

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Институт энергетики
Кафедра электропривода и автоматизации

Составители
А. В. Григорьев
А. Н. Гаргаев

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

**Методические указания к самостоятельной работе
для аспирантов всех форм обучения**

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»
для использования в учебном процессе

Кемерово 2016

Рецензенты:

Григорьев А. В. – кандидат технических наук, заведующий кафедрой электропривода и автоматизации

Семыкина И. Ю. – доктор технических наук, доцент кафедры электропривода и автоматизации, председатель учебно-методической комиссии направления 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

Григорьев Александр Васильевич

Гаргаев Андрей Николаевич

Электротехнические комплексы и системы: методические указания к самостоятельной работе [Электронный ресурс] для аспирантов направления подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника», образовательная программа «Электротехнические комплексы и системы», всех форм обучения / сост.: А. В. Григорьев, А. Н. Гаргаев; КузГТУ. – Электрон. дан. – Кемерово, 2016.

Приведены общие положения по самостоятельной работе аспирантов, содержание теоретического материала для самостоятельного изучения, перечень лабораторных работ, по которым должны быть оформлены отчеты и проведена подготовка к их защите, содержание и требования к контрольной работе, экзаменационные вопросы, учебно-методическое обеспечение дисциплины.

© КузГТУ, 2016

© Григорьев, А. В., Гаргаев, А. Н.,
составление, 2016

1 Общие положения по самостоятельной работе студентов

Важным компонентом обучения в аспирантуре является самостоятельная работа, управляемая и контролируемая научным руководителем, которая позволяет формировать умения и навыки, необходимые аспирантам в будущей научной и практической деятельности.

Курс относится к дисциплинам по выбору вариативной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и предполагает наличие у аспирантов знаний по информатике, теоретическим основам электротехники, электрическим машинам, физическим основам электроники, преобразовательной техники, теории электропривода, системам управления электроприводов, автоматизированному электроприводу в объеме программы высшего образования по направлениям подготовки бакалавров.

В результате освоения теоретической части дисциплины и выполнения лабораторных работ и контрольной работы аспирант овладевает следующими знаниями и навыками:

- знанием средств вычислительной техники и численных методов для решения задач анализа и синтеза электротехнических комплексов и систем (ЭТКИС);
- знанием методов расчета статических и динамических характеристик элементов ЭТКИС;
- знанием методов моделирования и расчета процессов и режимов работы ЭТКИС;
- знанием методов исследования на персональном компьютере моделей ЭТКИС;
- навыками синтеза и реализации моделей ЭТКИС на персональном компьютере, а также их исследования;
- навыками составления расчетных схем сложных ЭТКИС и расчета параметров их элементов.

Для аспирантов предусмотрено выполнение контрольной работы.

2 Указания к самостоятельному изучению теоретического материала

Содержание теоретического материала дисциплины для самостоятельного изучения представлено в табл. 1.

Таблица 1

Неделя семестра	Раздел	Наименование самостоятельной работы	Форма обучения	
			Очн.	Заочн.
1–17	2	Контрольная работа «Исследование автоматизированного электропривода подъема карьерного экскаватора»	–	+
3	2	Конспект по теме «Проблемы моделирования электротехнических комплексов и систем электроприводов» (Домашнее задание)	+	+
5	3	Конспект по теме «Методы исследования линейных и нелинейных моделей систем» (Домашнее задание)	+	+
7	4	Конспект по теме «Техническое и программное обеспечение моделирования» (Домашнее задание)	+	+
9	5	Конспект по теме «Расчеты динамических режимов АД с кабелем в статорной цепи» (Домашнее задание)	+	+
11	6	Конспект по теме «Моделирование электромеханических переходных процессов в системе электроснабжения горных машин» (Домашнее задание)	+	+
13	8	Конспект по теме «Аналитические основы построения и моделирование замкнутых систем управления» (Домашнее задание)	+	+
15	9	Конспект по теме «Принцип максимума Л. С. Понтрягина» (Домашнее задание)	+	+
16–18	1–9	Подготовка к экзамену	+	+

Самостоятельная работа аспиранта заключается в изучении литературы и составлении конспектов по темам дисциплины, представленным выше, а также выполнении контрольной работы.

По каждой теме самостоятельного изучения теоретического материала рекомендуется оформлять изученный материал в письменной форме с приведением основных вопросов в кратком изложении, с приведением необходимых формул и графиков. Необходимо также привести список использованной литературы.

Учебно-методические материалы по дисциплине находятся в электронной библиотеке методических материалов кафедры прикладных информационных технологий и кафедры электропривода и автоматизации, а также в электронной библиотеке НТБ КузГТУ.

