з автономним інвертором струму. Формування сигналів керування у автономних інверторах напруги. Схемотехніка перетворювачів частоти.

Питання для самоперевірки

1. Перелічіть вимоги, що висуваються до перетворювачів частоти.

2. Наведіть класифікацію перетворювачів частоти.

3. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти.

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

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

6. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти зі штучною комутацією.

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

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

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

10. Як формуються сигнали напруги трифазного автономного інвертора напруги за законом керування з $\alpha = 180^\circ$?

11. Надайте характеристику керування автономним інвертором напруги під час ШПР на основній частоті.

12. Поясніть принципи формування синусоїдної ШІМ на несучій частоті.

13. Як впливає передмодуляція сигналу завдання на вихідні сигнали автономних інверторів напруги?

14. Надайте характеристику алгоритму роботи автономного інвертора напруги під час векторної модуляції.

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

16. Надайте характеристику драйверів керування трифазними інверторами напруги.

Література: [9, с. 115–162; 10, с. 314–337; 11, с. 232–245].

3 ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

Змістовий модуль 1

1. Надайте визначення понять «автоматизований електропривод» та «елемент автоматизованого електропривода».
2. Наведіть узагальнену структурну схему автоматизованого електропривода та надайте характеристику його складових елементів.
3. Як поділяють елементи автоматизованого електропривода за енергетичними ознаками?
4. Надайте характеристику силових елементів автоматизованого електропривода.
5. Охарактеризуйте елементи керування автоматизованого електропривода.
6. Поясніть різницю між регульованими та нерегульованими перетворювачами напруги.
7. Як відбувається перетворення енергії в регульованих перетворювачах напруги?
8. Наведіть класифікацію напівпровідникових перетворювачів, що використовуються в автоматизованих електроприводах.
9. Надайте визначення поняття «датчик» та поясніть його призначення в автоматизованому електроприводі.
10. Як уніфікуються вихідні сигнали датчиків?
11. Охарактеризуйте датчики електромагнітних змінних.
12. Надайте характеристику датчиків механічних величин.
13. Наведіть класифікацію датчиків параметрів руху.
14. Поясніть принципи дії датчиків зусилля та датчиків деформацій.
15. Охарактеризуйте датчики технологічних змінних. Які змінні вони дозволяють контролювати?
16. Наведіть класифікацію найбільш розповсюджених датчиків швидкості.

17. Надайте визначення поняття «тахогенератор». Наведіть вихідну характеристику тахогенератора.
18. Перелічіть вимоги до тахогенераторів.
19. Охарактеризуйте тахогенератори постійного струму. Наведіть їх вихідну характеристику.
20. Поясніть наявність пульсацій у вихідній напрузі тахогенераторів постійного струму.
21. Наведіть переваги та недоліки тахогенераторів постійного струму.
22. Надайте характеристику синхронних тахогенераторів. Наведіть їх вихідну характеристику.
23. Перелічіть переваги та недоліки синхронних тахогенераторів.
24. Поясніть принцип дії асинхронних тахогенераторів. Наведіть їх вихідну характеристику.
25. Наведіть переваги та недоліки асинхронних тахогенераторів.
26. Як здійснюється перетворення аналогових сигналів на дискретні сигнали?
27. Поясніть принцип дії імпульсних тахометрів кутової швидкості.
28. Наведіть класифікацію імпульсних датчиків швидкості.
29. Поясніть принцип дії фотоімпульсного датчика швидкості, який працює на відображення.
30. Як відбувається вимірювання швидкості в щілинних оптичних датчиках?
31. Наведіть характерні відмінності імпульсних енкодерних датчиків від оптичних і щілинних.
32. Як здійснюється перетворення вихідного дискретного сигналу оптичних датчиків на аналоговий сигнал?
33. Як може бути визначений коефіцієнт передачі оптичного датчика швидкості?
34. Надайте визначення поняття «енкодер».

