

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



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«СПЕЦІАЛЬНІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ЗАОЧНОЇ ФОРМИ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ  
141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»  
ЗА СПЕЦІАЛІЗАЦІЄЮ «ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ  
АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕЛЕКТРОПРИВОД»

КРЕМЕНЧУК 2018

Методичні вказівки щодо контрольних робіт з навчальної дисципліни «Спеціальні системи електроприводу» для студентів заочної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціалізацією «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

Укладач: к.т.н., доц. Ю. В. Зачепа

Рецензент: к.т.н., доц. В. О. Огарь

Кафедра САУЕ

Затверджено методичною радою КрНУ імені Михайла Остроградського

Протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2018 року

Заступник голови методичної ради \_\_\_\_\_ доц. С. А. Сергієнко

## ЗМІСТ

Загальні відомості	4
Контрольне завдання 1	5
Контрольне завдання 2	6
Контрольне завдання 3	7
Список літератури	10
Додатки	12

## Загальні відомості

Метою викладання дисципліни “Спеціальні системи електроприводу” (ССЕП) є вивчення основ проектування, налагодження та експлуатації сучасних систем керування електроприводів усіх типів.

Дисципліна базується на використанні фізичних уявлень та методів синтезу систем керування електроприводів, теорії автоматичного керування, а також на змісті попередніх загальнонаукових і спеціальних курсів “Теорія електропривода”, “Електричні машини”, “Електричні апарати і засоби автоматизації”.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати особливості роботи та будову спеціальних електричних машин, особливості роботи та будову спеціальних джерел живлення електричних машин в складі електропривода, особливості роботи та будову спеціальних систем електроприводів постійного та змінного струмів.

Контрольна робота складається з трьох завдань: одного теоретичного питання та двох практичних задач. Під час виконання першого контрольного завдання необхідно пам'ятати, що відповідь на питання повинна бути вичерпною і не носити формального характеру. Друге та третє контрольне завдання має відображати повноту розуміння студентами принципів роботи спеціальних систем електроприводів, розрахунок їх характеристик та якість перехідних процесів у таких системах.

Номер варіанта вибирається за останніми двома цифрами номера залікової книжки. Загалом - 20 варіантів. Якщо номер залікової книжки більший за кількість варіантів, від нього необхідно відняти число, кратне 20, для отримання свого варіанту. Наприклад, номер книжки 83, отже, варіант для виконання контрольної роботи:  $B = 83 - 4 \cdot 20 = 3$ .

## КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 1

### *Питання з курсу “Спеціальні системи електроприводу”*

1. Класифікація сельсинів.
2. Принципи побудови сельсинів.
3. Робота сельсинів в індикаторному режимі.
4. Робота сельсинів в трансформаторному режимі.
5. Диференціальні сельсини.
6. Магнесини. Структура і принципи роботи
7. Принципи оптимізації систем за модульним оптимумом.
8. Принципи оптимізації систем за симетричним оптимумом.
9. Спеціальні електроприводи з керованим моментом.
10. Класифікація та технічна реалізація джерела струму.
11. Електропривод постійного струму з керованим моментом.
12. Регулювання швидкості та потужності в системі джерело струму – двигун постійного струму.
13. Асинхронний електропривод з джерелом струму.
14. Багатодвигунний електропривод постійного струму, область застосування.
15. Багатодвигунний електропривод змінного струму, визначення та класифікація.
16. Електричний вал зі зрівняльними синхронними машинами.
17. Електричний вал зі зрівняльними асинхронними машинами, що обертаються згідно з полем та проти поля. Система електричного валу з основними робочими машинами.
18. Багатодвигунні системи узгодженого обертання з перетворювачем частоти.
19. Точна зупинка спеціальних електроприводів.
20. Точна зупинка тягових електроприводів постійного струму.

## КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 2

Розрахувати втрати енергії в спеціальному в чотиришвидкісному короткозамкнутому асинхронному двигуні, що має наступні синхронні швидкості:  $n_{c1}=3000$ ; ,  $n_{c2}=1500$ ; ,  $n_{c3}=1000$ ; і ,  $n_{c4}=500$  об/хв. При ступінчатому пуску на неробочому ході до максимальної швидкості:

- 1) в одну ступінь :  $n=0$  до  $n_{c1}=3000$  об/хв;
- 2) в дві ступені: а) від  $n=0$  до  $n_{c2}=1500$  і потім, б) до  $n_{c1}=3000$  об/хв;
- 3) в три ступені : а)  $n=0$  до  $n_{c3}=1000$ , потім б) до  $n_{c2}=1500$  і в) до  $n_{c1}=3000$  об/хв;
- 4) в чотири ступені: а) від  $n=0$  до  $n_{c4}=500$  об/хв., далі б) до  $n_{c3}=1000$ , потім в) до  $n_{c2}=1500$  і г) до  $n_{c1}=3000$  об/хв.

Момент інерції, приведений до валу двигуна та відношення опору фази статора до приведенного опору фази ротора приведені в табл. 1. Втратами енергії в сталі статора і механічними втратами можна знехтувати.

*Розв'язок.*

Втрати енергії в двигуні при пуску, розраховуються як:

$$\Delta A = \frac{J \cdot \omega_c^2}{2} (s_{\text{нач}}^2 - s_{\text{кон}}^2) \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) \cdot \frac{9.81}{1000} \text{ кВт}\cdot\text{с.} \quad (1)$$

1. Пуск в одну ступінь до  $n_{c1}=3000$  об/хв.:

$$\Delta A = \frac{J \cdot \omega_{c1}^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) \cdot \frac{9.81}{1000} . \quad (2)$$

2. Пуск в дві ступені 1500 – 3000 об/хв.:

$$\Delta A = \left(\frac{J \cdot \omega_{c2}^2}{2} + \frac{J \cdot \omega_{c1}^2}{2} \cdot 0.25\right) \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) \cdot \frac{9.81}{1000} . \quad (3)$$

3. Пуск в три ступені 1000 – 1500 – 3000 об/хв:

$$\Delta A = \left(\frac{J \cdot \omega_{c3}^2}{2} + \frac{J \cdot \omega_{c2}^2}{2} \cdot 0.115 + \frac{J \cdot \omega_{c1}^2}{2} \cdot 0.25\right) \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) \cdot \frac{9.81}{1000} . \quad (4)$$

4. Пуск в чотири ступені 500 – 1000 - 1500 - 3000 об/хв:

$$\Delta A = \left( \frac{J \cdot \omega_{e4}^2}{2} + \frac{J \cdot \omega_{e3}^2}{2} \cdot 0.25 + \frac{J \cdot \omega_{e2}^2}{2} \cdot 0.115 + \frac{J \cdot \omega_{e1}^2}{2} \cdot 0.25 \right) \cdot \left( 1 + \frac{r_1}{r_2} \right) \cdot \frac{9.81}{1000}. \quad (5)$$

### КОНТРОЛЬНЕ ЗАВДАННЯ 3

Визначити, з яким числом циклів за годину може працювати, не перегріваючись вище допустимої температури, асинхронний короткозамкнений двигун з паспортними даними, приведеними в табл. 2., якщо цикл роботи складається: з пуску двигуна зі статичним моментом 0,74 кГм, усталеною роботою з  $M_c=2,8$  кГм протягом 10 сек. і гальмування противмиканням зі статичним моментом 0,32 кГм. Маховий момент механізму, приведений до валу двигуна, складає 0,06 кГм<sup>2</sup>.

Постійні втрати двигуна при номінальному навантаженні складають 40%, а змінні 60% від номінальних втрат. Коефіцієнт тепловіддачі при нерухомому роторі складає 50%, а при пуску і гальмуванні 75% від коефіцієнта тепловіддачі при номінальній швидкості. Відношення опору фази статора до приведенного опору фази ротора становить 1,2.