3 Указания для подготовки к практическим занятиям

Перечень практических занятий, к которым студент должен заранее подготовиться, оформить отчеты и защитить их, приведен в табл. 2.

Таблица 2

Неделя курса	№ раздела	Наименование работы	Форма обучения	
			Очн.	Заочн.
1	2, 3	1. Моделирование объектов управления (асинхронный электродвигатель, механические и электромеханические характеристики) в среде SCICOS	+	—
3	4	2. Моделирование режимов работы асинхронного электродвигателя с кабелем в статорной цепи в среде SCICOS	+	—
5	5, 6	3. Моделирование режимов работы двух асинхронных электродвигателей с кабелем в статорной цепи в среде SCICOS	+	+
7	2, 3	4. Моделирование объектов управления (асинхронный электродвигатель, механические и электромеханические характеристики) в среде LAZARUS	+	—
9–13	4–6	5. Моделирование многодвигательного асинхронного электропривода в системе электроснабжения в среде LAZARUS	+	+
14–18	7–9	6. Моделирование управления асинхронным электродвигателем в среде LAZARUS	+	+

По выбору аспиранта тематика практических занятий планируется в соответствии с его индивидуальной темой исследования или по перечню, приведенному выше.

4 Контрольная работа

Исследование автоматизированного электропривода подъема карьерного экскаватора

Цель работы: Получить навыки компьютерного моделирования и анализа системы автоматизированного электропривода на примере автоматизированного электропривода подъема карьерного экскаватора.

Контрольная работа заключается в создании и исследовании компьютерной модели автоматизированного электропривода карьерного экскаватора. Тип экскаватора и среда реализации компьютерной модели выбирается аспирантом самостоятельно. Данные для построения компьютерной модели можно взять из таблиц 3–6. Необходимо уделить отдельное внимание анализу динамических процессов в электрической, электромеханической и механической подсистемах электропривода экскаватора.

Таблица 3

Состав электроприводов экскаваторов ЭКГ

Экскаватор	Электропривод					
	подъем		напор		поворот	
	генератор	двигатель	генератор	двигатель	генератор	двигатель
ЭКГ–4.6Б	ПЭМ–2000М	ДПЭ–82	ПЭМ–400М	ДПЭ–52	ГПЭ–13/14	ДПВ–52
ЭКГ–5А	ПЭМ–2000М	ДЭ–816У2	ПЭМ–400М	ДПЭ–52	ГПЭ–13/14	ДПВ–52
ЭКГ–8И	ПЭМ–151–8К	ДПЭ–82А	ПЭМ–2000М	ДЭ–812	ПЭМ–141–4К	ДЭВ–812
ЭКГ–12.5	ГПЭ–85/36–6К	МПЭ–450–900–1	ПЭ–141–4К	ДПЭ–82А	ПЭ–151–5К–2	ДПВ–82А
ЭКГ–20	ГПЭ–85/36–6К	МПЭ–500–500	ПЭ–141–4К	ДЭ–816	ПЭ–151–5К–2	ДЭВ–816

Таблица 4

Технические данные генераторов экскаваторов ЭКГ

Наименование параметра	Тип генератора							
	ПЭ-141-4К-1	ПЭ-151-5К	ПЭМ-141-4К	ГПЭ-85-36-6К	ПЭМ-2000М	ПЭМ-151-8К	ПЭМ-400М	ГПЭ-13/14
1. Номинальная мощность, <i>кВт</i>	250	520	250	1000	192	500	50	120
2. Номинальное напряжение, <i>В</i>	630	750	630	900	451	560	375	610
3. Номинальный ток, <i>А</i>	397	694	397	1100	425	895	133	197
4. Номинальная частота вращения, <i>об/мин</i>	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1480
5. Число полюсов	4	4	4	4	4	4	4	4
6. Напряжение возбуждения, <i>В</i>	45	48	30.5	110	27.6	38.5	20.8	26
7. Ток возбуждения, <i>А</i>	16.4	29	12.5	28	12.8	29	10	11
8. Сопротивления при 15°C, <i>Ом</i> : <ul style="list-style-type: none"> • обмотки якоря, $\times 10^{-3}$ • дополнительных полюсов, $\times 10^{-3}$ • обмотки • возбуждения • компенсационной обмотки, $\times 10^{-3}$ 	33.5	12.2	33.5	8.25	12.15	7.5	63.5	55.5
	6.47	1.97	5.4	1.85	4.4	1.63	18.48	16.1
	3.84	1.66	3.84	2.38	2.43	0.92	2.76	2.89
	13.9	6.82	13.9	4.65	—	5.16	—	—
9. Число витков независимого возбуждения	300	300	360	250	300	300	287	374
10. Магнитный поток одного полюса, $Вб \times 10^{-2}$	5.81	6.65	6.64	10.06	5.02	5.78	1.94	3.08