35. Наведіть класифікацію енкодерів. Як вони розділяються за принципом дії?
36. Охарактеризуйте принцип дії інкрементальних енкодерів.
37. Наведіть можливі схеми підключення вихідних кіл інкрементальних енкодерів.
38. Поясніть принцип вимірювання швидкості абсолютними енкодерами.
39. Охарактеризуйте різницю між інкрементальними та абсолютними енкодерами.
40. Охарактеризуйте вихідний сигнал абсолютних енкодерів.
41. Наведіть переваги та недоліки абсолютних енкодерів.
42. Як розподіляються абсолютні енкодери?
43. Надайте характеристику однообертових та багатообертових абсолютних енкодерів.
44. Поясніть необхідність вимірювання сигналів струму та напруги в системах автоматизованого електропривода.
45. Наведіть класифікацію датчиків струму та напруги.
46. Як здійснюється вимірювання струму за допомогою резистивних датчиків?
47. Перелічіть переваги та недоліки резистивних датчиків струму.
48. Охарактеризуйте принципи вимірювання напруги з допомогою резистивних датчиків.
49. Надайте характеристику резистивного подільника напруги. Наведіть коефіцієнт перетворення резистивного подільника на постійному та змінному струмі.
50. Як здійснюється вимірювання напруги за допомогою конденсаторного подільника?
51. Як змінюється коефіцієнт перетворення конденсаторного подільника напруги залежно від частоти?
52. Надайте характеристику індуктивного подільника напруги. Наведіть його коефіцієнт перетворення.

53. Надайте порівняльну характеристику резистивних, конденсаторних та індуктивних подільників напруги.
54. Як забезпечується гальванічна ізоляція вихідних сигналів резистивних датчиків?
55. Поясніть принцип дії магніторезистивних датчиків струму.
56. Поясніть принцип дії датчиків струму та напруги, основаних на ефекті Холла.
57. Надайте характеристику датчиків струму прямого підсилення. Наведіть структурну схему цього типу датчиків.
58. Охарактеризуйте датчики струму компенсаційного типу. Наведіть його структурну схему.
59. Наведіть приклади датчиків струму, основаних на ефекті Холла.
60. Як відбувається вимірювання напруги за допомогою датчиків на основі ефекту Холла?
61. Наведіть структурну схему датчика напруги компенсаційного типу.
62. Перелічіть переваги та недоліки датчиків струму та напруги основаних на ефекті Холла.
63. Як забезпечується вимірювання струму за допомогою трансформаторних датчиків?
64. Наведіть класифікацію трансформаторів струму.
65. Поясніть принцип вимірювання напруги за допомогою трансформаторних датчиків.
66. Наведіть класи точності трансформаторів напруги.
67. Перелічіть переваги та недоліки трансформаторних датчиків струму та напруги.
68. Як здійснюється вимірювання струму в котушках Роговського? Укажіть особливості цих датчиків.
69. Поясніть принципи побудови вимірювальних систем параметрів електромеханічних систем.

70. Наведіть структурну схему вимірювального комплексу для використання у навчальному процесі та охарактеризуйте його складові частини.

71. Наведіть структурну схему вимірювального комплексу з підвищеною точністю вимірювань та охарактеризуйте його складові частини.

72. Наведіть структурну схему вимірювального комплексу для використання у промислових умовах та охарактеризуйте його складові частини.

73. Як може бути забезпечене вимірювання сигналів струму та напруги частотно-регульованого електропривода?

Змістовий модуль 2

1. Як забезпечується вимірювання неелектричних величин у системах автоматизованого електропривода?

2. Що належить до неелектричних параметрів систем автоматизованого електропривода?

3. Надайте класифікацію датчиків неелектричних величин залежно від явища перетворення неелектричної величини на електричну.

4. Поясніть значення датчиків температури в системах автоматизованого електропривода.

5. Наведіть класифікацію терморезисторів.

6. Охарактеризуйте принцип дії металевих терморезисторів. З яких матеріалів вони виготовляються?

7. Надайте характеристику напівпровідникових терморезисторів.

8. Поясніть принцип дії позисторів.

9. Наведіть структурну схему реалізації теплового захисту електродвигуна на основі позистора.

10. Перелічіть переваги та недоліки позисторів.

11. Поясніть принцип дії термоелектричних датчиків.

12. Наведіть основні схеми ввімкнення термопар.

13. Перелічіть вимоги, що висуваються до датчиків температури.

14. Як забезпечується вимірювання вібрацій електричних машин?

15. Поясніть роботу п'єзоелектричних датчиків.
16. Поясніть різницю між одно- та трикомпонентними датчиками вібрацій.
17. Наведіть приклади датчиків вібрації.
18. Перелічіть вимоги, що висуваються до датчиків вібрацій.
19. Охарактеризуйте принцип дії тензометричних датчиків.
20. Наведіть класифікацію датчиків, що використовують тензочутливий елемент.
21. Перелічіть переваги тензодатчиків.
22. Охарактеризуйте необхідність зменшення шумів та перешкод у системах автоматизованого електропривода.
23. Наведіть способи розв'язання проблеми перешкодостійкості в системах автоматизованого електропривода.
24. Наведіть основні методи боротьби із шумами та перешкодами.
25. Надайте визначення поняття «кондуктивна перешкода». Поясніть причини її виникнення.
26. Наведіть класифікацію кондуктивних перешкод.
27. Поясніть суть гальванічної розв'язки.
28. Поясніть принцип дії трансформаторної гальванічної розв'язки. Наведіть її недоліки.
29. Як забезпечується оптоелектронна гальванічна розв'язка?
30. Для чого потрібне коректне заземлення у системах автоматизованого електропривода?
31. Надайте визначення понять «заземлення», «плаваюча земля», «захисне заземлення», «загальний провід», «силова земля».
32. Як поділяють сигнальне заземлення?
33. Наведіть приклад виконання заземлення у системі автоматизованого електропривода.
34. Наведіть приклад, що пояснює принцип розподілення провідників заземлення.

35. Як вибирають методи екранування сигнальних проводів?

36. Наведіть приклад заземлення екрана сигнального проводу під час передачі сигналу від віддаленого джерела та за високих частот сигналу.

37. Як відбувається з'єднання екрана у разі розриву сигнального кабелю?

38. Охарактеризуйте загальні правила боротьби із шумами та перешкодами в системах автоматизованого електропривода.

Змістовий модуль 3

1. Наведіть переваги та недоліки тиристорних перетворювачів напруги.

2. Наведіть класифікацію керованих випрямлячів.

3. Охарактеризуйте експлуатаційні властивості керованих випрямлячів.

4. Поясніть принцип дії тиристорів та наведіть їх класифікацію.

5. Охарактеризуйте особливості роботи симісторів.

6. За якими параметрами відбувається розрахунок та вибір силових напівпровідникових ключів?

7. Як вибирається коефіцієнт запасу? Наведіть рекомендовані значення коефіцієнтів запасу.

8. Наведіть класифікацію методів керування тиристорів.

9. Надайте характеристику амплітудного методу керування тиристорами.

10. Поясніть принципи формування сигналів керування за горизонтального методу керування тиристорами.

11. Наведіть структурну схему системи горизонтального керування тиристорами.

12. Поясніть принципи формування сигналів керування за вертикального методу керування тиристорами.

13. Наведіть структурну схему системи вертикального керування тиристорами.

14. Як можна змінити момент формування імпульсу керування за вертикального керування?

15. Поясніть принцип дії блока синхронізації та наведіть часові діаграми його роботи.
16. Наведіть схему трансформаторної синхронізації системи керування з мережею живлення.
17. Наведіть схему синхронізації системи керування з мережею живлення за допомогою оптопар.
18. Наведіть структурні схеми однофазних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте їхню характеристику.
19. Наведіть структурні схеми трифазних тиристорних перетворювачів постійного струму та надайте їхню характеристику.
20. Наведіть структурні схеми однофазних тиристорних перетворювачів змінного струму та надайте їхню характеристику.
21. Наведіть структурні схеми трифазних тиристорних перетворювачів змінного струму та надайте їхню характеристику.
22. Охарактеризуйте сигнали струму та напруги тиристорного регулятора напруги за активного та активно-індуктивного навантаження.
23. Поясніть принципи підсилення імпульсів керування за допомогою трансформаторних схем.
24. Наведіть структурну схему оптоелектронного підсилювача імпульсів керування.
25. Поясніть необхідність устанавлення додаткових кіл захисту силових тиристорів.
26. Наведіть типові схеми захисту тиристорів.
27. Як здійснюється розрахунок снаберних кіл тиристорів?
28. Наведіть типові схеми захисту симісторів.
29. Наведіть схеми захисту силових напівпровідникових елементів за допомогою варисторів.
30. Надайте загальну характеристику імпульсних перетворювачів постійної напруги.

31. Охарактеризуйте способи імпульсного керування та наведіть класифікацію імпульсних перетворювачів постійної напруги.
32. Як формується напруга та струм на навантаженні в імпульсних перетворювачах напруги?
33. Наведіть класифікацію нереверсивних імпульсних перетворювачів напруги.
34. Як визначається середнє та діюче значення напруги в нереверсивних імпульсних перетворювачах?
35. Поясніть принцип дії послідовного імпульсного перетворювача. Наведіть часові діаграми його роботи.
36. Поясніть принцип дії паралельного імпульсного перетворювача. Наведіть часові діаграми його роботи.
37. Поясніть принцип дії багатоактних імпульсних перетворювачів напруги.
38. Наведіть приклад реалізації джерела формування сигналу широтно-імпульсної модуляції.
39. Як забезпечується гальванічна ізоляція каналу керування та силової частини імпульсного перетворювача?
40. Надайте характеристику реверсивних імпульсних перетворювачів напруги.
41. Поясніть принцип дії реверсивного імпульсного перетворювача із симетричним законом перемикування силових ключів.
42. Поясніть принцип дії реверсивного імпульсного перетворювача із несиметричним законом перемикування силових ключів.
43. Поясніть принцип дії реверсивного імпульсного перетворювача з почерговим законом перемикування силових ключів.
44. Як визначається середнє значення напруги в реверсивних імпульсних перетворювачах?
45. Як забезпечується захист мостових схем імпульсних перетворювачів напруги від наскрізних струмів?

46. Поясніть формування сигналів керування імпульсним перетворювачем під час керування за принципом «струмового коридору».
47. Надайте характеристику способів керування IGBT транзисторами.
48. Поясніть метод керування транзисторами з використанням бутстрепного каскаду живлення.
49. Наведіть приклади підключення драйверів керування до силових транзисторів.
50. Як визначаються параметри бутстрепного каскаду?
51. Як забезпечується обмеження швидкості перемикання транзисторів?
52. Наведіть переваги та недоліки імпульсних перетворювачів постійної напруги.
53. Охарактеризуйте можливі причини виникнення утрат енергії під час роботи силових діодів.
54. Охарактеризуйте можливі причини виникнення утрат енергії під час роботи силових тиристорів.
55. Охарактеризуйте можливі причини виникнення утрат енергії під час роботи силових транзисторів.
56. За якими параметрами проводиться вибір силових напівпровідникових ключів?
57. Надайте характеристику траєкторії переміщення робочої точки транзистора для різних типів навантаження.
58. Надайте характеристику додаткових захисних кіл для формування траєкторії ввімкнення транзистора.
59. Надайте характеристику додаткових захисних кіл для формування траєкторії вимкнення транзистора.
60. Поясніть, як здійснюється підключення вихідного кола драйвера керування до вхідного кола силового транзистора.
61. Як забезпечується розділення часу ввімкнення та часу вимкнення силових транзисторів?

62. За якими часовими параметрами характеризуються струмові навантаження транзисторів?

63. Охарактеризуйте перехідні процеси ввімкнення та вимкнення силового транзистора під час роботи на активне та активно-індуктивне навантаження.

64. Наведіть вирази для визначення енергії утрат під час увімкнення та вимкнення силового транзистора.

65. Поясніть необхідність формування затримки часу ввімкнення та вимкнення у мостових перетворювачах.

66. Як вибираються параметри затворного опору силового транзисторного ключа?

Змістовий модуль 4

1. Надайте характеристику області безпечної роботи транзистора.

2. Перелічіть основні причини виникнення аварійних режимів роботи силових транзисторних перетворювачів напруги.

3. Перелічіть вимоги до систем захисту транзисторних перетворювачів.

4. Поясніть методи захисту силових транзисторів від перенапруги на переході «затвор-емітер».

5. Яка різниця між активним та пасивним методами захисту транзисторів від перенапруг на переході «колектор-емітер»?

6. Поясніть причини виникнення перенапруги в імпульсних перетворювачах енергії.

7. Надайте характеристику застосування RC і RCD-снаберів.

8. Як здійснюється розрахунок снаберних кіл тиристорів?

9. Охарактеризуйте такий метод пасивного захисту як обмеження.

10. Поясніть принцип дії варисторів та можливість їх застосування від перенапруг в імпульсних перетворювачах енергії.

11. Як та за якими параметрами проводиться вибір варисторів для захисту силових транзисторних ключів?

12. Поясніть принцип дії супресорів та можливість їх застосування від перенапруг в імпульсних перетворювачах енергії.
13. Поясніть різницю між однонаправленими та двонаправленими супресорами.
14. Як та за якими параметрами проводиться вибір супресорів для захисту силових транзисторних ключів?
15. Поясніть причини нагріву силових напівпровідникових ключів у складі силових перетворювачів енергії.
16. Як визначається електрична потужність, що виділяється у напівпровіднику?
17. Надайте визначення поняття «тепловий опір».
18. Поясніть, як здійснюється розрахунок теплового опору силового напівпровідника.
19. Охарактеризуйте напрям теплового потоку транзистора.
20. Надайте характеристику складових частин у загальному тепловому опорі напівпровідника.
21. Поясніть різницю між поняттями теплового опору та перехідного теплового опору.
22. Охарактеризуйте методи охолодження силових транзисторів.
23. Надайте характеристику природного та примусового охолодження.
24. За якими параметрами проводиться вибір радіаторів охолодження силових транзисторів?
25. Як впливає матеріал радіатора охолодження на відведення тепла від напівпровідникового кристала транзистора?
26. Надайте характеристику методики визначення температури напівпровідникового кристала транзистора.
27. Як визначається коефіцієнт теплообміну транзистора для різних типів охолодження?
28. Перелічіть вимоги, що висуваються до перетворювачів частоти.
29. Наведіть класифікацію перетворювачів частоти.

30. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти.
40. Як виконується силова частина безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією?
41. Охарактеризуйте переваги та недоліки безпосередніх перетворювачів частоти з природною комутацією.
42. Надайте характеристику безпосередніх перетворювачів частоти зі штучною комутацією.
43. Надайте загальну характеристику перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму.
44. Поясніть різницю між перетворювачами частоти з проміжною ланкою постійного струму, у яких використовуються керовані та некеровані випрямлячі.
45. Охарактеризуйте переваги та недоліки перетворювачів частоти з проміжною ланкою постійного струму.
46. Як формуються сигнали напруги трифазного автономного інвертора напруги за законом керування з $\alpha = 180^\circ$?
47. Надайте характеристику керування автономним інвертором напруги під час ШІР на основній частоті.
48. Поясніть принципи формування синусоїдної ШІМ на несучій частоті.
49. Як впливає передмодуляція сигналу завдання на вихідні сигнали автономних інверторів напруги?
50. Надайте характеристику алгоритму роботи автономного інвертора напруги під час векторної модуляції.
51. Як може бути побудована система керування перетворювачем частоти з проміжною ланкою постійного струму?
52. Надайте характеристику драйверів керування трифазними інверторами напруги.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

Основна

1. Калінов А. П. Елементи автоматизованого електропривода (навчальний посібник) / А. П. Калінов, В. О. Мельников. – Кременчук : Видавництво ПП Щербатих О. В., 2014. – 276 с.
2. Терехов В. М. Элементы автоматизированного электропривода : учебник для вузов / В. М. Терехов. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 224 с.
3. Келим Ю. М. Типовые элементы систем автоматического управления : учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / Ю. М. Келим. – М. : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2002. – 384 с.
4. Дорожовець М. М. Уніфікуючі перетворювачі інформаційного забезпечення мехатронних систем : посібник / М. М. Дорожовець, О. В. Івахів, В. О. Мокрицький. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 304 с.
5. Ткачук В. О. Електромеханотроніка : підручник / В. О. Ткачук. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 440 с.
6. Чиженко И. М. Справочник по преобразовательной технике / И. М. Чиженко. – К. : «Техніка», 1978. – 447 с.
7. Руденко В. С . Основы промышленной электроники / В. С. Руденко, В. И. Сенько, В. В. Трифонюк. – К. : Вища шк. Головное изд-во, 1985. – 400 с.

Додаткова

8. Мелешин В. И. Транзисторная преобразовательная техника / В. И. Мелешин. – Москва : Техносфера, 2006. – 632 с.
9. Воронин П. А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / П. А. Воронин. – 2-е изд., перераб. и доп. М. : Издательский дом Додэка – XXI, 2005. – 384 с.
10. Попович М. Г. Електромеханічні системи керування та електроприводи : навч. посібник. / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков. – К. : Либідь, 2005. – 680 с.
11. Герман-Галкин С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. – СПб. : Корона-Век, 2008. – 368 с.

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

Укладачі: к. т. н., доц. В. О. Мельников,
к. т. н., доц. А. П. Калінов

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