*Розв'язок.*

Номінальна швидкість двигуна:

$$n_H = n_c (1 - s_H). \quad (6)$$

Номінальний момент двигуна:

$$M_H = \frac{975 \cdot P_H}{n_H}. \quad (7)$$

Максимальний момент двигуна:

$$M_k = 2M_H. \quad (8)$$

Критичне ковзання двигуна:

$$s_k = s_H (\lambda \pm \sqrt{\lambda^2 - 1}). \quad (9)$$

Пусковий момент двигуна:

$$M_{\Pi} = \frac{2M_K}{\frac{1}{s_k} + \frac{s_k}{1}}. \quad (10)$$

Середній момент, що розвивається двигуном при розбігу:

$$M_{\text{ср.р}} = \frac{M_K + M_{\Pi}}{2}. \quad (11)$$

Втрати енергії в двигуні при розбігу:

$$\Delta A_p = \frac{J \cdot \omega_c^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) \cdot \frac{M_{\text{ср.р}}}{M_{\text{ср.р}} - M_c} \cdot \frac{9.81}{1000}. \quad (12)$$

Час розбігу:

$$t_p = T_{\text{МК}} \left( \frac{1}{4s_k} + \frac{3}{2}s_k \right) \cdot \frac{M_{\text{ср.р}}}{M_{\text{ср.р}} - M_c}; \quad (13)$$

$$T_{\text{МК}} = \frac{J \cdot \omega_c}{M_K} = \frac{GD^2 \cdot n_c}{375 \cdot M_K}. \quad (14)$$

Середній момент, що розвивається двигуном при гальмуванні проти вмиканням:

$$M_{\text{ср.г}} = \frac{M_{\Pi} + M_{s=2}}{2}; \quad (15)$$

$$M_{s=2} = \frac{2M_K}{\frac{2}{s_k} + \frac{s_k}{2}}. \quad (16)$$

Втрати енергії в двигуні при гальмуванні:

$$\Delta A_p = \frac{3 \cdot J \cdot \omega_c^2}{2} \cdot \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) \cdot \frac{M_{\text{ср.р}}}{M_{\text{ср.р}} + M_c} \cdot \frac{9.81}{1000}. \quad (17)$$

Час гальмування:

$$t_{\Gamma} = T_{\text{МК}} \left( \frac{3}{4s_k} + 0.345s_k \right) \cdot \frac{M_{\text{ср.г}}}{M_{\text{ср.г}} + M_c}. \quad (18)$$

Номінальні втрати двигуна:



$$\Delta P_H = \frac{P_H}{\eta_H} - P_H. \quad (19)$$

Постійні втрати за умовою задачі дорівнюють  $0,4 \cdot \Delta P_H$ . (20)

Змінні втрати при номінальному навантаженні за умовою задачі:

$$V_H = 0,6 \Delta P_H. \quad (21)$$

Втрати потужності в двигуні при усталеній швидкості:

$$\Delta P_{уст} = k + v_H \left( \frac{M_c}{M_H} \right)^2. \quad (22)$$

Втрати енергії в двигуні за цикл:

$$\Delta A_{ц} = \sum \Delta A = \Delta A_p + \Delta A_r + \Delta P_{уст} \cdot t_{уст}. \quad (23)$$

Середні допустимі втрати енергії в двигуні за цикл:

$$\Delta A_{ср.ц} = \Delta P (0,75 \cdot (t_p + t_r) + t_{уст} + 0,5 t_{паузи}). \quad (24)$$

Час паузи визначається з відношення:

$$\Delta A_{ц} = \Delta A_{ср.ц}. \quad (25)$$

Час одного циклу:

$$t_{ц} = t_p + t_r + t_{уст} + t_{паузи}. \quad (26)$$

Число циклів за годину:

$$n = 3600 / t_{ц}. \quad (27)$$

## Список літератури

1. Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы. Практ. пособие. В 14-ти кн. Кн. 14/О.П.Михайлов, Р.Т.Орлова, А.В.Пальцев. Современный электропривод станков с ЧПУ и промышленных роботов; Под ред. Б.И.Черпакова.- М.:Высш. шк.,-1989.-111с.
2. Адаменко А.И. Однофазные конденсаторные двигатели. -К.: Изд-во АН УССР, 1960.-248с.
3. Кирилов Ю.И. и др. Эксплуатация и ремонт объемного гидропривода. -М.: Агропромиздат, 1987.-80с.
4. Аракелян А.К., Соколов М.М. Асинхронный регулируемый электропривод с электрогидравлическим толкателем. -М.:Энергия.-1972.
5. Сафонов Ю.М. Электроприводы промышленных роботов. -М.: Энергоатомиздат, 1990.-176с.
6. Соколов М.М., Сорокин Л.К. Электропривод с линейными асинхронными двигателями. -М.: Энергия, 1974.-136с.
7. Михайлов О.П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов: Учебник для вузов. - М.: Машиностроение, 1990. – 340 с.
8. Автоматизований електропривод гнучких виробничих модулів: Навч. посібник /В.С. Коцюбинський. – К.: ІЗМН, 1996. – 328 с.
9. Хрущев В.В. Электрические машины систем автоматизации: Учебник для вузов. – 2-изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1985 – 368с.
- 10.Свечарник Д.В. Электрические машины непосредственного привода: Безредукторный электропривод. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
- 11.Управляемые бесконтактные двигатели постоянного тока/ Н.П. Адволоктин, В.Т. Гращенков, Н.И. Лебедев и др. – Л.: Энергоатомиздат, 1984. – 160с.