Таблица 5

Технические данные электродвигателей экскаваторов ЭКГ

Наименование параметра	Тип двигателя										
	ДЭ-816	ДЭВ-816	ДПЭ-82	МПЭ-500-500	ДЭ-812 (ДЭВ-812)	МПЭ-450-900-1	ДПЭ-82А	ДЭ-816У2	ДПЭ-52	ДПВ-82А	ДПВ-52
1. Номинальная мощность, кВт	150	150	175	500	100	450	140	200	54	190	60
2. Номинальное напряжение, В	220	440	460	440	305	440	440	400	395	270	305
3. Номинальный ток, А	740	370	410	1210	360	1090	350	490	150	760	220
4. Номинальная частота вращения, об/мин	480	480	740	500	750	1100	610	750	1200	740	1230
5. Напряжение возбуждения, В	220	220	85	220	80	110	85	85	95	85	85
6. Ток возбуждения, А	6.5	6.5	24	22	12.7	22.1	13.4	21.15	15.2	19.5	13.5
7. Число полюсов	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
8. Сопротивления при 15°C, Ом $\times 10^{-3}$:											
• обмотки якоря	5.5	21.9	12.2	6.43	14	5.5	15.5	11.4	33	3.6	19
• дополнительных полюсов	3	16.6	8.6	1.98	9	1.3	11.5	5.7	20.5	3.2	12.5
• компенсационной обмотки	—	—	—	3.28	—	4.43	—	—	—	—	—
9. Момент инерции, кг \times м ²	16.2	16.2	17.0	40	7	30	17	15.1	2	17	1.87

Таблица 6

Технические данные экскаваторов ЭКГ

Наименование параметра	Экскаватор				
	ЭКГ-4.6Б	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12.5	ЭКГ-20
1. Емкость ковша, m^3	4.6	5.0	8.0	12.5	20.0
2. Длина стрелы, m	10.5	10.5	13.4	18.0	17.7
3. Длина рукояти, m	7.8	7.8	11.5	13.4	11.9
4. Угол наклона стрелы, $град.$	45	45	47	45	50
5. Масса рукояти, t	7.85	7.85	10.4	19.0	33.8
6. Масса ковша, t	9.30	9.87	15.6	30.0	41.0
7. Геометрические размеры ковша, m :					
• длина	2.55	2.60	3.15	3.83	4.24
• ширина	2.20	2.20	2.95	3.26	3.90
• высота	2.56	2.56	3.35	3.90	3.30
8. Высота оси пяты стрелы, m	2.54	2.54	5.01	4.85	5.50
9. Высота напорного вала, m	6.70	6.70	8.31	10.1	10.9
10. Диаметр каната, $мм$	39	39	45	39	57
11. Высота экскаватора, m	10.92	10.92	11.55	15.63	19.30
12. Максимальная высота черпания, m	10.30	10.30	14.72	15.08	17.90
13. Вылет рукояти максимальный, m	7.80	7.80	11.50	13.38	11.90
14. Диаметр барабана подъемной лебедки, m	1.050	1.050	1.400	1.400	1.430
15. Диаметр кремальерной шестерни напорного механизма, m	0.336	0.336	–	–	0.630
16. Диаметр напорного барабана, m	–	–	1.2	1.4	–
17. Передаточное отношение механизмов:					
• подъема	46.01	46.07	149.14	25.41	36.2
• напора	38.13	38.13	82.21	90.17	21.76
• поворота	389.8	389.8	268.69	264.53	–
18. Номинальная скорость, m/c	0.87	0.87	0.94	1.10	1.10
19. Расчетная продолжительность цикла, c	23	25	26	28	28
20. Максимальное усилие, kH :					
• на блоке ковша	441.0	490.0	784.0	1274.0	1800
• напорного механизма	200.9	200.9	362.6	588	735
21. КПД механизмов:					
• подъема	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
• напора	0.87	0.87	0.87	0.84	0.87
• поворота	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87

Наименование параметра	Экскаватор				
	ЭКГ-4.6Б	ЭКГ-5А	ЭКГ-8И	ЭКГ-12.5	ЭКГ-20
22. Диаметр головного блока стрелы, м	1.76	1.76			
23. Расстояние от пяты стрелы до оси вращения кремальерной шестерни, м	4.6	4.6			
24. Расстояние от оси стрелы до центра вращения кремальерной шестерни, м	0.74	0.74			

Контрольную работу необходимо выполнять параллельно с изучением теоретического материала курса. В расчетно-пояснительной записке должны быть приведены полные условия задания, функциональные и структурные схемы, расчеты, динамические механические и электромеханические характеристики, графики переходных процессов (электрической, электромеханической и механической подсистем), полученные в результате компьютерного моделирования и их анализ.

