

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
«КОМПЛЕКТНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД»
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
141 – «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

КРЕМЕНЧУК 2019

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

Укладач старш. викл. А. М. Артеменко

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

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 з навчальної дисципліни для самостійного опрацювання.....	7
3 Питання до модульного контролю.....	10
Список літератури.....	17

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Комплектний електропривод» є набуття студентами знань щодо вивчення особливостей роботи комплектного електропривода для подальшого розв'язання теоретичних і практичних завдань у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

Завданням вивчення навчальної дисципліни є отримання знань для самостійного та інженерного розв'язування технічних задач, пов'язаних з розрахунком і вибором комплектного електропривода, електромеханічними та регулювальними властивостями комплектного електропривода, регулюванням швидкості та методами керування системами комплектного електропривода; сприяння закріпленню та поглибленню теоретичних знань, одержання практичних навичок з цих питань.

У методичних вказівках подані теми самостійної роботи, які не потребують особливого роз'яснення викладача та можуть бути вивчені студентами самостійно за допомогою запропонованої нижче літератури. До кожної теми подані питання для самоперевірки, а також рекомендована література.

Під час підготовки питань для самостійного опрацювання можна використовувати не лише подану літературу, а й інші джерела інформації.

Після вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- конструкцію та принцип роботи комплектних електроприводів;
- силову частину та систему керування комплектними електроприводами;
- основні технічні характеристики комплектних електроприводів;
- основні принципи формування статичних, динамічних та енергетичних характеристик комплектних електроприводів;

– побудову та принцип дії вузлів, призначених для обробки інформації в системах автоматичного регулювання комплектних електроприводів;

уміти:

– здійснювати обґрунтований вибір системи комплектного електропривода;

– оцінювати експлуатаційні та енергетичні показники роботи комплектного електропривода в статичних та динамічних режимах;

– запропоновувати заходи щодо поліпшення статичних, динамічних та енергетичних характеристик комплектного електропривода;

– проводити розрахунки параметрів комплектних електроприводів та їх вузлів;

– проводити розрахунок синтезу основних елементів систем автоматичного регулювання комплектного електропривода.

У разі виникнення труднощів під час підготовки питань для самостійного опрацювання необхідно звернутися за консультацією до викладача. Графік проведення консультацій знаходиться на кафедрі систем автоматичного управління та електропривода.

1 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна/заочна				
	Усього	л.	п.	лаб.	інд.
1		2	3	4	5
Змістовий модуль 1					
Тема 1 Вступ до навчальної дисципліни. Предмет і завдання навчальної дисципліни	12/16	2/1	-/-	-/-	10/15
Тема 2 Елементи та функціональні вузли комплектного електропривода	23/23	3/-	-/-	-/-	20/23
Усього за змістовим модулем 1	35/39	5/1	-/-	-/-	30/38
Змістовий модуль 2					
Тема 3 Комплектні електроприводи постійного струму	35/30	6/1	4/2	5/2	20/25
Тема 4 Асинхронні комплектні електроприводи	37/35	6/1	6/2	5/2	20/30
Тема 5 Комплектний електропривод з вентильним двигуном	13/16	3/1	-/-	-/-	10/15
Усього за змістовим модулем 2	85/81	15/3	10/4	10/4	50/70
Усього годин	120/120	20/4	10/4	10/4	80/108

2 ПЕРЕЛІК ТЕМ І ПИТАНЬ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ДЛЯ САМОСТІЙНОГО ОПРАЦЮВАННЯ

Тема 1 Вступ до дисципліни. Предмет і задачі дисципліни

1. Системи захисту комплектного електропривода.
2. Особливості вибору комплектного електропривода.
3. Конструктивні особливості комплектного електропривода.

Питання для самоперевірки

1. Які способи охолодження найбільш ефективні для двигунів регульованих електроприводів?
2. Визначити сферу застосування однофазних і маловентильних схем перетворювачів енергії.
3. Визначити конструктивні особливості потужних комплектних електроприводів.
4. З яких елементів може складатися комплектний електропривод?
5. Назвати основні функції комплектного електропривода.

Література: [1, с. 15–23].

Тема 2 Елементи та функціональні вузли комплектного електропривода

1. Датчики зворотних зв'язків.
2. Суматори частот.
3. Джерела еталонних напруг і струмів.

Питання для самоперевірки

1. Які особливості обмеження вихідної напруги ПІ-регуляторів з роздільними пропорційною та інтегральною частиною?
2. У яких випадках паралельно каналу зворотного зв'язку регуляторів вмикають додаткові активні опори, конденсатори, діоди та ключі?
3. Як змінити схему активного фільтра Баттерворта, щоб перетворити його на фільтр Бесселя?

4. Із скількох елементарних фільтрів складається активний фільтр сьомого порядку?

5. Яким є поле статора обертого трансформатора у фазному режимі?

Література: [1, с. 81–131; 2, с. 26–48].

Тема 3 Комплектні електроприводи постійного струму

1. Комплектні електроприводи серій ЕП, ЕТЗІІМ.

2. Комплектні транзисторні електроприводи ЕШІМ.

3. Трифазні комплектні електроприводи ЕТУ.

Питання для самоперевірки

1. Пояснити, чим відрізняються режими Р0, Р1, Р2 в електроприводі ЕШІМ.

2. Як в електроприводі ЕШІМ використовується гальмівна енергія, отримана від двигуна?

3. Що є причиною високої швидкодії електропривода ЕШІМ порівняно з тиристорними електроприводами?

4. Чому повинна дорівнювати стала часу регулятора ЕРС, якщо стала часу контуру потоку набагато менша від сталої часу обмотки якоря?

5. Як збільшення частоти обертання впливає на коефіцієнт передачі об'єкта керування регулятора ЕРС?

Література: [1, с. 157–165; 3, с. 97–116; 4, с. 56–86].

Тема 4 Асинхронні комплектні електроприводи

1. Комплектні електроприводи ТТС.

2. Частотно-регульований комплектний транзисторний електропривод серії РЭН.

3. Комплектні електроприводи серій КЧЭ, ЭТА, ЭПБ2.

Питання для самоперевірки

1. Способи використання гальмівної енергії в частотно-керованих електроприводах. У яких випадках додаткові заходи для цього непотрібні?

2. Переваги та недоліки частотно-керованого електропривода з ШІМ.

3. Для здійснення яких законів частотного керування необхідне використання функціонального перетворювача в каналі керування амплітудою напруги?

4. Для чого у скалярних системах частотного керування використовують зворотні зв'язки за напругою та ЕРС?

5. У якій системі координат доцільно регулювати струм статора в частотно-струмових системах з БПЧ та АІН з ШІМ?

Література: [1, с. 195–202; 5, с. 67–126; 6, с. 116–226].

Тема 5 Комплектний електропривод з вентильним двигуном

1. Переваги та сфери застосування електроприводів з вентильними двигунами.

2. Однокристальні високовольтні мікросхеми для побутових електроприводів з вентильними двигунами.

3. Комплектні електроприводи ЕТС1.

Питання для самоперевірки

1. Для чого в електроприводі ЕТС1 потрібні два датчики положення: інкрементальний ІДП і кодовий ДПР?

2. Яким є у часі та просторі поле статора вентильного двигуна з синусоїдною модуляцією струму?

3. Чим відрізняються датчики положення ротора для вентильного двигуна з прямокутною та синусоїдною модуляцією струму?

4. Який фазовий зсув доцільно підтримувати між струмом статора вентильного двигуна та потоком ротора?

5. У яких випадках слід підтримувати синусоїдний струм статора вентильного двигуна, а в яких – прямокутний?

Література: [1, с. 216–221; 7, с. 182–310; 8, с. 45–78].

3 ПИТАННЯ ДО МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЮ

1. З яких елементів може складатися комплектний електропривод?
2. Функції КЕП.
3. Як маса КЕП залежить від його номінального струму?
4. Конструктивні особливості потужних КЕП.
5. Як відносна вартість системи керування та ККД КЕП залежить від його потужності?
6. Визначте сферу застосування однофазних і маловентильних схем перетворювачів енергії.
7. Порівняйте КЕП металургійної та машинобудівної галузей за умовами експлуатації та вимогами до електропривода.
8. Які способи охолодження найбільш ефективні для двигунів регульованих електроприводів?
9. Для чого у двигунів постійного струму для двигунів регульованих електроприводів є шихтована станина?
10. Чому втрати у двигунів постійного струму зростають зі збільшенням коливань струму?
11. Чому допустима потужність самовентильованого двигуна зменшується зі зниженням швидкості?
12. Для чого у частотно-керованих АД номінальна напруга відмітна від напруги живильної мережі?
13. У яких випадках виникає необхідність деномінації електричних двигунів?
14. Як маса двигуна залежить від його номінальних потужності та швидкості?
15. Чому двигуни постійного струму мають більший момент інерції, порівняно з асинхронними та вентильними?
16. Який тип двигунів (ДПС або АД) має менші габарити, масу та момент інерції за однакових швидкості, потужності та способу охолодження?

17. Які двигуни мають найбільшу граничну потужність?
18. Як ККД двигунів змінюється зі збільшенням їх потужності?
19. Визначте сферу застосування природного та рідинного охолодження в КЕП різної потужності.
20. Які системи електропривода мають найвищий коефіцієнт потужності?
21. Способи реверса тиристорного КЕП постійного струму: найдешевші та найдорожчі.
22. За яких аварійних ситуацій вимикають електропривод?
23. Як негативний зворотний зв'язок впливає на вхідний і вихідний опори операційного підсилювача?
24. Чому дорівнює потенціал інверсного входу ОП з негативним зворотним зв'язком?
25. Чому дорівнює струм через інверсний вхід ОП з негативним зворотним зв'язком?
26. Яка зі схем вмикання ОП здатна «запам'ятовувати» свій попередній стан?
27. Які переваги має компаратор з позитивним зворотним зв'язком, порівняно з таким, але без зворотних зв'язків?
28. Як потрібна кількість діодів функціонального перетворювача залежить від вибраної кількості точок зламу на його статичній характеристиці?
29. Як змінити полярність вихідної напруги блока виділення модуля, не вводячи додаткових елементів?
30. Для чого до схем обмеження вводять додаткові операційні підсилювачі?
31. Чому дорівнює вихідна напруга інтегратора після зняття напруги з його входу?
32. Від яких параметрів задавача інтенсивності залежить максимально можливий темп зміни його вихідної напруги?

33. Темп зміни вихідної напруги задавача інтенсивності після стрибка напруги на вході складає 200 В/с. З яким темпом буде змінюватися вихідна напруга, якщо похідна вихідної напруги 100 В/с?

34. Чому дорівнює напруга на вході інтегратора задавача інтенсивності після досягнення вихідною напругою усталеного рівня?

35. Який вузол спільний для всіх автоколивальних генераторів знакозмінної напруги?

36. У яких випадках до складу перетворювача «частота–напруга» потрібно вводити формувач імпульсів з незмінною площею вихідного сигналу?

37. Які вхідні сигнали перетворювачів «частота–напруга» та «напруга–частота»: аналогові чи логічні?

38. Як зміниться амплітуда вихідної напруги фільтра низьких частот першого порядку після збільшення частоти вхідної?

39. Для чого до складу фільтрів першого порядку вводять операційні підсилювачі?

40. Які зміни потрібно зробити у схемі фільтра низьких частот, щоб перетворити його на фільтр високих частот?

41. Із скількох елементарних фільтрів складається активний фільтр сьомого порядку?

42. Як змінити схему активного фільтра Баттерворта, щоб перетворити його на фільтр Бесселя?

43. У яких випадках паралельно каналу зворотного зв'язку регуляторів вмикають додаткові активні опори, конденсатори, діоди та ключі?

44. Які особливості обмеження вихідної напруги ПІ-регуляторів з роздільними пропорційною та інтегральною частиною?

45. Який з регуляторів у складі КЕП зазвичай не підлягає налагодженню?

46. Чи можна за допомогою датчика струму з ШІМ вимірювати синусоїдні струми? Якщо так, яким у цьому разі повинне бути співвідношення частот вимірювання струму та опорної напруги?

47. Скільки ключів довелося б використати в датчику струму з амплітудною модуляцією, якби обмотки трансформатора не мали виведеної середньої точки?

48. Чи можливе одночасне протікання струму обома напівобмотками трансформатора датчика струму з абсолютною модуляцією?

49. Чи можуть одночасно перебувати у стані насичення обидва дроселі трансформатора постійного струму (ТПС)?

50. Чому дорівнює індуктивність вторинної обмотки насиченого дроселя ТПС?

51. У якому з розглянутих датчиків струму стала часу вихідного фільтра може бути найменшою?

52. Чим обумовлена зона нечутливості статичної характеристики колекторного тахогенератора на малих швидкостях?

53. Як опір навантаження тахогенератора впливає на коефіцієнт його передачі?

54. Чим обумовлені пульсації вихідної напруги датчиків швидкості?

55. Для чого датчики швидкості та положення сполучають з валом двигуна конусним з'єднанням?

56. Як виглядає диск датчика положення ротора 4-полюсного трифазного синхронного тахогенератора?

57. Як форма фазної ЕРС вентильного тахогенератора на етапі її збільшення впливає на форму вихідної напруги?

58. З якою частотою оновлюється інформація про положення ротора обертового трансформатора, якщо його частота збудження 2 кГц?

59. Який характер має поле статора обертового трансформатора у фазному режимі?

60. За допомогою скількох фаз статора створюється поле збудження ОТ в амплітудному режимі?

61. Як зі збільшенням частоти збудження змінюється амплітуда вихідної ЕРС ОТ?

62. Якщо обертальний трансформатор працює у фазному режимі, у якому параметрі його вихідної ЕРС міститься інформація про положення ротора?
63. Яку відстань та з якою похибкою можна виміряти за допомогою лінійного кодового 10-розрядного датчика положення з кроком растра 0,1 мм?
64. З якою точністю вимірюється положення круговим інкрементальним датчиком, якщо кількість штрихів рухомого растра дорівнює 2500?
65. Для чого на виході інкрементального датчика положення формують дві серії імпульсів, зсунутих одна від одної на чверть періоду?
66. Що обмежує використання струмової відсічки в тиристорних електроприводах?
67. У яких випадках необхідне залежне струмообмеження?
68. Назвіть способи обмеження похідного струму.
69. Як змінюється потрібна напруга збудника зі зростанням максимально можливого прискорення електропривода?
70. Як насичення магнітопроводу впливає на сталу часу обмотки збудження?
71. З якої причини контури швидкості та ЕРС двозонного електропривода виконують адаптивними?
72. Як збільшення частоти обертання впливає на коефіцієнт передачі об'єкта керування регулятора ЕРС?
73. Чому повинна дорівнювати стала часу регулятора ЕРС, якщо стала часу контуру потоку набагато менша від сталої часу обмотки якоря?
74. Для чого в деяких електроприводах КТЭ двигун живиться від двох випрямних мостів, з'єднаних паралельно?
75. Що стає причиною високої швидкодії електропривода ЭШИМ порівняно з тиристорними електроприводами?
76. Як в електроприводі ЭШИМ використовується гальмівна енергія, отримана від двигуна?
77. Поясніть, чим відрізняються режими P0, P1, P2 в електроприводі ЭШИМ.

78. Як змінюється кут між векторами струму статора та потокозчеплення ротора зі зміною навантаження АД?

79. Як змінюються амплітуда та частота статорної напруги залежно від швидкості під час частотного керування в режимі ослаблення поля?

80. За яким законом повинні змінюватися напруга та частота живлення для турбомеханізмів?

81. Поясніть переваги частотного керування з IR-компенсацією порівняно із законом $U_1/f = \text{const}$.

82. Для здійснення яких законів частотного керування необхідне використання функціонального перетворювача в каналі керування амплітудою напруги?

83. Для чого в скалярних системах частотного керування використовують зворотні зв'язки за напругою та ЕРС?

84. Об'єкт керування регулятора випрямленого струму в електропривода з двоступеневим перетворювачем частоти з амплітудною модуляцією.

85. Що потрібно зробити зі складовою струму статора I_{1q} , аби перевести АД до рекуперативного режиму?

86. Що відбувається зі складовою струму статора I_{1d} у першій зоні регулювання, якщо потік ротора незмінний?

87. Яка з частотно-струмових систем здатна забезпечити більший діапазон регулювання швидкості: з інвертором струму та випрямлячем, охопленим зворотним зв'язком за випрямленим струмом, чи з БПЧ зі зворотними зв'язками за фазними струмами?

88. У якій системі координат доцільно регулювати струм статора в частотно-струмових системах з БПЧ та АІН з ШІМ?

89. Переваги та недоліки частотно-керованого електропривода з ШІМ.

90. Способи використання гальмівної енергії в частотно-керуваних електроприводах. У яких випадках додаткові заходи для цього непотрібні?

91. У яких випадках слід підтримувати синусоїдний струм статора ВД, а в яких – прямокутний?

92. Скільки положень у просторі може мати поле статора ВД з прямокутною модуляцією струму?

93. Який фазовий зсув доцільно підтримувати між струмом статора ВД і потоком ротора?

94. Скільки разів за один оберт ротора відбувається чергове перемикання фаз у 6-полюсному БДПС?

95. Чим відрізняються датчики положення ротора для ВД із прямокутною та синусоїдною модуляцією струму?

96. Як змінюється у часі та просторі поле статора ВД із синусоїдною модуляцією струму?

97. Для чого в електроприводі ЭТС1 потрібні два датчики положення: інкрементальний ІДП і кодовий ДПР?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Казачковський М. М. Комплектні електроприводи: навч. посібник. Дніпропетровськ: НГУ, 2003. 266 с.
2. Справочник по автоматизированному електроприводу / под ред. В. А. Елисеєва, А. В. Шинянского. М.: Энергоатомиздат, 1983. 616 с.
3. Егоров И. Х., Горобец А. С., Машкевич Б. И. Комплектные тиристорные электроприводы: справочник. М.: Энергоатомиздат, 1988. 319 с.
4. Плахтина О. Г., Мазепа С. С., Куцик А. С. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи : навч. посібник. Львів: Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2002. 228 с.
5. Справочник по наладке электрооборудования промышленных предприятий / под ред. М. Г. Зименкова, Г. В. Розенберга, Е. М. Феськова. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983. 480 с.
6. Певзнер Е. М., Яуре А. Г. Эксплуатация крановых тиристорных электроприводов. М.: Энергоатомиздат, 1991. 104 с.
7. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: справочник. 2-е изд., перераб. и доп. – Машиностроение, 1990. 512 с.
8. Чернов Е. А., Кузьмин В. П. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ: справочное пособие. Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1989. 320 с.
9. Частотный преобразователь MOVITRAC® 31С: Каталог фирмы SEW Eurodrive. СПб.: СЕВ-ЕВРОДРАЙВ, 1997. 81 с.

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

Укладач старш. викл. А. М. Артеменко

Відповідальний за випуск зав. кафедри САУЕ Д. Й. Родькін

Підп. до др. _____. Формат 60×84 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