12. Проектирование систем автоматического управления электроприводами : Учебн. пособие для вузов по спец. “Электропривод и автоматизация промышленных установок” /В.Л.Анхимюк, О.Ф.Опейко.– Мн.: Высш. шк., 1986.– 143 с.
- 13.Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами./ Под ред. В.И.Круповича, Ю.Г.Барыбина, М.Л.Самовера.– 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982.– 416 с.
- 14.Александров Н.Н. Электрические машины и микромашины. – М.: Колос, 1983.– 384 с., ил.
- 15.Волков Н.И. Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики: Учебн. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика» – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Высш. шк., 1986.– 335 с., ил.
- 16.Штёлтинг Г. Байссе А. Электрические микромашины: Пер. с нем. – М.: Энергоатомиздат, 1991.– 229 с., ил.
- 17.Ямамура С. Теория линейных асинхронных двигателей: Пер. с англ., -Л.: Энергоатомиздат, 1983.-180с.

Таблиця 1

№ варіанту	$\frac{r_1}{r_2}$	J , кг*сек <sup>2</sup>
1.	1,05	0,1
2.	1,1	0,12
3.	1,2	0,15
4.	1,3	0,14
5.	1,4	0,18
6.	1,5	0,21
7.	1,05	0,46
8.	1,1	0,32
9.	1,2	0,24
10.	1,3	0,08
11.	1,4	0,2
12.	1,5	0,38
13.	1,05	0,41
14.	1,1	0,33
15.	1,2	0,27
16.	1,3	0,24
17.	1,4	0,51
18.	1,5	0,47
19.	1,6	0,53
20.	1,7	0,29

Таблиця 2

№ варіанту	P, кВт	n, об/хв	s <sub>H</sub> ,%	η	cos φ	λ	GD <sup>2</sup> , кг/м
1.	4,5	1500	4	0,855	0,8	2	2,8
2.	1,1	1500	5	0,79	0,75	2,5	0,7
3.	2	1500	4,6	0,82	0,77	2	1,2
4.	3,2	1500	4,2	0,84	0,79	2,5	1,4
5.	4	3000	4,1	0,81	0,72	2	2,2
6.	4,3	1500	4	0,82	0,74	2,3	2,1
7.	3,6	3000	4,3	0,78	0,81	2,3	1,8
8.	2,2	1500	5	0,75	0,79	2,5	1,3
9.	1,5	3000	5,1	0,79	0,76	2	0,7
10.	1,8	1500	4,9	0,74	0,78	2,5	0,9
11.	4,5	3000	4,8	0,79	0,8	2,3	2,5
12.	1,1	1500	5,5	0,71	0,75	2	0,6
13.	2	3000	5,2	0,81	0,72	2,5	1,1
14.	3,2	1500	4,5	0,82	0,74	2,3	1,4
15.	4	3000	4,7	0,78	0,76	2	1,9
16.	4,3	1500	4	0,75	0,81	2,5	2,3
17.	3,6	3000	4,2	0,79	0,79	2,3	1,8
18.	2,2	1500	5,1	0,82	0,78	2	1,2
19.	1,5	3000	5,6	0,84	0,77	2,3	0,8
20.	1,8	1500	5,5	0,81	0,79	2,5	0,9

Методичні вказівки щодо контрольних робіт з навчальної дисципліни «Спеціальні системи електроприводу» для студентів заочної форми навчання зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за спеціалізацією «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод».

Укладач: к.т.н., доц. Зачепа Ю.В.

Відповідальний за випуск зав. кафедри САУЕ 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