Пояснительная записка по контрольной работе должна содержать: титульный лист, оглавление, задание, текст работы (включая введение, главы и заключение), список используемых источников, приложения (при необходимости). Пояснительная записка оформляется согласно ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления».

При выполнении контрольной работы аспирант должен руководствоваться тем, что данный процесс является важным элементом в изучении теоретического материала. Вместе с тем выполнение контрольной работы даст возможность аспиранту получить объективную оценку степени усвоения изученного им материала. В случае затруднений, возникающих в процессе решения работы, рекомендуется обращаться к научному руководителю за получением консультации. Правильно выполненная работа подлежит защите при собеседовании с преподавателем.

5 Экзаменационные вопросы

1. Моделирование систем. Цели исследования математических моделей электротехнических комплексов и систем.
2. Адекватность математических моделей. Виды моделирования. Современные программно-инструментальные средства моделирования.
3. Проблемы моделирования электрических и электромеханических систем. Классификация моделей по характеру и способам использования.
4. Принципы и способы электромеханического преобразования энергии, устройства для преобразования.
5. Моделирование электрических машин в составе электроприводов.
6. Моделирование электромеханических переходных процессов в системе электроснабжения горных машин.
7. Модель электрической машины в сети электроснабжения.
8. Математические основы конструирования систем управления (вариационное исчисление, принцип максимума Л. С. Понтрягина, достаточные условия абсолютного минимума В. Ф. Кротова).
9. Проблемы моделирования современных систем управления электроприводами (оптимальное управление, векторное управление и пр.).
10. Аварийные режимы работы систем электроснабжения с электродвигательной нагрузкой.
11. Условия работы коммутационной аппаратуры в системе электроснабжения с электродвигательной нагрузкой.
12. Динамические процессы в многодвигательных электроприводах горных машин.
13. Системы оценки качества асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.
14. Оптимальные процессы с параметрами электроприводов горных машин.
15. Энергосберегающие структуры систем электроснабжения с электродвигательной нагрузкой.
16. Проблемы защиты электрических машин и электроприводов в аварийных режимах.

17. Методы и технические средства энергосбережения в промышленности.

18. Проблемы статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем и пути их решения.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1 Основная литература

1. Гайдук, А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решением в Matlab [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А. Р. Гайдук, В. Е. Беляев, Т. А. Пьявченко. – СПб.: Лань, 2011. – 464 с. Режим доступа:

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2033

2. Певзнер, Л. Д. Лабораторный практикум по дисциплине «Теория автоматического управления» [Электронный ресурс]: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Управление и информатика в технических системах» направления подготовки «Автоматизация и управление» / Л. Д. Певзнер, В. В. Дмитриева. – М.: МГТУ, 2010. – 127 с. Режим доступа:

<http://www.biblioclub.ru/book/83889/>

6.2 Дополнительная литература

3. Ещин, Е. К. Электромеханические системы многодвигательных электроприводов (Моделирование и управление) [Электронный ресурс]: учеб. пособие / ГОУ ВПО «Кузбас. гос. техн. ун-т». – Кемерово: КузГТУ, 2003. – 247 с. Режим доступа:

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90159&type=utchposob:common>

4. Ильинский, Н. Ф. Электропривод: энерго- и ресурсосбережение: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов 140600 «Электротехника, электромеханика и электротехнологии» / Н. Ф. Ильинский, В. В. Москаленко. – М.: Академия, 2008. – 208 с.

5. Фираго, Б. И. Теория электропривода: учеб. пособие для студентов специальности «Автоматизированные электроприводы» / Б. И. Фираго, Л. Б. Павлячик. – Минск: Техноперспектива, 2007. – 585 с.

6.3 Периодические издания

Библиотечный фонд КузГТУ для ведения подготовки по направлению 13.06.01 «Электро- и теплотехника» включает в себя следующие научные журналы: «Электричество», «Электротехника», «Известия вузов. Электромеханика», «Промышленная энергетика», «Электрика», «Автоматика и телемеханика», Реферативный журнал «Энергетика и электротехника».

6.4 Интернет-ресурсы

1. Электронная библиотечная система издательства «Лань». URL: <http://e.lanbook.com>.
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн». URL: www.biblioclub.ru.
3. Сайт о моделировании и исследовании: систем, объектов, технических процессов и физических явлений. Здесь освещаются и поддерживаются разделы. URL: <http://model.exponenta.ru>

КузГТУ обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения.