



Министерство науки и высшего образования РФ
ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный
университет»

П. А. Осипов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

**Методические рекомендации и задания к расчетно-
графической работе для студентов направления
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
профиля бакалавриата Электротехнические
комплексы и системы горных и промышленных
предприятий**

Год набора: 2021

*для студентов
очной и заочной формы обучения*

Екатеринбург

2020

Расчетно-графическая работа

Расчетно-графическая работа:

1. Расчет мощности и выбор типа двигателя по заданной нагрузочной диаграмме. Выбор передаточного устройства.

2. Расчет и построение по паспортным данным естественной и искусственных механических характеристик в двигательном и тормозных режимах работы. Тормозная диаграмма.

2.1. Двигатель постоянного тока независимого возбуждения. Расчет и построение по паспортным данным естественной и искусственных механических характеристик в двигательном и тормозных режимах работы. Тормозная диаграмма.

2.2. Асинхронный двигатель с фазным ротором. Расчет и построение по паспортным данным естественной и искусственных механических характеристик в двигательном и тормозных режимах работы. Тормозная диаграмма.

3. Проверка выбранного двигателя

Условия: Задается тип двигателя (двигатель постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ), асинхронный двигатель с фазным ротором (АДФР)), угловая скорость вращения механизма ω_m [рад·с⁻¹], момент инерции механизма J_m [кг·м²], нагрузочная диаграмма в виде значений момента сопротивления механизма [Нм] и времени его действия [с] на семи интервалах ($M_1, t_1, M_2, t_2, M_3, t_3, M_4, t_4, M_5, t_5, M_6, t_6, M_7, t_7$). Варианты работы для студентов группы уникальные.

Варианты заданий на расчетно-графическую работу по дисциплине "Электрический привод" группы ЭЭТ-16-1																		
№	ФИО	Тип двигателя	M_1	t_1	M_2	t_2	M_3	t_3	M_4	t_4	M_5	t_5	M_6	t_6	M_7	t_7	ω_m	J_m
1	Бобриков Иван	АДФР	600	185	250	310	450	20	290	130	430	215	420	135	360	60	71	21
2	Валимухаметов Евгений	ДПТНВ	650	35	250	215	600	170	390	40	230	115	570	15	160	315	41	18
3	Голованов Антон	АДФР	650	30	20	255	350	70	340	230	1230	215	670	35	140	265	115	15
4	Давлетов Ильдар	ДПТНВ	300	33	130	165	560	120	290	90	780	165	590	185	160	95	85	11
5	Дружинин Евгений	АДФР	420	45	350	95	390	70	690	230	550	315	720	235	240	115	134	10
6	Карпова Анна	ДПТНВ	850	35	250	215	260	40	690	130	400	265	450	185	410	65	74	8
7	Кмита Андрей Павлович	АДФР	700	15	350	215	625	160	390	280	630	140	470	105	410	75	109	25
8	Константинов Павел	ДПТНВ	900	85	150	140	510	95	340	80	490	215	680	125	260	215	59	15
9	Кротов Дмитрий	АДФР	890	85	650	165	300	120	290	250	430	205	470	225	210	85	49	19
10	Куценко Евгений	ДПТНВ	570	25	650	155	580	190	690	80	720	185	390	85	220	215	60	13
11	Охоткин Александр	АДФР	850	45	850	175	310	10	690	70	1030	35	360	285	260	65	59	15
12	Потешкин Артем	ДПТНВ	670	35	450	75	150	970	640	130	430	135	1170	85	420	75	74	28
13	Репин Николай	АДФР	330	65	300	140	700	110	270	240	930	115	670	175	360	155	69	25
14	Сурков Иван	ДПТНВ	400	30	530	165	1300	160	470	60	730	265	1270	175	460	95	72	22
15	Терехин Дмитрий	АДФР	530	175	550	155	1200	170	430	230	1030	55	1170	165	430	75	34	21
16	Фарлюкцин Ранис	ДПТНВ	650	35	210	175	1000	190	450	90	780	205	970	185	400	95	100	20
17	Чернеев Павел	АДФР	1200	110	250	75	120	15	1290	130	120	25	90	35	140	55	84	11

18	Штандар ук Александр	ДПТнв	300	175	300	195	300	100	780	60	450	95	270	25	210	135	109	8
19	Шукин Артем	АДфр	880	35	150	135	600	100	129 0	150	980	185	570	165	460	75	69	23

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Онищенко Г. Б. Электрический привод. Учебник для вузов – М.: РАСХН. 2003. – 320.: ил.
2. Ключев, В. И. Теория электропривода : учеб. для вузов / Владимир Иванович Ключев В. И. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 2001. - 704 с. : ил. - Библиогр.: с. 689.

Дополнительная литература

3. Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебн. пособие для вузов. – 3-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 224 с.: ил.
4. Ситников Н. Б. Электрический привод: конспект лекций. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2004. 280 с.
5. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: учебн. для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М., Энергоиздат», 1981. 575 с.
6. Электропривод. Методические разработки к лабораторным работам по дисциплине «Электропривод» для студентов направлений: 551300 – «Электротехника, электромеханика и электротехнологии», 550600 – «Горное дело», 551800 – «Технологические машины и оборудование» и др./ В. Ф. Бекетов, доцент. Уральская государственная горно-геологическая академия. Кафедра электрификации горных предприятий. – Екатеринбург: Изд. УГГА, 2000. – 74 с.
7. Электрический привод: методические указания для проведения лабораторных работ. / сост.: Н. Б. Ситников, В. Т. Трапезников, В. В. Елисеев; Изд-во УГГУ. - Екатеринбург: УГГУ, 2005. 63 с.
8. Ситников Н. Б. Электропривод: учебно-методические разработки к решению типовых задач по курсу «Электропривод». – Свердловск: СГИ, 1976. 65 с.
9. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [М. П. Белов, О. И.Зементов, А. Е. Козярук и др.]; под ред. В. А. Новикова, Л. М. Чернигова. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 368 с.



Министерство науки и высшего образования
ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

П. А. Осипов

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД

***Методические указания по организации
самостоятельной работы для студентов
направления 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника, профиля бакалавриата
Электротехнические комплексы и системы
горных и промышленных предприятий***

Год набора: 2021

**Екатеринбург
2020**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тематический план дисциплины.....	4
2. Тематика лабораторных, практических работ	6
3. Вопросы к экзамену по дисциплине	6
4. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	11
5. Перечень ресурсов информационнотелекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	12

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

самовоспроизводящая – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

поисковая – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

творческая – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

Контрольная работа (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

Расчетно-графическая работа (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
1	Назначение и функции электропривода. Структура электропривода.	4	7	[1] с. 5...14 [2] с. 5...9
2	Классификация электроприводов. Основные сведения из истории развития электропривода	6	9	[1] с. 18...22 [2] с. 9...19
3	Механические характеристики двигателя и рабочего механизма. Двигательный и тормозной режимы работы электродвигателя	4	7	[1] с. 23...28 [2] с. 24...85
4	Уравнение движения электропривода. Приведение моментов и моментов инерции к валу	6	9	[1] с. 30...35 [2] с. 43...51

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
	электродвигателя			
5	Механические характеристики и режимы работы двигателя постоянного тока с независимого возбуждения	4	7	[1] с. 103...113 [2] с. 137...169
6	Механические характеристики и режимы работы двигателя постоянного тока последовательного возбуждения	6	9	[1] с. 127...134, [2] с. 169...184
7	Механические характеристики и режимы работы асинхронного двигателя	4	7	[1] с. 42...78 [2] с. 187...205
8	Механические характеристики и режимы работы синхронного двигателя	6	9	[1] с. 78...86 [2] с. 255...237
9	Механические характеристики и режимы работы вентильно-индукторного двигателя	6	9	[1] с. 170...177 [2] с. 237...241
10	Общие сведения. Переходные процессы, определяемые механической инерционностью электропривода	4	7	[1] с. 186...191 [2] с. 266...276
11	Переходные процессы в электроприводе постоянного тока	4	7	[1] с. 195...205 [2] с. 286...315
12	Переходные процессы в электроприводе переменного тока	6	9	[2] с. 315...324
13	Энергетические показатели электропривода. Энергосбережение средствами электропривода	3	6	[1] с. 264...27 [2] с. 337...356
14	Нагрузочные диаграммы и режимы работы электродвигателей. Расчет мощности и выбор типа электродвигателя	3	9	[1] с. 280...287 [2] с. 356...365
15	Проверка двигателя по нагреву в продолжительном и повторно-кратковременном режимах работы	3	8	[2] с. 365...386

* см. методические указания к контрольной работе

2. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Таблица 2 – Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование тем лабораторных работ	Трудоемкость, час	
		очная	заочная
3.1	Исследование механических свойств двигателя постоянного тока независимого возбуждения	4	
3.1	Исследование механических характеристик привода по системе Г-Д постоянного тока	4	
3.3	Исследование механических свойств трехфазного асинхронного двигателя	8	
Итого:		16	

Таблица 3 – Перечень практических работ

Номер раздела и темы	Наименование тем практических работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
1.1, 5.1	Расчет мощности и выбор типа двигателя по заданной нагрузочной диаграмме. Выбор передаточного устройства	4	
2.1, 2.2, 3.2, 4.1	Расчет и построение по паспортным данным естественной и искусственных механических характеристик в двигательном и тормозных режимах работы двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Тормозная диаграмма.	5	
2.1, 2.2, 3.4, 4.1	Расчет и построение по паспортным данным естественной и искусственных механических характеристик в двигательном и тормозных режимах работы синхронного двигателя. Тормозная диаграмма.	5	
5.2	Проверка выбранного двигателя	2	
3.1	Расчет и построение по паспортным данным естественной и искусственных механических характеристик в двигательном и тормозных режимах работы двигателя постоянного тока независимого возбуждения. Тормозная диаграмма.		4
3.3	Расчет и построение по паспортным данным естественной и искусственных механических характеристик в двигательном и тормозных режимах работы синхронного двигателя. Тормозная диаграмма.		4
Итого:		16	8

3. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Назначение, функции и структура электропривода.
2. Классификация электроприводов.
3. Механические характеристики двигателя и рабочего механизма. Двигательный и тормозной режимы работы электродвигателя
4. Уравнение движения электропривода. Приведение моментов и моментов инерции к валу электродвигателя

5. Механические характеристики и режимы работы двигателя постоянного тока с независимого возбуждения
6. Механические характеристики и режимы работы двигателя постоянного тока последовательного возбуждения
7. Механические характеристики и режимы работы асинхронного двигателя
8. Механические характеристики и режимы работы синхронного двигателя
9. Механические характеристики и режимы работы вентильно-индукторного двигателя
10. Общие сведения. Переходные процессы, определяемые механической инерционностью электропривода
11. Переходные процессы в электроприводе переменного тока
12. Переходные процессы в электроприводе постоянного тока
13. Энергетические показатели электропривода. Энергосбережение средствами электропривода
14. Нагрузочные диаграммы и режимы работы электродвигателей. Расчет мощности и выбор типа электродвигателя
15. Проверка двигателя по нагреву в продолжительном и повторно-кратковременном режимах работы
16. Функции регулируемого электропривода. По каким координатам возможно регулирование в электроприводе?
17. Перечислите основные параметры механической характеристики двигателя и рабочего механизма.
18. Определить в каких квадрантах механической характеристики возможны двигательный и тормозные режимы работы?
19. Графический способ определения жесткости механической характеристики.
20. Основное отличие активного от реактивного момента сопротивления?
21. Назовите самый энергетически эффективный режим работы для опускания груза подъемной установкой.
22. Что характеризует величина разности момента двигателя и момента сопротивления в уравнении движения электропривода?
23. Отличие уравнений движения электропривода для вращательного и поступательного движения.
24. Зачем необходимо приведение моментов и моментов инерции к валу электродвигателя?
25. Принципы приведения моментов и моментов инерции к валу электродвигателя.
26. Чем больше коэффициент передачи редуктора тем меньше приведенный момент инерции?
27. Чем больше коэффициент передачи редуктора тем меньше приведенный статический момент?
28. Способы возбуждения двигателя постоянного тока независимого возбуждения.
29. Для двигателей постоянного тока, какой мощности применяется электромагнитное возбуждение от постоянных магнитов?
30. Как изменяется скорость идеального холостого хода и жесткость механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при увеличении цепи якоря в два раза?

31. Какие сопротивления могут входить в сопротивления якорной цепи?
32. Возможно уменьшить сопротивление якоря двигателя постоянного тока независимого возбуждения меньше номинального значения?
33. Как изменяется скорость идеального холостого хода и жесткость механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при ослаблении магнитного потока возбуждения в два раза от номинального значения?
34. Целесообразно увеличение магнитного потока обмотки возбуждения двигателя постоянного тока независимого возбуждения выше номинального?
35. Как изменяется скорость идеального холостого хода и жесткость механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения при уменьшении напряжения питания якоря в два раза от номинального значения?
36. К чему может привести увеличение напряжения питания якоря двигателя постоянного тока независимого возбуждения выше номинального?
37. Каким образом осуществляется двухзонное регулирование скорости двигателя постоянного тока независимого возбуждения?
38. Почему регулирование двигателя постоянного тока независимого возбуждения выше основной производится при постоянстве мощности, а ниже при постоянном моменте?
39. В каких режимах работы может работать двигателя постоянного тока независимого возбуждения в квадрантах механической характеристики?
40. Как перевести двигателя постоянного тока независимого возбуждения из двигательного в генераторный режим работы? Объяснить изменение направления электромагнитного момента и тока якоря.
41. Условия перехода двигателя постоянного тока независимого возбуждения в режим противовключения.
42. Условия перехода двигателя постоянного тока независимого возбуждения в режим электродинамического торможения.
43. Каким образом осуществляется реверсирование двигателя постоянного тока независимого возбуждения?
44. Основное конструктивное отличие двигателя постоянного тока независимого возбуждения от двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
45. Вид естественной и идеальной механической характеристики двигателя постоянного тока последовательного возбуждения?
46. Вид характеристик при изменении сопротивления и напряжения?
47. Достоинства двигателя постоянного тока последовательного возбуждения.
48. Для каких механизмов применяется электропривод с двигателя постоянного тока последовательного возбуждения?
49. Какой ток протекает по обмотке последовательного возбуждения?
50. Каким образом осуществляется реверсирование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения?
51. Режимы работы двигателя постоянного тока последовательного возбуждения?
52. Как перевести двигателя постоянного тока последовательного возбуждения из двигательного в генераторный режим работы? Объяснить схему шунтирования обмотки якоря.

53. Как перевести двигателя постоянного тока последовательного возбуждения в режим противовключения?
54. Как перевести двигателя постоянного тока последовательного возбуждения в режим электродинамического торможения?
55. Как образуется вращающееся магнитное поле статора асинхронного двигателя?
56. Что определяется число пар полюсов обмотки статора асинхронного двигателя?
57. Типы обмоток ротора асинхронного двигателя.
58. Схемы соединения обмоток статора асинхронного двигателя.
59. К чему приводит изменение числа пар полюсов многоскоростных асинхронных двигателей?
60. Как определяется скольжение асинхронного двигателя?
61. Где применяется асинхронные двигатели с фазным ротором?
62. Запуск асинхронного двигателя с фазным ротором.
63. Виды схем замещения асинхронного двигателя.
64. Основные точки механической характеристики асинхронного двигателя.
65. От чего зависит скорость идеального холостого хода, критическое скольжение, критический и пусковой момент?
66. Чем опасно снижение напряжения питания статора асинхронного двигателя?
67. Каким образом осуществляется реверсирование асинхронного двигателя?
68. Режимы работы асинхронного двигателя?
69. Как перевести асинхронный двигатель из двигательного в генераторный режим работы?
70. Как перевести асинхронный двигатель в режим противовключения?
71. Как перевести асинхронный двигатель в режим электродинамического торможения? Схемы включения статорных обмоток в режиме электродинамического торможения.
72. Как образуется вращающееся магнитное поле статора синхронного двигателя?
73. Достоинства синхронного двигателя по сравнению с асинхронным.
74. Что определяется число пар полюсов обмотки статора синхронного двигателя?
75. Отличия явнополюсного от неявнополюсного типов ротора синхронного двигателя.
76. Способы возбуждения синхронного двигателя.
77. Для какого типа ротора синхронного двигателя характерно наличие реактивного момента?
78. Схемы соединения обмоток статора синхронного двигателя.
79. Как производится запуск синхронного двигателя с помощью пусковой обмотки?
80. Как определить угол нагрузки синхронного двигателя?
81. Для каких механизмов применяется синхронные двигатели?
82. Вид механической характеристики синхронного двигателя.
83. Угловая характеристика явнополюсного и неявнополюсного синхронного двигателя.
84. От чего зависит угол нагрузки синхронного двигателя.
85. Режимы работы синхронного двигателя.
86. Особенности конструкции и формы питающего напряжения вентильно-индукторного двигателя.
87. Форма механической характеристики вентильно-индукторного двигателя.

88. Принцип создания электромагнитного момента вентильно-индукторного двигателя.
89. Режимы работы вентильно-индукторного двигателя.
90. Причины возникновения переходных процессов.
91. У каких механизмов можно не учитывать влияние переходных процессов?
92. Классификация переходных процессов.
93. Типы внутренних переходных процессов?
94. Переходные процессы, определяемые механической инерционностью электропривода. Вид переходной характеристики пуска электропривода.
95. Какие переходные процессы существуют в электроприводе постоянного тока?
96. Процесс изменения тока возбуждения при подключении обмотки возбуждения к источнику питания.
97. Чем определяется электромеханическая постоянная времени двигателя постоянного тока?
98. Как влияет отрицательная обратная связь на характер переходных процессов?
99. Как определить электромагнитную постоянную времени якорной цепи?
100. Какие переходные процессы существуют в электроприводе переменного тока?
101. Чем определяется электромеханическая постоянная времени асинхронного двигателя?
102. Как определить электромагнитную постоянную времени асинхронного двигателя?
103. Какие существуют энергетические показатели электропривода?
104. Составляющие коэффициента полезного действия электропривода.
105. Как определить КПД электропривода?
106. От чего зависит КПД двигателя?
107. Классификация потерь в электроприводе.
108. Вид характеристики КПД асинхронного двигателя.
109. Энергосбережение средствами электропривода. Способы снижения потерь в электроприводе.
110. Что такое нагрузочная диаграмма механизма и электропривода?
111. Для чего используются нагрузочные диаграммы и тахограммы?
112. Порядок выбора типа приводного двигателя.
113. Как производится расчет мощности двигателя?
114. Метод расчета нагрева двигателя по эквивалентному току.
115. Метод расчета нагрева двигателя по эквивалентному моменту.
116. Метод расчета нагрева двигателя по эквивалентной мощности.
117. Как определить режим работы двигателя с помощью продолжительности включения ПВ: продолжительный и повторно-кратковременный.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Онищенко Г. Б. Электрический привод. Учебник для вузов – М.: РАСХН. 2003. – 320.: ил.	46
2	Ключев, В. И. Теория электропривода : учеб. для вузов / Владимир Иванович Ключев В. И. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 2001. - 704 с. : ил. - Библиогр.: с. 689.	18

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
3	Ильинский Н. Ф. Основы электропривода: Учебн. пособие для вузов. – 3-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 224 с.: ил.	46
4	Ситников Н. Б. Электрический привод: конспект лекций. Екатеринбург, Изд-во УГГУ, 2004. 280 с.	25
5	Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода: учебн. для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. М., Энергоиздат», 1981. 575 с.	105
6	Электропривод. Методические разработки к лабораторным работам по дисциплине «Электропривод» для студентов направлений: 551300 – «Электротехника, электромеханика и электротехнологии», 550600 – «Горное дело», 551800 – «Технологические машины и оборудование» и др./ В. Ф. Бекетов, доцент. Уральская государственная горно-геологическая академия. Кафедра электрификации горных предприятий. – Екатеринбург: Изд. УГГА, 2000. – 74 с.	100
7	Электрический привод: методические указания для проведения лабораторных работ. / сост.: Н. Б. Ситников, В. Т. Трапезников, В. В. Елисеев; Изд-во УГГУ. - Екатеринбург: УГГУ, 2005. 63 с.	16
8	Ситников Н. Б. Электропривод: учебно-методические разработки к решению типовых задач по курсу «Электропривод». – Свердловск: СГИ, 1976. 65 с.	50
9	Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / [М. П. Белов, О. И. Зементов, А. Е. Козярук и др.]; под ред. В. А. Новикова, Л. М. Чернигова. — М. : Издательский центр «Академия», 2006. — 368 с.	15

**5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ
ИНФОРМАЦИОННОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
«ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Официальный сайт ПО Apache OpenOffice - свободный и открытый офисный пакет – <https://www.openoffice.org/ru/>
2. Владимирский электромоторный завод - <http://www.vemp.ru>

**6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО
ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. 1. Microsoft Windows 10 Professional
2. 2. Apache Open Office (бесплатный пакет офисных программ)

Информационные справочные системы
ИПС «КонсультантПлюс».

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования.

<https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>

E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методическому

Комплексу  С.А. Управов

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Б1.В.05. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ

Специальность

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Специализация

Электротехнические комплексы и системы горных и промышленных предприятий

Квалификация (степень) выпускника:

бакалавр

форма обучения: очная, заочная

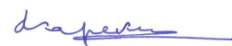
год набора 2021

Автор: Раевская Л.Т., доцент, к.ф.-м.н.

Одобрена на заседании кафедры

Электрификации горных предприятий
(ЭГП)

Зав. кафедрой



(подпись)

Карякин А. Л.

Протокол №2 от 09.10.2020 г.

Рассмотрена методической комиссией
факультета

Горно-механический

Председатель



(подпись)

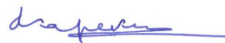
Осипов П. А.

Протокол №2 от 14.10.2020 г.

Екатеринбург
2020

Методические материалы дисциплины **«ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ»** согласованы с выпускающей кафедрой
«Электрификация горных предприятий»

Заведующий кафедрой



д.т.н., проф. Карякин А. Л.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (опыта деятельности), характеризующие формирование компетенций

Ознакомление обучающихся с процедурой и алгоритмом оценивания (в течение первой недели начала изучения дисциплины).

Проведение предварительных консультаций.

Проверка ответов на задания письменного экзамена.

Сообщение результатов оценивания обучающимся.

Оформление необходимой документации.

Экзамен – форма контроля промежуточной аттестации, в результате которого обучающийся получает оценку по четырехбалльной шкале: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

Экзамен проводится по расписанию.

Цель экзамена – завершить курс изучения дисциплины, проверить сложившуюся у обучающегося систему знаний, понятий, отметить степень полученных знаний, определить сформированность компетенций.

Для того чтобы быть уверенным на экзамене, необходимо ответы на наиболее трудные, с точки зрения обучающегося, вопросы подготовить заранее и тезисно записать. Запись включает дополнительные ресурсы памяти.

К экзамену по Вычислительным методам и прикладным программам необходимо начинать готовиться с первой лекции, практического (семинарского) занятия, так как материал, набираемый памятью постепенно, неоднократно подвергавшийся обсуждению, образует качественные знания, формирует необходимые компетенции.

При подготовке к экзамену следует пользоваться конспектами лекций, учебниками.

Экзамен по Вычислительным методам и прикладным программам проводится в устной или письменной форме путем выполнения экзаменационного задания

На подготовку к устному ответу обучающегося дается 40-60 минут в зависимости от объема билета. На подготовку ответа в письменной форме – не менее 120 минут.

При опоздании к началу письменного экзамена обучающийся на экзамен не допускается. Использование средств связи, «шпаргалок», подсказок на экзамене является основанием для удаления обучающегося с экзамена, а в экзаменационной ведомости проставляется оценка «неудовлетворительно».

Для подготовки к экзамену в письменной форме обучающийся должен иметь лист (несколько листов) формата А-4.

Лист (листы) формата А-4, на котором будет выполняться экзаменационное задание, должен быть подписан обучающимся в начале работы в правом верхнем углу. Здесь следует указать:

- Ф. И. О. обучающегося;
- группу, курс
- дату выполнения работы
- название дисциплины.

Страницы листов с ответами должны быть пронумерованы.

Проверка письменных работ осуществляется преподавателем, проводившим экзамен, в течение 3-х рабочих дней после его проведения. Результаты письменного экзамена объявляются путем выдачи копии экзаменационной ведомости старосте группы

или, результаты устного экзамена объявляются в процессе проведения экзамена после ответа обучающегося.

Экзамен может проводиться с использованием технических средств обучения.

МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

РАЗДЕЛ 1. Вычисление приближенного значения числа по заданной формуле и погрешности результата

Цель занятия:

- закрепить умения вычислять погрешности результатов арифметических действий; косвенных и прямых измерений;
- закрепить умения определять количество верных цифр в числе, вычислять относительные и абсолютные погрешности.

1.1 . Приближение числа. Погрешности приближенных значений чисел

Пусть X - точное значение некоторой величины, x - наилучшее приближение этой величины.

Определение: Абсолютной погрешностью e_x приближенного значения числа X называется модуль разности между точным числом X его приближенным значением x , т.е.

$$e_x = |X - x|.$$

Определение: Число x называется приближённым значением точного числа X с точностью до Δx , если абсолютная погрешность приближённого значения x не превышает Δx , т.е.

$$|X - x| \leq \Delta x. \quad (1.1)$$

Определение: Число Δx называется границей абсолютной погрешности приближённого значения числа x .

Число Δx на практике стараются подобрать как можно меньше. Из неравенства (1.1) найдём границы, в которых заключено точное значение числа X :

$$x - \Delta x \leq X \leq x + \Delta x.$$

$НГ_x = x - \Delta x$ - нижняя граница приближения величины X .

$ВГ_x = x + \Delta x$ - верхняя граница приближения величины X .

Определение: Относительной погрешностью δx приближенного числа x называется отношение абсолютной погрешности Δx этого приближения к числу x , т.е.

$$\delta x = \frac{\Delta x}{|x|}$$

Если первая значащая цифра в относительной погрешности δx меньше 5, то граница относительной погрешности определяется из неравенства $\delta x \leq \frac{1}{2} \cdot 10^{-n}$, где n - количество верных цифр.

Погрешности арифметических действий

$x; y$	$\Delta(x; y)$	$\delta(x; y)$
$x+y$	$\Delta x + \Delta y$	$\frac{ x }{ x+y } \delta x + \frac{ y }{ x+y } \delta y$

x-y	$\Delta x + \Delta y$	$\frac{ x }{ x-y } \delta x + \frac{ y }{ x-y } \delta y$
xy	$ x \Delta y + y \Delta x$	$\delta x + \delta y$
x/y	$\frac{ x \Delta y + y \Delta x}{y^2}$	$\delta x + \delta y$

Погрешности значений функций

f(x)	$\Delta f(x)$	$\delta f(x)$
\sqrt{x}	$\frac{\Delta x}{2\sqrt{x}}$	$\frac{1}{2} \delta x$
$\frac{1}{x}$	$\frac{\Delta x}{x^2}$	δx
sin x	$ \cos x \cdot \Delta x$	$ x \operatorname{ctgx} \cdot \delta x$
cos x	$ \sin x \cdot \Delta x$	$ x \operatorname{tgx} \cdot \delta x$
tg x	$\frac{\Delta x}{\cos^2 x}$	$\frac{2 x }{ \sin 2x } \cdot \delta x$
ln x	$\frac{\Delta x}{x}$	$\frac{\delta x}{ \ln x }$
lg x	$\frac{\Delta x}{x \ln 10}$	$\frac{\delta x}{ \lg x } \cdot \ln 10$
e^x	$e^x \Delta x$	$ x \cdot \delta x$
arcsin x	$\frac{\Delta x}{\sqrt{1-x^2}}$	$\frac{ x }{ \arcsin x \sqrt{1-x^2}} \cdot \delta x$
arccos x	$\frac{\Delta x}{\sqrt{1-x^2}}$	$\frac{ x }{ \arccos x \sqrt{1-x^2}} \cdot \delta x$
arctg x	$\frac{\Delta x}{1+x^2}$	$\frac{ x }{ \operatorname{arctgx} \sqrt{1+x^2}} \cdot \delta x$
x^y	$x^y (y \frac{\Delta x}{x} + \ln x \cdot \Delta y)$	$ y \ln x \cdot \delta y + y \cdot \delta x$

Погрешности функций вычисляются по формуле

$$\Delta f = \sum_{i=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \Delta x_i$$

Пример 1. Вычисление погрешности S с учетом погрешностей функций

$$S = \frac{\sqrt{ab}}{3a+c^2}, \quad \text{если} \quad \begin{array}{l} a = 12.3 \\ b = 0.43 \\ c = 0.029 \end{array} \quad \text{все цифры чисел верные, т. е.} \quad \begin{array}{l} \Delta a = 0.1 \\ \Delta b = 0.01 \\ \Delta c = 0.001 \end{array}$$

Решение.

$S = \frac{\sqrt{ab}}{3a + c^2} = \frac{\sqrt{12.3 * 0.43}}{3 * 12.3 + 0.029} = 0.062$. Относительную погрешность можно расписать как

$$\delta S = \delta(\text{числ.}) + \delta(\text{знам.}) = \delta(\sqrt{ab}) + \delta(3a + c^2) = \frac{\Delta\sqrt{ab}}{\sqrt{ab}} + \frac{\Delta(3a + c^2)}{3a + c^2} = \frac{\Delta\sqrt{ab}}{2.299} + \frac{\Delta(3a + c^2)}{36.929},$$

где $\Delta(3a + c^2) = \Delta(3a) + \Delta(c^2) = 3\Delta a + 2c\Delta c$

$$\Delta\sqrt{ab} = \frac{\Delta(ab)}{2\sqrt{ab}} = \frac{a\Delta b + b\Delta a}{2\sqrt{ab}} = 0.036 \quad \text{и} \quad \Delta(3a + c^2) = 3\Delta a + 2c\Delta c = 0.300. \quad \text{Тогда получаем}$$

$$\delta S = \frac{\Delta\sqrt{ab}}{\sqrt{ab}} + \frac{\Delta(3a + c^2)}{3a + c^2} = 0.024, \quad \Delta S = 0.062 * 0.024 = 0.001488, \quad S = 0.062 \pm 0.002, \quad \text{или}$$

верными цифрами $S = 0.06 \pm 0.01$

Задание 1.4. Погрешности косвенных измерений

Определить погрешность косвенного измерения момента статического сопротивления M_c электродвигателя для номинального режима работы. Использовать второй закон Ньютона, закон электромагнитных сил для вычисления электромагнитного момента и уравнение связи между током возбуждения и магнитным потоком

$$M_{\text{дв}} - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad M_{\text{дв}} = k * \Phi(t) I_{\text{дв}} \quad k = M_{\text{ном}} / \Phi_{\text{ном}}(t) I_{\text{дв}}$$

$$\Phi_{\text{ном}}(t) = k_{\phi} I_{\text{в.ном}} \quad k_1 = k * k_{\phi} \quad M_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\omega_{\text{ном}}} \quad \varepsilon = \frac{d\omega}{dt} \quad \varepsilon = \frac{\omega_{\text{ном}} - \omega_0}{t_{\text{разг}}}$$

где $M_{\text{дв}}(t)$ – крутящий момент двигателя, $I_{\text{дв}}$ – ток обмотки якоря, $\Phi(t)$ – магнитный поток, $I_{\text{в}}(t)$ – ток возбуждения, $\omega(t)$ – угловая скорость и $\varepsilon(t)$ – угловое ускорение электродвигателя, J – момент инерции. Расчеты выполнить для заданной относительной погрешности измеряемых величин 10, 5, и 1 %. Необходимые для расчета данные приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Варианты задания 1.4

№ варианта	Мощность P, кВт	Напряжение U, В	Число оборотов n, об/мин	Магнитный поток Φ, Вб	Масса m, кг	Радиус R, м	Скорость V, м/с	Время t, с
1	16	550	1200	1.1	450	0.4	1.1	5
2	11	500	1100	1.0	500	0.3	1.2	4
3	12	510	1300	1.2	600	0.5	1.4	3
4	13	520	1200	1.3	400	0.4	1.5	5
5	17	520	1400	1.1	550	0.3	1.4	4
6	11	540	1000	1.1	450	0.4	1.0	2
7	12	500	1200	1.2	640	0.5	1.1	5
8	13	480	1300	1.3	500	0.3	1.4	4
9	14	470	1400	1.4	550	0.4	1.0	3
10	15	460	1500	1.5	450	0.5	1.5	5
11	10	540	1100	1.1	400	0.4	1.0	3
12	10	530	1000	1.2	540	0.5	1.5	4
13	11	520	1200	1.1	600	0.5	1.4	3
14	12	550	1300	1.3	500	0.4	1.0	3
15	15	500	1400	1.2	400	0.5	1.4	4

16	12	560	1500	1.4	450	0.5	1.4	4
17	11	400	1000	1.1	500	0.4	1.5	5
18	10	520	1200	1.0	550	0.5	1.5	3
19	14	510	1100	1.0	600	0.3	1.4	4
20	13	570	1300	1.1	480	0.3	1.0	3
21	12	580	1400	1.2	580	0.4	1.4	4
22	10	500	1500	1.0	500	0.4	1.4	5
23	13	550	1500	1.4	600	0.4	1.1	5
24	14	500	1000	1.5	400	0.3	1.4	4
25	11	510	1200	1.1	550	0.5	1.0	3
26	12	520	1100	1.2	450	0.4	1.5	5
27	13	530	1300	1.1	640	0.3	1.0	4
28	14	540	1400	1.3	500	0.4	1.5	2
29	15	500	1500	1.2	550	0.5	1.4	5
30	10	480	1100	1.4	450	0.3	1.0	4

Пример 7. Определить абсолютную и относительную ошибки момента статического сопротивления в двигателе постоянного тока, если угловое ускорение, ток возбуждения, ток обмотки якоря даны с относительной погрешностью 10%, 5%, 1%. Масса поднимаемого груза m . Момент инерции вычислить по формуле $J = mR^2/2$. В данном примере принять

$$J = 2 \text{ кгм}^2.$$

Дано: $P=11 \text{ кВт}$, $U=520 \text{ В}$, $n=1200 \text{ об/мин}$, $\Phi=1,1 \text{ Вб}$, $R=0,5 \text{ м}$, $V=1,4 \text{ м/с}$, $t=3 \text{ с}$.

Решение:

1) Найдем потребляемую силу тока двигателя $M_c = M_{дв} - J\epsilon$

$$I_{\partial c} = \frac{P}{U} = \frac{11000}{520} = 21.2 \text{ А}$$

2) Определим ток возбуждения

$$I_e = 10\% \cdot I_{\partial c} = 0.1 \cdot 21.2 = 2.12 \text{ А}$$

3) Найдем угловую скорость

$$\omega = n \frac{\text{об}}{\text{мин}} \rightarrow \frac{\text{рад}}{\text{сек}} = \frac{1200 \cdot 2\pi}{60} = 125.7 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}$$

4) Вычислим линейную скорость привода

$$v_{np} = \omega \cdot R = 125.7 \cdot 0.5 = 62.9 \frac{\text{м}}{\text{сек}}$$

5) Передаточное отношение получается равным

$$i = \frac{v_{np}}{V} = \frac{62.9}{1.4} = 44.9$$

6) Найдем крутящий момент двигателя

$$M_{\partial c} = \frac{P}{\omega} = \frac{11000}{125.7} = 87.5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7) Найдем тангенциальное ускорение (начальная скорость равна нулю)

$$a^{\tau} = \frac{v_0 - v}{t} = \frac{1.4}{3} = 0.47 \text{ м/с}^2$$

8) Определим угловое ускорение

$$\varepsilon = \frac{a^{\tau}}{R} = \frac{0.47}{0.5} = 0.9 \text{ рад/с}^2$$

9) Зная момент двигателя, ток возбуждения и ток двигателя, выразим коэффициент k_1

$$k_1 = \frac{M_{\partial\theta}}{I_{\theta} \cdot I_{\partial\theta}} = \frac{87.5}{2.12 \cdot 21.2} = 2.0 \text{ рад/с}^2$$

10) Находим абсолютные погрешности при 10 % относительной погрешности

$$\Delta\varepsilon = 0.1 \cdot 0.9 = 0.09$$

$$\Delta I_{\partial\theta} = 0.1 \cdot 21.2 = 2.12$$

$$\Delta I_{\theta} = 0.1 \cdot 2.12 = 0.21$$

Далее полученные данные подставляем в формулу

$$\Delta M_c = \frac{\partial M_c}{\partial I_{\theta}} \cdot \Delta I_{\theta} + \frac{\partial M_c}{\partial I_{\partial\theta}} \cdot \Delta I_{\partial\theta} + \frac{\partial M_c}{\partial \varepsilon} \cdot \Delta \varepsilon = k_1 \cdot I_{\partial\theta} \cdot \Delta I_{\theta} + k_1 \cdot I_{\theta} \cdot \Delta I_{\partial\theta} + J \cdot \Delta \varepsilon$$

Абсолютная погрешность при 10 %:

$$\Delta M_c = 2.0 \cdot 21.2 \cdot 0.21 + 2.0 \cdot 2.12 \cdot 2.12 + 2 \cdot 0.09 = 18.1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При номинальном режиме работы можно считать, что $M_c = M_{\partial\theta} = 87.5 \text{ Н} \cdot \text{м}$

$$\text{относительная погрешность } \delta M_c = \frac{\Delta M_c}{M_c} = \frac{18.1}{87.5} = 0.207 = 20.7\%$$

11) Находим абсолютные погрешности при 5 % относительной погрешности

$$\Delta\varepsilon = 0.05 \cdot 0.9 = 0.05$$

$$\Delta I_{\partial\theta} = 0.05 \cdot 21.2 = 1.06$$

$$\Delta I_{\theta} = 0.05 \cdot 2.12 = 0.11$$

Абсолютная погрешность при 5% :

$$\Delta M_c = 2.0 \cdot 21.2 \cdot 0.11 + 2.0 \cdot 2.12 \cdot 1.06 + 2 \cdot 0.05 = 9.3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

относительная погрешность

$$\delta M_c = \frac{\Delta M_c}{M_c} = \frac{9.3}{87.5} = 0.106 = 10.6\%$$

12) Находим абсолютные погрешности при 1 % относительной погрешности

$$\Delta \varepsilon = 0.01 \cdot 0.9 = 0.01$$

$$\Delta I_{\text{ог}} = 0.01 \cdot 21.2 = 0.21$$

$$\Delta I_{\varepsilon} = 0.01 \cdot 2.12 = 0.02$$

Абсолютная погрешность при 1%:

$$\Delta M_c = 2.0 \cdot 21.2 \cdot 0.02 + 2.0 \cdot 2.12 \cdot 0.21 + 2 \cdot 0.01 = 1.8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

относительная погрешность

$$\delta M_c = \frac{\Delta M_c}{M_c} = \frac{1.8}{87.5} = 0.021 = 2.1\%$$

Контрольные вопросы

1. Что такое абсолютная погрешность приближенного значения величины?
2. Что такое относительная погрешность приближенного значения величины?
3. Какое влияние на погрешность арифметических действий оказывают погрешности исходных данных?
4. В какой зависимости находится абсолютная погрешность значения функции одной переменной от абсолютной погрешности значения аргумента?
5. Какова последовательность действий на каждом промежуточном этапе расчетной таблицы в вычислениях значений по правилам подсчета цифр.
6. Какова последовательность действий на каждом промежуточном этапе расчетной таблицы в вычислениях по методу строгого учета предельных погрешностей.
7. Как вычисляются предельные погрешности результата при использовании методики итоговой оценки ошибки вычислений?
8. В чем основное отличие метода границ от вычислений по методу строгого учета границ погрешностей?

РАЗДЕЛ 2. Решение алгебраических и трансцендентных уравнений приближенными методами

Цель занятия:

- закрепить умения отделять корни алгебраических уравнений;
- закрепить умения решать алгебраические уравнений приближенными методами (метод половинного деления, метод хорд (секущих), метод Ньютона (метод касательных));
- разработать алгоритм и использовать программу для решения вычислительных задач приближенными методами, учитывая необходимую точность получаемого результата.

2.1. Постановка задачи отделения корней нелинейного уравнений

Решение нелинейного уравнения, описывающего состояние электрической цепи, может быть реализовано приближенными численными методами. Пусть имеется уравнение вида $f(x)=0$, где $f(x)$ - алгебраическая или трансцендентная функция. Решить такое уравнение – значит установить, имеет ли оно корни, сколько корней, и найти значения

корней (с указанной точностью). Ограничимся обсуждением методов поиска лишь *действительных* корней, не затрагивая проблему корней комплексных.

Решение указанной задачи начинается с отделения корней, т.е. с установления *количества корней и интервалов, каждый из которых содержит только один корень*.

Следует отметить, что универсальных приемов решения этой задачи, пригодных для *любых* уравнений, не существует. Тем не менее, отделение корней во многих случаях можно произвести графически.

Упростим задачу, заменив уравнение $f(x)=0$ равносильным ему уравнением $f_1(x)=f_2(x)$. В этом случае строятся графики функций $f_1(x)$ и $f_2(x)$, а потом на оси x отмечаются отрезки, локализирующие абсциссы точек пересечения этих графиков.

Пример 1. Пусть необходимо найти корни уравнения $f(x)=e^x-x^2=0$.

Решение. Преобразуем исходное уравнение к виду $y_1(x)=e^x$; $y_2(x)=x^2$; $e^x=x^2$. Чтобы найти корни уравнения, необходимо найти точку пересечения графиков функций $y_1(x)=e^x$ и $y_2(x)=x^2$. Построим графики функций в Scilab и нанесем на график сетку для удобства визуального определения точки пересечения. Необходимые команды приведены в листинге программы, результат выполнения команд можно видеть на рис. 2.1.

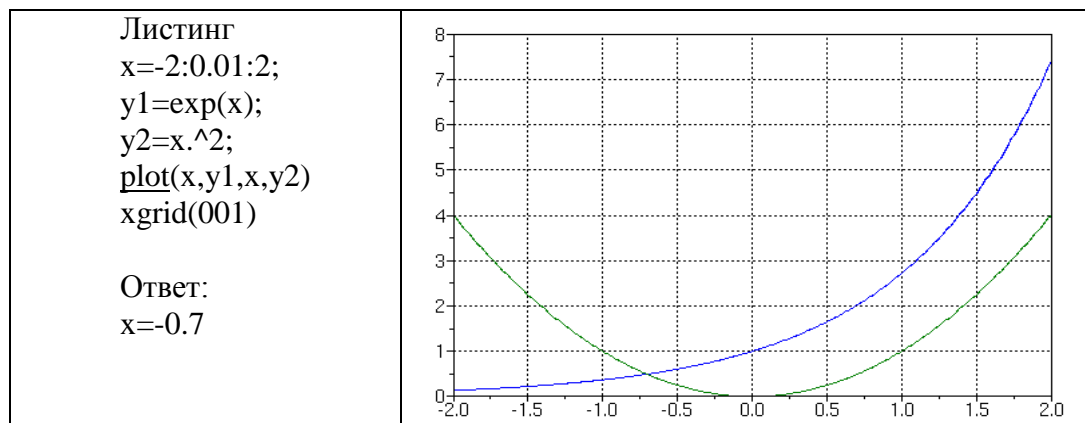


Рис.2.1. Графическое решение уравнения $f(x)=e^x-x^2$

Пример 2. Пусть необходимо найти корни уравнения $f(x)=x-8.5*\sin(x)$. Графическое решение уравнения $f(x)=x-8.5*\sin(x)$ показано на рис. 2.2.

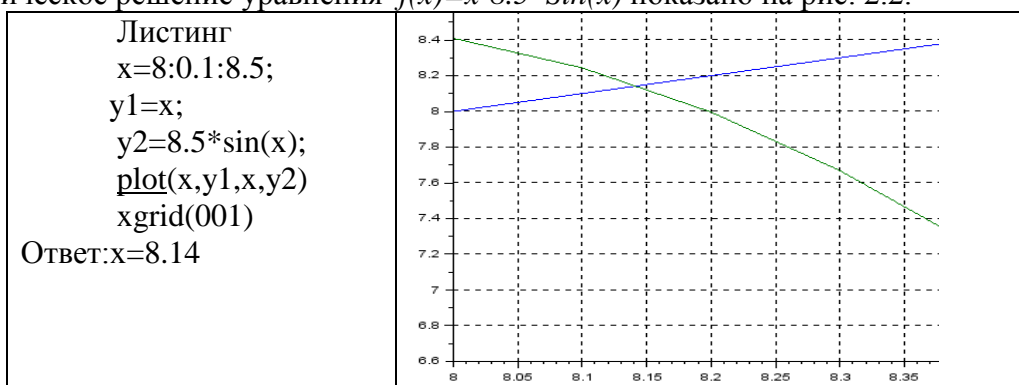


Рис.2.2. Графическое решение уравнения $f(x)=x-8.5*\sin(x)$.

При решении задачи об отделении корней бывают полезными следующие очевидные положения:

1. Если непрерывная на отрезке $[a,b]$ функция $f(x)$ принимает на его концах значения разных знаков, т.е. произведение $f(a) \cdot f(b) < 0$, то уравнение $f(x)=0$ имеет на этом отрезке, по меньшей мере, один корень.

2. Если функция $f(x)$ к тому же еще и монотонна, то корень на отрезке $[a;b]$ единственный.

3. РАЗДЕЛ 3. Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ).

Контрольные вопросы

1. Какие методы решения СЛАУ вы знаете?
2. В чем заключается прямой и обратный ход в схеме единственного деления?
3. На чем основываются подходы к организации контроля вычислений в прямом ходе, обратном ходе?
4. На чем основываются алгоритмы вычисления определителя по методу Гаусса?
5. Каким образом схема единственного деления может использоваться для вычисления обратной матрицы?

РАЗДЕЛ 4. Решение систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) приближенными методами

Цель занятия:

- закрепить усвоение теоретического материала по данной теме через решение упражнений;
- закрепить умения решать системы линейных алгебраических уравнений приближенными методами: методом простой итерации, методом Зейделя.

4.1. Метод простых итераций

Как отмечалось ранее, итерационные методы используются для решения уравнений и систем любой природы. Рассмотрим, как это делается применительно к системам линейных алгебраических уравнений.

Приведем систему линейных алгебраических уравнений

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1; \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2; \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n. \end{cases} \quad (4.1)$$

к равносильной ей системе вида $\mathbf{x}=\mathbf{Ax}$:

$$\begin{cases} x_1 = \alpha_{11}x_1 + \alpha_{12}x_2 + \dots + \alpha_{1n}x_n + \beta_1, \\ x_2 = \alpha_{21}x_1 + \alpha_{22}x_2 + \dots + \alpha_{2n}x_n + \beta_2, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ x_n = \alpha_{n1}x_1 + \alpha_{n2}x_2 + \dots + \alpha_{nn}x_n + \beta_n \end{cases} \quad (4.2)$$

В сокращенной форме: $x_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}x_j + \beta_i, \quad i = \overline{1, n}$.

О системе уравнений (4.2) говорят, что она «приведена к нормальному виду».

Правая часть системы определяет отображение $F : y_i = \sum_{j=1}^n \alpha_{ij}x_j + \beta_i, \quad (4.3)$

которое переводит точку $\bar{x}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ в точку $\bar{y}(y_1, y_2, \dots, y_n)$. Используя отображение (4.3) и выбрав начальную точку $\bar{x}_0(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ можно построить итерационную последовательность точек.

Если отображение F является сжимающим, то эта последовательность сходится и её предел является решением системы (4.2), следовательно, и решением исходной системы (4.1).

Замечание. Отображение является *сжимающим*, если расстояние между образами меньше, чем расстояние между исходными точками.

Для отображения (4.3) необходимым и достаточным условием сжимаемости является следующее:

$$\max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n |\alpha_{ij}| < 1, \quad (4.4)$$

т.е. максимальная из сумм модулей коэффициентов при неизвестных в правой части системы (4.2), взятых по столбцам, должна быть меньше 1. Из этого условия следует, что прежде чем начать решение системы (4.1) необходимо ее привести к нормальному виду (4.2), т.е. коэффициенты α_{ij} при неизвестных в правой части системы были существенно меньше 1.

Этого можно достичь, если исходную систему (4.1) с помощью равносильных преобразований привести к системе, у которой абсолютная величина коэффициентов, стоящих на главной диагонали, больше абсолютных величин каждого из других коэффициентов, стоящих при неизвестных в соответствующих уровнях (такую систему называют *системой с преобладающими диагональными коэффициентами*). Если теперь разделить все уравнения на соответствующие диагональные коэффициенты и выразить из каждого уравнения неизвестное с коэффициентом, равным 1, будет получена система (4.2), у которой все $|\alpha_{ij}| < 1$.

Для проверки точности решения используем условие (4.4).

Пример 1. Привести систему линейных уравнений к нормальному виду

$$\begin{cases} 2,34x_1 - 4,21x_2 - 11,61x_3 = 14,41, \\ 8,04x_1 + 5,22x_2 + 0,27x_3 = -6,44, \\ 3,92x_1 - 7,99x_2 + 8,37x_3 = 55,56. \end{cases}$$

Решение. Построим систему с преобладающими диагональными коэффициентами.

В качестве 1-ого уравнения возьмем 2-ое, в качестве 3-его уравнения – 1-ое, в качестве 2-ого уравнения – сумму 1-го и 3-го уравнений. Получаем следующую систему уравнений

$$\begin{cases} 8,04x_1 + 5,22x_2 + 0,27x_3 = -6,44, \\ 6,26x_1 - 12,2x_2 - 3,24x_3 = 69,97, \\ 2,34x_1 - 4,21x_2 - 11,61x_3 = 14,41. \end{cases}$$

Разделим каждое из полученных уравнений на диагональный коэффициент и, выразим из каждого уравнения диагональные элементы:

$$\begin{cases} x_1 = -0,649x_2 - 0,034x_3 - 0,801, \\ x_2 = 0,573x_1 - 0,266x_3 - 5,735, \\ x_3 = 0,202x_1 - 0,363x_2 - 1,241. \end{cases}$$

Система приведена к нормальному виду. Проверку условия сходимости (4.4) и точности решения можно осуществить с помощью программы.

Далее приведем пример решения системы линейных алгебраических уравнений данным методом.

Пример 2. Решить систему уравнений методом простых итераций. Проверить расчет с помощью программы. Дана система с преобладающими диагональными коэффициентами.

$$\begin{aligned} 4.3x_1 + 0.217x_2 &= 2.663 \\ 0.1x_1 - 3.4x_2 - 0.207x_3 &= 2.778 \\ 0.09x_2 + 2.5x_3 + 0.197x_4 &= 2.533 \end{aligned}$$

$$0.08x_3 - 1.6x_4 = 1.928$$

Запишем эквивалентную систему уравнений

$$x_1 = \frac{2.663}{4.3} - \frac{0.217x_2}{4.3}$$

$$x_2 = -\frac{2.778}{3.4} - \frac{0.207x_4}{3.4} + \frac{0.1x_1}{3.4}$$

$$x_3 = \frac{2.533}{2.5} - \frac{0.197x_4}{2.5} - \frac{0.09x_2}{2.5}$$

$$x_4 = -\frac{1.928}{1.6} + \frac{0.08x_3}{1.6}$$

Нулевое приближение $x_1^0 = 0.6193$ $x_2^0 = -0.8170$ $x_3^0 = 1.013$ $x_4^0 = -1.205$.

Первая итерация

$$x_1^1 = 0.6193 + 0.0411 = 0.6604$$

$$x_2^1 = -0.8170 - 0.0616 + 0.018 = -0.8606$$

$$x_3^1 = 1.013 + 0.0949 + 0.0294 = 1.1373$$

$$x_4^1 = -1.205 + 0.05 = -1.155$$

Вторая итерация

$$x_1^2 = 0.06193 + (0.05 * 0.86) = 0.6623$$

$$x_2^2 = -0.817 - (0.06 * 1.137) = -0.8678$$

$$x_3^2 = 1.013 + (0.078 * 1.55) + (0.036 * 0.86) = 1.072$$

$$x_4^2 = -1.205 + 0.05 * 1.137 = -1.148$$

Третья итерация

$$x_1^3 = 0.06193 + (0.05 * 0.86) = 0.6623$$

$$x_2^3 = -0.817 - (0.06 * 1.072) + (0.029 * 0.66) = -0.862$$

$$x_3^3 = 1.013 + (0.078 * 1.148) + (0.036 * 0.86) = 1.133$$

$$x_4^3 = -1.205 + (0.05 * 1.072) = -1.151$$

Оценим сходимость итерационной процедуры

$$\begin{array}{ll} |x_1^2 - x_1^1| = 0.0019 & |x_1^3 - x_1^2| = 0.00001 \\ |x_2^2 - x_2^1| = 0.0063 & |x_2^3 - x_2^2| = 0.005 \\ |x_3^2 - x_3^1| = 0.069 & |x_3^3 - x_3^2| = 0.061 \\ |x_4^2 - x_4^1| = 0.007 & |x_4^3 - x_4^2| = 0.003 \end{array}$$

Проверим решение с помощью программы.

<pre>// решение СЛАУ методом простых итераций. Листинг программы // ввод матрицы A A=[4.3 0.217 0 0 ; 0.1 -3.4 -0.207 0; 0 0.09 2.5 0.197; 0 0 0.08 -1.6] // ввод вектора B B=[2.633;2.778;2.533;1.928] // формирование матрицы D R=diag(A);</pre>	<pre>// вычисление начальных приближений X0=B; X=P*X0+G; //циклические вычисления while max(abs(X-X0))>=0.00001, X0=X; X=P*X0+G; end; //вывод результата X // проверка обусловленности матрицы A cond(A)</pre>
--	---

$D = \text{diag}(R);$ // формирование матриц P и G $P = -\text{inv}(D) * (A - D);$ $G = \text{inv}(D) * B;$	$X =$ 0.6560717 - 0.8668572 1.1348894 - 1.1482556
--	---

Сравним результаты «ручного» счета и с помощью ЭВМ

x_i	x_1	x_2	x_3	x_4
Ручной счет	0.6623	- 0.862	1.1373	-1.151
ЭВМ	0.6560717	- 0.8668572	1.1348894	- 1.1482556

Типовые контрольные задания и материалы

Тема 1. Оценка погрешности прямых измерений. Виды погрешностей. Представление результата прямых измерений.

Относительная погрешность. Использование относительной погрешности при умножении результатов измерений.

Абсолютная погрешность косвенных измерений.

Статистические характеристики результатов измерений. Доверительный интервал.

Тема 2. Итерационные методы решения нелинейных алгебраических уравнений. Метод отделения корней. Метод и алгоритм отделения корней уравнения с одной переменной.

Тема 3. Численное решение нелинейного уравнения с одной переменной методом деления пополам (дихотомии).

Численное решение нелинейного уравнения с одной переменной методом хорд.

Численное решение нелинейного уравнения с одной переменной методом Ньютона.

Численное решение нелинейного уравнения с одной переменной методом секущих.

Численное решение нелинейного уравнения с одной переменной методом простых итераций.

Тема 4. Метод Гаусса решения систем линейных алгоритмических уравнений.

Итерационный метод решений СЛАУ методом Зейделя.

Решение системы линейных алгоритмических уравнений методом простой итерации. Понятие метрики. Принцип сжимающих отображений.

Тема 5. Интерполирование функции. Интерполяция сплайнами. Линейные, кубические сплайны. Интерполирование функции. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционные многочлены Ньютона. Конечные разности.

Тема 6. Численное дифференцирование по формуле Лагранжа.

Численное дифференцирование на основе интерполяционной формулы Ньютона.

Тема 7. Численное интегрирование. Методы численного интегрирования дифференциальных уравнений

Тема 8. Метод Эйлера решения обыкновенных дифференциальных уравнений.

Тема 9. Метод Рунге-Кутты решений обыкновенных дифференциальных уравнений

Тема 10. Виды задач линейного программирования.

**ПРИМЕР оформления курсовой работы. Вычислительные методы и
прикладные программы**

**Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский государственный горный университет»**

Курсовая работа

**по дисциплине «Вычислительные методы и прикладные
программы»**

... вариант

Выполнил
студент группы ...

Проверил: доцент
Раевская Л. Т.

Екатеринбург

2020

Задание 1. Правильная запись результатов выполнения округлений

1)

$127,3 \pm 0,2$	→	Верно
$127 \pm 0,2$	→	$127,0 \pm 0,2$
$127,00 \pm 0,2$	→	$127,0 \pm 0,2$

2)

$122,13 \pm 0,2$	→	$132,1 \pm 0,2$
$122,13 \pm 0,17$	→	$132,1 \pm 0,2$
$122,1 \pm 0,17$	→	$132,1 \pm 0,2$

3)

$246,402 \pm 0,15$	→	$246,4 \pm 0,2$
$246,4 \pm 0,15$	→	$246,4 \pm 0,2$
$246,40 \pm 0,15$	→	$246,4 \pm 0,2$

4) Округлить до сотых

$0,27439 \pm 0,0791$	→	$0,27 \pm 0,08$
----------------------	---	-----------------

5) Округлить до десятых

$22,7849 \pm 0,98$	→	$22,8 \pm 1,0$
--------------------	---	----------------

6) Округлить до десятков

2789 ± 32	→	2790 ± 40
---------------	---	---------------

Задание 2. Расчет погрешности прямых измерений

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
x_i	35,0	35,1	35,2	35,3	35,0	35,0	35,1	35,0	35,0	35,1

$$x = \frac{35,0 + 35,1 + 35,2 + 35,3 + 35,0 + 35,0 + 35,1 + 35,0 + 35,0 + 35,1}{10} = 35,08$$

$$\Delta x_1 = |35,1 - 35,08| = 0,02$$

$$\Delta x_2 = |35,1 - 35,08| = 0,02$$

$$\Delta x_3 = |35,2 - 35,08| = 0,12$$

$$\Delta x_4 = |35,3 - 35,08| = 0,22$$

$$\Delta x_5 = |35,0 - 35,08| = 0,08$$

$$\Delta x_6 = |35,0 - 35,08| = 0,02$$

$$\Delta x_7 = |35,1 - 35,08| = 0,02$$

$$\Delta x_8 = |35,0 - 35,08| = 0,08$$

$$\Delta x_9 = |35,0 - 35,08| = 0,08$$

$$\Delta x_{10} = |35,1 - 35,08| = 0,02$$

$$\Delta x = \sum_{i=1}^{10} \left| \frac{0,02 + 0,02 + 0,12 + 0,22 + 0,08 + 0,02 + 0,02 + 0,08 + 0,08 + 0,02}{10} \right| = 0,08$$

$$\delta x = \frac{0,08}{35,08} * 100\% = 0,23\%$$

$$35,08 \pm 0,08; \delta x = 0,23\%$$

Ответ: $35,1 \pm 0,1$ – ответ верными цифрами

Задание 3. Вычисление приближенного значения числа по заданной формуле

a=1,75	$\Delta a=0,01$
b=1,21	$\Delta b=0,01$
c=0,199	$\Delta c=0,001$

$$S = \frac{a - \sin b}{b^2 - 6c} = \frac{1,75 - \sin 1,21}{1,21^2 - 6 * 0,199} = \frac{0,814}{2,658} = 0,306245$$

$$\begin{aligned} \delta S &= \delta(a - \sin b) + \delta(b^2 - 6c) = \frac{\Delta(a - \sin b)}{a - \sin b} + \frac{\Delta(b^2 - 6c)}{b^2 - 6c} = \\ &= \frac{\Delta(a) + \Delta(\sin b)}{a - \sin b} + \frac{\Delta(b^2) + \Delta(6c)}{b^2 - 6c} = \\ &= \frac{\Delta a}{a - \sin b} + \frac{(\cos b) * \Delta b}{a - \sin b} + \frac{2b * \Delta b}{b^2 - 6c} + \frac{6 * \Delta c}{b^2 - 6c} = \\ &= \frac{0,01}{0,814} + \frac{0,00353}{0,814} + \frac{0,0242}{2,658} + \frac{0,006}{2,658} = \\ &= 0,0123 + 0,0043 + 0,0091 + 0,0026 = 0,0283 * 100 = 2,83\% \end{aligned}$$

$$\Delta S = \delta S * S = 0,0283 * 0,306245 = 0,0086 \approx 0,009$$

Ответ: $0,306 \pm 0,009$; $\delta S = 2,83\%$

Задание 4. Решение СЛАУ методом простых итераций

$$\begin{cases} 10,8x_1 - 0,576x_2 = 12,143 \\ 0,321x_1 + 9,9x_2 + 3,3x_3 = 13,089 \\ 0,369x_2 + 9x_3 - 6,06x_4 = 13,674 \\ 0,416x_3 + 8,1x_4 = 13,897 \end{cases} \rightarrow$$

$$\begin{vmatrix} 10,8 & -0,576 & 0,000 & 0,000 & 12,143 \\ 0,321 & 9,9 & 3,3 & 0,000 & 13,089 \\ 0,000 & 0,369 & 9 & -6,06 & 13,674 \\ 0,000 & 0,000 & 0,416 & 8,1 & 13,897 \end{vmatrix}$$

$x_1 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} x_2;$	$x_1^0 = \frac{12,143}{10,8} = 1,124;$
$x_2 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} x_1 - \frac{3,3}{9,9} x_3;$	$x_2^0 = \frac{13,089}{9,9} = 1,322;$
$x_3 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} x_2 + \frac{6,06}{9} x_4;$	$x_3^0 = \frac{13,674}{9} = 1,519;$

$x_4 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} x_3.$	$x_4^0 = \frac{13,897}{8,1} = 1,716.$
$x_1^1 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} * 1,322 = 1,195;$ $x_2^1 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} * 1,124 - \frac{3,3}{9,9} * 1,519 = 0,779;$ $x_3^1 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} * 1,322 + \frac{6,06}{9} * 1,716 = 2,62;$ $x_4^1 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} * 1,519 = 1,638.$	$\varepsilon_1^1 = 1,124 - 1,195 = 0,071;$ $\varepsilon_2^1 = 1,322 - 0,779 = 0,543;$ $\varepsilon_3^1 = 1,519 - 2,62 = 1,101;$ $\varepsilon_4^1 = 1,716 - 1,638 = 0,078.$
$x_1^2 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} * 0,779 = 1,166;$ $x_2^2 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} * 1,195 - \frac{3,3}{9,9} * 2,62 = 0,41;$ $x_3^2 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} * 0,779 + \frac{6,06}{9} * 1,638 = 2,59;$ $x_4^2 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} * 2,62 = 1,581.$	$\varepsilon_1^2 = 1,195 - 1,166 = 0,029;$ $\varepsilon_2^2 = 0,41 - 0,779 = 0,369;$ $\varepsilon_3^2 = 2,62 - 2,59 = 0,03;$ $\varepsilon_4^2 = 1,638 - 1,581 = 0,057.$
$x_1^3 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} * 0,41 = 1,146;$ $x_2^3 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} * 1,166 - \frac{3,3}{9,9} * 2,59 = 0,42;$ $x_3^3 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} * 0,41 + \frac{6,06}{9} * 1,581 = 2,567;$ $x_4^3 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} * 2,59 = 1,583.$	$\varepsilon_1^3 = 1,146 - 1,166 = 0,02;$ $\varepsilon_2^3 = 0,42 - 0,41 = 0,01;$ $\varepsilon_3^3 = 2,567 - 2,62 = 0,053;$ $\varepsilon_4^3 = 1,583 - 1,638 = 0,055.$

С помощью программы Scilab выполняем расчет методом простых итераций:

```

1 A=[10.8 -0.576 0 0; -
2 0.321 9.9 3.3 0;
3 0 0.369 9 -6.06;
4 0 0 0.416 8.1]
5 B=[12.143;13.089;13.674;13.897]
6 R=diag(A);
7 D=diag(R);
8 P=-inv(D)*(A-D);
9 G=inv(D)*(B);
10 X0=B;
11 X=P*X0+G;
12 while max(abs(X-X0))>=0.00001,
13 X0=X; X=P*X0+G;
14 end;
15 X
16 cond(A)
17

```

```

запуск программы:
загрузка исходного окружения
-->A=[10.8 -0.576 0 0;
-->0.321 9.9 3.3 0;
-->0 0.369 9 -6.06;
-->0 0 0.416 8.1]
A =
    10.8    -0.576     0     0
     0.321     9.9     3.3     0
     0     0.369     9    -6.06
     0     0     0.416     8.1
-->B=[12.143;13.089;13.674;13.897]
B =
    12.143
    13.089
    13.674
    13.897
-->R=diag(A);
-->D=diag(R);
-->P=-inv(D)*(A-D);
-->G=inv(D)*(B);
-->X0=B;
-->X=P*X0+G;
-->while max(abs(X-X0))>=0.00001,
-->X0=X; X=P*X0+G;
-->end;
-->X
X =
    1.1472248
    0.4288683
    2.5681637
    1.5837831
-->cond(A)
ans =
    2.1486732
-->

```

Задание 5. Решение СЛАУ методом Зейделя

$$\begin{cases} 10,8x_1 - 0,576x_2 = 12,143 \\ 0,321x_1 + 9,9x_2 + 3,3x_3 = 13,089 \\ 0,369x_2 + 9x_3 - 6,06x_4 = 13,674 \\ 0,416x_3 + 8,1x_4 = 13,897 \end{cases} \rightarrow$$

$$\begin{vmatrix} 10,8 & -0,576 & 0,000 & 0,000 & 12,143 \\ 0,321 & 9,9 & 3,3 & 0,000 & 13,089 \\ 0,000 & 0,369 & 9 & -6,06 & 13,674 \\ 0,000 & 0,000 & 0,416 & 8,1 & 13,897 \end{vmatrix}$$

$x_1 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} x_2;$	$x_1^0 = \frac{12,143}{10,8} = 1,124;$
$x_2 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} x_1 - \frac{3,3}{9,9} x_3;$	$x_2^0 = \frac{13,089}{9,9} = 1,322;$
$x_3 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} x_2 + \frac{6,06}{9} x_4;$	$x_3^0 = \frac{13,674}{9} = 1,519;$
$x_4 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} x_3.$	$x_4^0 = \frac{13,897}{8,1} = 1,716.$

$x_1^1 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} * 1,322 = 1,195;$ $x_2^1 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} * 1,195 - \frac{3,3}{9,9} * 1,519 = 0,777;$ $x_3^1 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} * 0,777 + \frac{6,06}{9} * 1,716 = 2,643;$ $x_4^1 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} * 2,643 = 1,58.$	$\varepsilon_1^1 = 1,124 - 1,195 = 0,071;$ $\varepsilon_2^1 = 1,322 - 0,777 = 0,545;$ $\varepsilon_3^1 = 1,519 - 2,643 = 1,124;$ $\varepsilon_4^1 = 1,716 - 1,58 = 0,136.$
$x_1^2 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} * 0,777 = 1,166;$ $x_2^2 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} * 1,166 - \frac{3,3}{9,9} * 2,643 = 0,4;$ $x_3^2 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} * 0,4 + \frac{6,06}{9} * 1,58 = 2,567;$ $x_4^2 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} * 2,567 = 1,584.$	$\varepsilon_1^2 = 1,195 - 1,166 = 0,029;$ $\varepsilon_2^2 = 0,4 - 0,777 = 0,377;$ $\varepsilon_3^2 = 2,643 - 2,567 = 0,076;$ $\varepsilon_4^2 = 1,58 - 1,584 = 0,004.$
$x_1^3 = \frac{12,143}{10,8} + \frac{0,576}{10,8} * 0,4 = 1,146;$ $x_2^3 = \frac{13,089}{9,9} - \frac{0,321}{9,9} * 1,146 - \frac{3,3}{9,9} * 2,567 = 0,43;$ $x_3^3 = \frac{13,674}{9} - \frac{0,369}{9} * 0,43 + \frac{6,06}{9} * 1,584 = 2,568;$ $x_4^3 = \frac{13,897}{8,1} - \frac{0,416}{8,1} * 2,568 = 1,5838.$	$\varepsilon_1^3 = 1,146 - 1,166 = 0,02;$ $\varepsilon_2^3 = 0,4 - 0,43 = 0,03;$ $\varepsilon_3^3 = 2,567 - 2,568 = 0,001;$ $\varepsilon_4^3 = 1,583 - 1,5838 = 0,0002.$

С помощью программы Scilab выполняем расчет методом Зейделя:

```
1 A=[10.8 -0.576 0 0;
2 0.321 9.9 3.3 0;
3 0 -0.369 9 -6.06;
4 0 -0 -0.416 8.1]
5 B=[12.143; -13.089; -13.674; -13.897]
6 R=tril(A)
7 T=A-R
8 P=-inv(R)*T;
9 G=inv(R)*B;
10 X0=B;
11 X=P*X0+G;
12 while max(abs(X-X0))>=0.00001,
13     X0=X; X=P*X0+G;
14 end;
15 X
16 cond(A)
17 |
```

```

-->A=[10.8 -0.576 0 0;
-->0.321 9.9 3.3 0;
-->0 0.369 9 -6.06;
-->0 0 0.416 8.1]
A =

    10.8    - 0.576    0.    0.
    0.321    9.9    3.3    0.
    0.    0.369    9.    - 6.06
    0.    0.    0.416    8.1
-->B=[12.143; 13.089; 13.674; 13.897]
B =

    12.143
    13.089
    13.674
    13.897
-->R=tril(A)
R =

    10.8    0.    0.    0.
    0.321    9.9    0.    0.
    0.    0.369    9.    0.
    0.    0.    0.416    8.1
-->T=A-R
T =

    0.    - 0.576    0.    0.
    0.    0.    3.3    0.
    0.    0.    0.    - 6.06
    0.    0.    0.    0.
-->P=-inv(R)*T;
-->G=inv(R)*B;
-->X0=B;
-->X=P*X0+G;
-->while max(abs(X-X0))>=0.00001,
-->    X0=X; X=P*X0+G;
-->end;
-->X

```

```

X =

    1.1472248
    0.4288687
    2.5681637
    1.5837832
-->cond(A)
ans =

    2.1486732
-->

```

Задание 6. Вычисление интегралов приближенными методами

1. Метод прямоугольника

$$\int_2^3 x^2 * \cos\left(\frac{x}{4}\right) dx$$

x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0
y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}
3,510	3,816	4,126	4,439	4,754	5,068	5,382	5,691	5,996	6,295	6,585

$$\int_2^3 x^2 * \cos\left(\frac{x}{4}\right) dx \approx h * (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10}) = \frac{3-2}{10} * (3,816 + 4,126 + 4,439 + 4,754 + 5,068 + 5,382 + 5,691 + 5,996 + 6,295 + 6,585) = 5,2152$$

– метод «правых» прямоугольников;

$$\int_2^3 x^2 * \cos\left(\frac{x}{4}\right) dx \approx h * (y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9) = \frac{2-3}{10} * (3,510 + 3,816 + 4,126 + 4,439 + 4,754 + 5,068 + 5,382 + 5,691 + 5,996 + 6,295) = 4,9077$$

метод "левых" прямоугольников

$$\frac{4,9077 + 5,2152}{2} = 5,06145.$$

2. Метод трапеции

$$\int_2^3 x^2 * \cos\left(\frac{x}{4}\right) dx \approx h * \left(y_0 + \frac{y_1 + y_{10}}{2} + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9\right) = 0,1 * \left(3,510 + \frac{3,510 + 6,585}{2} + 4,126 + 4,439 + 4,754 + 5,068 + 5,382 + 5,691 + 5,996 + 6,295\right) = 5,06145.$$

Задание 7. Решение дифференциальных уравнений методом Эйлера

$$yy' + x = 1$$

$a=0.1$	$y_0 = 1$
$b=1.1$	$h=0.1$

$$y' = \frac{1-x}{y} = f(x,y)$$

	x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
y	1	1,09	1,1634	1,2236	1,2726	1,3119	1,3424	1,3648	1,3794	1,3866	1,3866
	y_0	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9	y_{10}

$$y_i = y_{i-1} + h * f(x_{i-1}; y_{i-1})$$

$$y_1 = 1 + 0.1 * \frac{1-0.1}{1} = 1,09$$

$$y_2 = 1,09 + 0.1 * \frac{1-0.2}{1,09} = 1,1634$$

$$y_3 = 1,1634 + 0.1 * \frac{1-0.3}{1,1634} = 1,2236$$

$$y_4 = 1,2236 + 0.1 * \frac{1-0.4}{1,2236} = 1,2726$$

$$y_5 = 1,2726 + 0.1 * \frac{1-0.5}{1,2726} = 1,3119$$

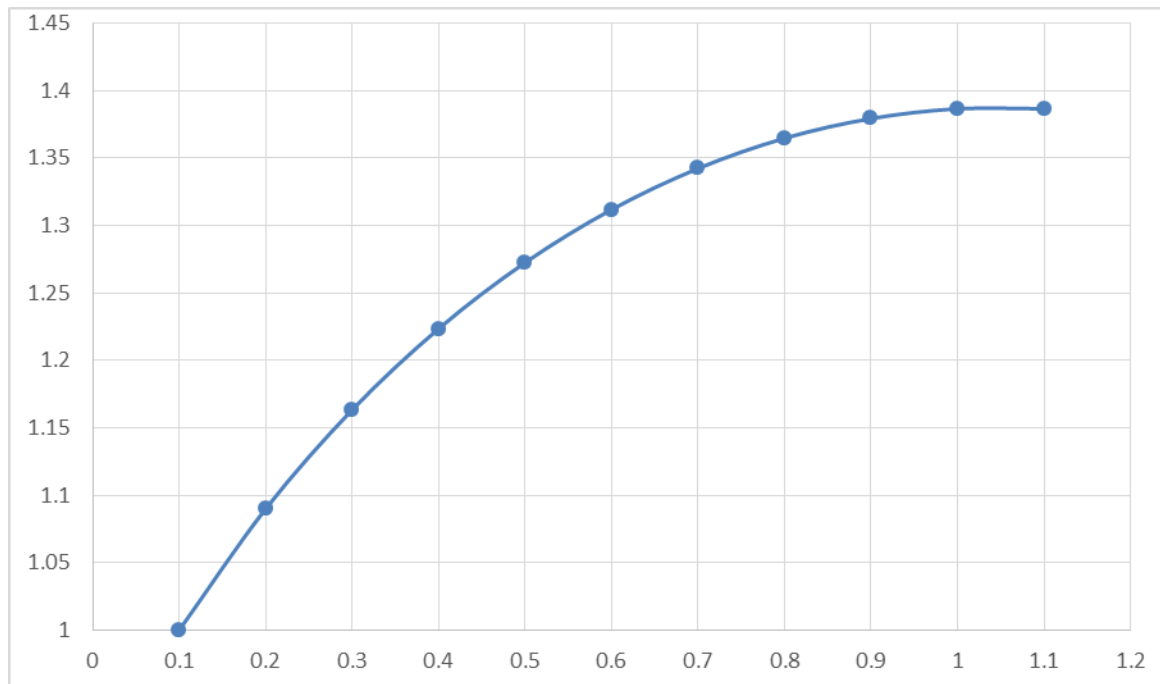
$$y_6 = 1,3119 + 0.1 * \frac{1-0.6}{1,3119} = 1,3424$$

$$y_7 = 1,3424 + 0.1 * \frac{1-0.7}{1,3424} = 1,3648$$

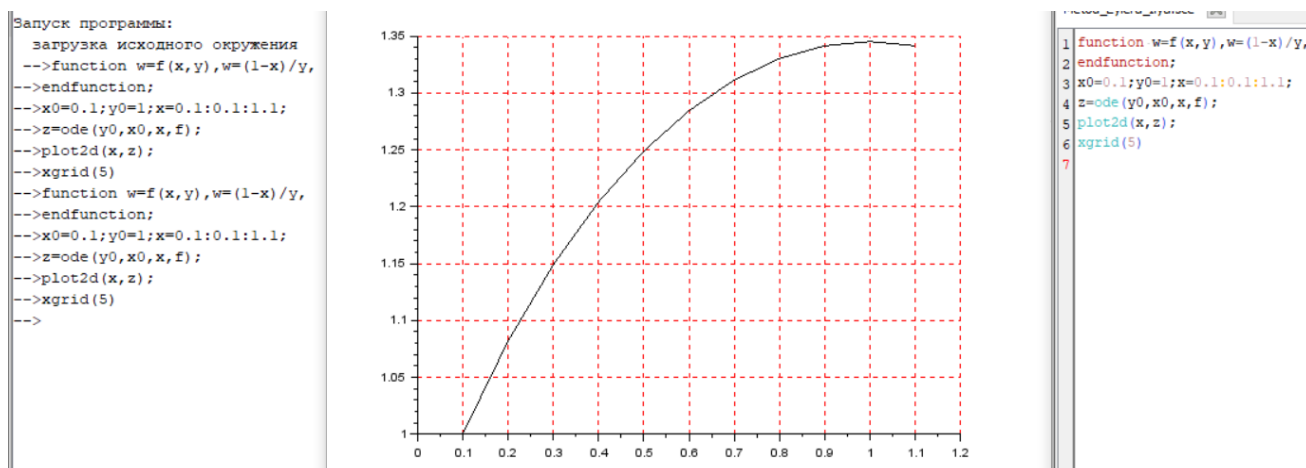
$$y_8 = 1,3648 + 0.1 * \frac{1-0.8}{1,3648} = 1,3794$$

$$y_9 = 1,3794 + 0.1 * \frac{1-0.9}{1,3794} = 1,3866$$

$$y_{10} = 1,3866 + 0.1 * \frac{1-1}{1,3866} = 1,3866$$



С помощью программы Scilab выполняем расчет методом Эйлера:



СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вержбицкий В. М. Основы численных методов./В. М. Вержбицкий. –М.: Высш. шк., 2002.
2. Турчак Л. И. Основы численных методов/ Л. И. Турчак. – М.: Наука, 1987.
3. Агальцов В. П. Математические методы в программировании: учебник / В. П. Агальцов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИД «ФОРУМ», 2010. – 240 с. (Профессиональное образование).
4. Информационно-справочная система «В помощь студентам». Форма доступа: <http://window.edu.ru>
5. Алексеев Е. Р. Scilab: Решение инженерных и математических задач / Е. Р. Алексеев, О.В.Чеснокова, Е. А.Рудченко. _ М. : ALT Linux ; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. _ 260 с. (Библиотека ALT Linux).
6. Лапчик М. П. Численные методы : учебное пособие для студ. вузов / М. П. Лапчик, М. И. Рагулина, Е. К. Хеннер.— М. : Академия, 2009.— 384 с.
7. Раевская Л.Т., ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ: учебное пособие /Л.Т. Раевская, А.Л. Карякин;- Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2021. – 128 с.



Министерство науки и высшего
образования РФ
ФБГОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

М. Е. Садовников

НАДЁЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА И ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

***Методические указания по организации
самостоятельной работы для обучающихся
направления 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника, профиля бакалавриата
Электротехнические комплексы и системы
горных и промышленных предприятий***

Екатеринбург
2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тематический план дисциплины	4
2. Тематика лабораторных, практических работ	5
3. Вопросы к зачёту по дисциплине	5
4. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	7
4.1. Основная литература	7
4.2. Дополнительная литература	7
5. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	8

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

самовоспроизводящая – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

поисковая – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

творческая – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

Контрольная работа (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

Расчетно-графическая работа (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
1	Предмет науки о надёжности. Основные понятия, термины и определения	2	12	[1] с. 9...12, [2] с. 3...16
2	Этапы анализа и показатели надёжности технических систем (ТС)	6	12	[1] с. 13...30, [2] с. 17...34
3	Математические модели в теории надёжности ТС	6	12	[1] с. 35...103
4	Мероприятия по формированию надёжности на различных стадиях проектирования	4	12	[1] с. 107...111
5	Расчёт надёжности ТС. Методы расчёта надёжности	6	12	[1] с. 112...166

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
6	Методы повышения надёжности ТС	6	10	[1] с. 370...390, [2] с. 63...78
7	Техническая диагностика электрооборудования	6	12	[2] с. 159...174
8	Идентификация эксплуатационных отказов электрооборудования	6	12	Конспект лекций

* см. методические указания к контрольной работе

2. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Таблица 2 – Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование тем лабораторных работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
7	Измерение сопротивления изоляции <i>Литература:</i> Конспект лекций	4	-
7	Измерение увлажнённости изоляции <i>Литература:</i> Конспект лекций	4	-
7	Проверка электрических схем. Прозвонка жгутов и кабелей. <i>Литература:</i> Конспект лекций	4	2
7	Определение полярности магнитосвязанных обмоток. <i>Литература:</i> Конспект лекций	4	-
Итого:		16	2

Таблица 3 – Перечень практических работ

Номер раздела и темы	Наименование тем практических работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
5	Расчёт надёжности по методу среднегрупповых показателей интенсивностей отказов. <i>Литература:</i> [1] с. 113...115	4	-
5	Расчёт надёжности по методу коэффициентов надёжности <i>Литература:</i> [1] с. 115...117	4	-
6	Разработка рекомендаций по повышению надёжности заданного электротехнического устройства (группы устройств). <i>Литература:</i> [1] с. 370...390	4	-
7	Испытания изоляции повышенным напряжением. <i>Литература:</i> Конспект лекций	4	2
Итого:		16	2

3. ВОПРОСЫ К ЗАЧЁТУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Предмет науки о надёжности.
2. Технический объект, элемент, система, подсистема.
3. Ремонтпригодные, неремонтпригодные, восстанавливаемые, невозстанавливаемые, самовосстанавливаемые объекты.
4. Эффективность, надёжность (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, сохраняемость, готовность).
5. Этапы жизни технического объекта, на которых формируется его надёжность.
6. Состояния объекта.

7. Повреждения, дефекты и отказы.
8. Классификация отказов.
9. Критерии и показатели надёжности.
10. Основные единичные количественные показатели безотказности невосстанавливаемых систем. Плотность распределения наработки до отказа.
11. Основные единичные количественные показатели безотказности невосстанавливаемых систем. Вероятность безотказной работы, вероятность отказа.
12. Основные единичные количественные показатели безотказности невосстанавливаемых систем. Частота отказов.
13. Основные единичные количественные показатели безотказности невосстанавливаемых систем. Интенсивность отказов.
14. Основные единичные количественные показатели безотказности невосстанавливаемых систем. Нарботка до отказа, средняя наработка до отказа.
15. Основные единичные количественные показатели безотказности восстанавливаемых систем. Параметр потока отказов.
16. Основные единичные количественные показатели безотказности восстанавливаемых систем. Средняя наработка между отказами.
17. Комплексные показатели надёжности. Коэффициенты готовности и неготовности.
18. Комплексные показатели надёжности. Коэффициент оперативной готовности.
19. Комплексные показатели надёжности. Коэффициент технического использования.
20. Комплексные показатели надёжности. Коэффициент сохранения эффективности.
21. Показатели ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости. Показатели ремонтпригодности.
22. Показатели ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости. Показатели долговечности.
23. Показатели ремонтпригодности, долговечности и сохраняемости. Показатели сохраняемости.
24. Постановка задачи расчёта надёжности.
25. Типы задач расчёта надёжности.
26. Порядок расчёта надёжности.
27. Расчёт надёжности по среднегрупповым значениям интенсивности отказов.
28. Расчёт надёжности по коэффициентам надёжности.
29. Расчёт надёжности с учётом условий эксплуатации.
30. Способы повышения надёжности. Повышение надёжности путём упрощения технической системы, улучшение организации и качества обслуживания.
31. Способы повышения надёжности. Внутриэлементная избыточность.
32. Способы повышения надёжности. Структурное резервирование.
33. Способы повышения надёжности. Временное резервирование, информационное резервирование, повышение ремонтпригодности.
34. Способы повышения надёжности.
35. Идентификация отказов.
36. Испытание изоляции повышенным напряжением постоянного тока.
37. Испытание изоляции повышенным напряжением переменного тока.
38. Разница в испытании изоляции повышенным напряжением постоянного и переменного тока.
39. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь нормальным высоковольтным мостом.
40. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь перевёрнутым высоковольтным мостом.

41. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь ёмкостным мостом с заземлённой диагональю.
42. Метод частичных разрядов.
43. Измерение сопротивления заземляющих устройств.
44. Измерение сопротивления металлосвязи между заземляющим устройством и заземляемым оборудованием.
45. Измерение сопротивления петля «фаза-нуль».
46. Измерение сопротивление грунта.
47. Определение сопротивления эквивалентного грунта в двухслойных грунтах.
48. Прожигание изоляции кабелей на постоянном токе.
49. Прожигание изоляции на переменном токе.
50. Методы определения расстояния до мест повреждения в кабелях.
51. Определение расстояния до места повреждения в кабеле импульсным методом.
52. Определение расстояния до места повреждения в кабеле методом колебательного разряда.
53. Определение расстояния до места повреждения в кабеле петлевым методом.
54. Определение расстояния до места повреждения в кабеле индукционным методом.
55. Определение расстояния до места повреждения в кабеле акустическим методом.
56. Определение расстояния до места повреждения в кабеле методом измерения потенциалов.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Теория надёжности [Текст]: учебник для вузов / Острейковский В. А. - М.: Высш. шк., 2003. - 463 с.: ил.
2	Надёжность, оптимизация и диагностика автоматизированных систем [Текст]: учебник/ М. Л. Хазин. – Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2017. - 225 с.

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
3	Надёжность и диагностика систем управления [Текст]: учеб. пособие / Хазин М. Л., Боярских Г. А. - Екатеринбург: УГГГА, 2001. - 170 с.: рис.; табл. - Библиогр.: с. 157-158.
4	Надёжность технических систем [Текст]: учебное пособие / Г. А. Боярских, М. Л. Хазин; Уральская государственная горно-геологическая академия. - Екатеринбург: УГГГА, 2002. - 180 с.: рис., табл. - Библиогр.: с. 162.
5	Надёжность электрических машин [Текст]: учебное пособие / Н. Л. Кузнецов. - М.: Издательский дом МЭИ, 2006. - 432 с.: ил.

5. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 8 Professional.
2. Microsoft Office Standard 2013.

Информационные справочные системы
ИПС «КонсультантПлюс».

Базы данных
Scopus: база данных рефератов и цитирования.
<https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>
E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный
университет»

П. А. Осипов

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

***Методические указания по организации
самостоятельной работы для студентов
направления 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника, профиля бакалавриата
Электротехнические комплексы и системы
горных и промышленных предприятий***

год набора: 2021

Екатеринбург
2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тематический план дисциплины.....	4
2. Тематика лабораторных, практических работ	7
3. Вопросы к экзамену по дисциплине	7
4. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	11
5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	12

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

самовоспроизводящая – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

поисковая – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

творческая – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

Контрольная работа (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

Расчетно-графическая работа (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
1	Назначение и классификация систем управления электроприводов. Обобщенная структура систем управления электроприводов Показатели качества управления выходными координатами	15	25	[1] с. 4...8
2	Методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры. Дискретные схемы программного управления в	15	25	[1] с. 29...68

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
	<p>многопозиционных электроприводах.</p> <p>Синтез дискретных систем управления электроприводов.</p> <p>Конечные автоматы – определение, диаграммы, функции и таблицы переходов и выходов.</p> <p>Структурный синтез конечных автоматов.</p> <p>Программирование конечных автоматов на языке лестничных диаграмм</p>			
3	<p>Принципы построения непрерывных систем управления электроприводов</p> <p>Электрический двигатель как объект управления</p> <p>Непрерывные системы управления скоростью электропривода постоянного тока с суммирующим усилителем. Узел токоограничения в системах управления скоростью электропривода</p> <p>Системы управления с подчиненным регулированием координат</p> <p>Оптимизация настроек контуров регулирования координат электроприводов и синтез регуляторов</p> <p>Система двухзонного регулирования скорости электропривода</p>	15	25	[1] с. 92...147
4	<p>Математическое описание асинхронной машины в неподвижной системе координат</p> <p>Прямые и обратные преобразования в неподвижных и вращающихся системах координат</p> <p>Математическое описание асинхронной машины с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат</p> <p>Автономные инверторы напряжения</p> <p>Автономные инверторы тока</p> <p>Методы широтно-импульсной модуляции</p> <p>Способы скалярного управления асинхронным электродвигателем</p> <p>Разомкнутые системы скалярного управления асинхронным электродвигателем</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с обратной связью по скорости и ограничением тока электродвигателя</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с автономным инвертором тока</p> <p>Принципы векторного управления электроприводом переменного тока</p> <p>Структурная схема асинхронного электродвигателя при ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора и управлении током статора</p> <p>Функциональная структура системы векторного управления с ориентацией вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора</p>	15	25	[1] с. 179...234 [2] с. 9...57

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
	Алгоритмическая структура системы векторного управления Система прямого управления моментом асинхронного электродвигателя (DTC) Вентильный двигатель Математическое описание вентильной машины Система управления электропривода с вентильным двигателем			
5	Структура цифровой системы управления выходными координатами электропривода Квантование сигналов по уровню Квантование сигналов по времени, теорема о квантовании, методы восстановления сигналов Оператор сдвига и z-преобразование Методы аппроксимации линейных дифференциальных уравнений и выбор периода квантования Синтез цифровых систем управления электроприводов	17	23	[1] с. 256...296 [2] с. 137...169

* см. методические указания к контрольной работе

2. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Таблица 2 – Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование тем лабораторных работ	Трудоемкость, час	
		очная	заочная
1, 3, 4.1, 4.2, 4.3	Изучение модели асинхронного короткозамкнутого двигателя.	4	4
1, 5.2, 5.3, 5.4	Цифровые системы управления электроприводов.	6	2
Итого:		10	6

Таблица 3 – Перечень практических работ

Номер раздела и темы	Наименование тем практических работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
2.1-2.6	Методы описания дискретных систем управления электроприводов. Структурный синтез автоматов дискретных систем управления электроприводов. Создание программ для логических контроллеров дискретных систем управления электроприводов.	3	
3.1-3.5	Управление скоростью и моментом электродвигателя. Расчет настроек контуров регулирования на модульный и симметричный оптимум. Изучение системы подчиненного регулирования.	2	
4.1, 4.2, 4.3	Изучение модели асинхронного короткозамкнутого двигателя.	1	
4.11, 4.13, 4.14	Векторное управление асинхронным электродвигателем.	2	
5.2, 5.3, 5.4	Цифровые системы управления электроприводов.	2	
Итого:		10	

3. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

№	Тема	Вопросы
1	Назначение и классификация систем управления электроприводов. Обобщенная структура систем управления электроприводов. Показатели качества управления выходными координатами	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назначение, функции и структура системы управления электроприводом. 2. Электрический двигатель как объект управления. 3. Обобщенная структура систем управления электроприводов. 4. Классификация систем управления электроприводов. 5. Функции регулируемого электропривода. По каким координатам возможно регулирование в электроприводе? 6. Назовите показатели качества управления выходными координатами. 7. Задачи верхнего и нижнего уровня систем управления электроприводов. 8. Отличия терминов «система управления и система автоматического управления». 9. Назовите показатель для качества электропривода

№	Тема	Вопросы
		<p>«регулируемость по скорости» вверх или вниз от номинальной.</p> <p>10. Поясните, почему для оценки быстродействия электропривода рекомендуется показатель качества $1/\omega_{п.п.}$, а не $\omega_{п.п.}$?</p> <p>11. Поясните, почему для оценки жесткости механической характеристики электропривода рекомендуется показатель качества δ, а не β?</p>
2	<p>Методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры. Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах. Синтез дискретных систем управления электроприводов. Конечные автоматы – определение, диаграммы, функции и таблицы переходов и выходов. Структурный синтез конечных автоматов. Программирование конечных автоматов на языке лестничных диаграмм</p>	<p>12. Поясните методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры.</p> <p>13. Последовательность синтеза дискретных систем управления электроприводов.</p> <p>14. Конечные автоматы – определение, диаграммы, функции и таблицы переходов и выходов.</p> <p>15. Алгоритм структурного синтеза конечных автоматов.</p> <p>16. Порядок программирования конечных автоматов на языке лестничных диаграмм.</p> <p>17. Структурный синтез конечных автоматов.</p> <p>18. Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах.</p> <p>19. Программирование конечных автоматов на языке лестничных диаграмм.</p> <p>20. Синтез дискретных систем управления электроприводов.</p>
3	<p>Принципы построения непрерывных систем управления электроприводов. Электрический двигатель как объект управления. Непрерывные системы управления скоростью электропривода постоянного тока с суммирующим усилителем. Узел токоограничения в системах управления скоростью электропривода. Системы управления с подчиненным регулированием координат. Оптимизация настроек контуров регулирования координат электроприводов и синтез регуляторов. Система двухзонного регулирования скорости электропривода</p>	<p>21. Характеристики и математическое описание электрического двигателя как объекта управления.</p> <p>22. Структурная схема непрерывной системы управления скоростью электропривода постоянного тока с суммирующим усилителем.</p> <p>23. Недостатки схему с суммирующим усилителем.</p> <p>24. Узел токоограничения в системах управления скоростью электропривода.</p> <p>25. Способы ограничения электромагнитного момента при возрастании нагрузки на валу двигателя.</p> <p>26. Системы управления с подчиненным регулированием координат: структура, главный и подчиненный контур, достоинства и недостатки системы, сравнение с системой с суммирующим усилителем.</p> <p>27. Достоинства и недостатки системы управления с подчиненным регулированием координат.</p> <p>28. Оптимизация настроек контуров регулирования координат электроприводов и синтез регуляторов.</p> <p>29. Показатели качества электропривода при настройке контуров регулирования на симметричный оптимум.</p> <p>30. Показатели качества электропривода при настройке контуров регулирования на модульный оптимум.</p> <p>31. Система двухзонного регулирования скорости электропривода</p> <p>32. Отличие симметричного оптимума контура скорости от модельного оптимума?</p>

№	Тема	Вопросы
		<p>33. Назначение задающего устройства и блока ограничения выходного напряжения регулирования скорости?</p> <p>34. Примеры технологических установок, где целесообразно применение электропривода с двухзонным регулированием скорости.</p> <p>35. Поясните назначение контуров регулирования тока возбуждения и ЭДС двигателя в системах двухзонного регулирования</p> <p>36. Как изменение магнитного потока влияет на механические и электромеханические постоянные времени двигателя?</p>
4	<p>Математическое описание асинхронной машины в неподвижной системе координат. Прямые и обратные преобразования в неподвижных и вращающихся системах координат.</p> <p>Математическое описание асинхронной машины с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат.</p> <p>Автономные инверторы напряжения. Автономные инверторы тока. Методы широтно-импульсной модуляции. Способы скалярного управления асинхронным электродвигателем.</p> <p>Разомкнутые системы скалярного управления асинхронным электродвигателем.</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с обратной связью по скорости и ограничением тока электродвигателя.</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с автономным инвертором тока. Принципы векторного управления электроприводом переменного тока.</p> <p>Структурная схема асинхронного электродвигателя при ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления</p>	<p>37. Математическое описание асинхронной машины в неподвижной системе координат.</p> <p>38. Прямые и обратные преобразования в неподвижных и вращающихся системах координат.</p> <p>39. Математическое описание асинхронной машины с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат.</p> <p>40. Структура, достоинства и недостатки автономных инверторов напряжения и тока.</p> <p>41. Методы широтно-импульсной модуляции.</p> <p>42. Автономные инверторы напряжения и тока.</p> <p>43. Способы и законы скалярного управления асинхронным электродвигателем.</p> <p>44. Разомкнутые системы скалярного управления асинхронным электродвигателем: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>45. Замкнутые системы скалярного управления с обратной связью по скорости и ограничением тока электродвигателя: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>46. Замкнутые системы скалярного управления с автономным инвертором тока: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>47. Принципы векторного управления электроприводом переменного тока: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>48. Структурная схема асинхронного электродвигателя при ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора и управлении током статора.</p> <p>49. Функциональная структура системы векторного управления с ориентацией вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора.</p> <p>50. Алгоритмическая структура системы векторного управления.</p> <p>51. Система прямого управления моментом асинхронного электродвигателя (DTC).</p> <p>52. Вентильный двигатель: характеристики, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>53. Математическое описание вентильной машины.</p> <p>54. Система управления электропривода с вентильным двигателем</p>

№	Тема	Вопросы
	<p>ротора и управлении током статора. Функциональная структура системы векторного управления с ориентацией вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора. Алгоритмическая структура системы векторного управления. Система прямого управления моментом асинхронного электродвигателя (DTC). Вентильный двигатель. Математическое описание вентильной машины. Система управления электропривода с вентильным двигателем</p>	
5	<p>Структура цифровой системы управления выходными координатами электропривода. Квантование сигналов по уровню. Квантование сигналов по времени, теорема о квантовании, методы восстановления сигналов. Оператор сдвига и z-преобразование. Методы аппроксимации линейных дифференциальных уравнений и выбор периода квантования. Синтез цифровых систем управления электроприводов</p>	<p>55. Структура цифровой системы управления выходными координатами электропривода. 56. Квантование сигналов по уровню. 57. Квантование сигналов по времени, теорема о квантовании, методы восстановления сигналов. 58. Оператор сдвига и z-преобразование. 59. Методы аппроксимации линейных дифференциальных уравнений и выбор периода квантования. 60. Синтез цифровых систем управления электроприводов</p>

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

1. Терехов В. М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. — М., Изд. центр «Академия», 2005 – 300 с.
2. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебн. пособие — М., Изд. центр «Академия», 2006 – 272 с.

4.2 Дополнительная литература

3. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами – Л. Энергоиздат, 1982 – 392 с.
4. Бабенко А.Г. Цифровые системы управления. – Изд-во УГГУ, 2005 – 325 с.
5. Остром К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ. – М. Мир, 1987 – 480 с.
6. Шенфельд Р., Хабинер Э. Автоматизированные электроприводы. – Л. Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1985 – 464 с.
7. Носырев М.Б., Карякин А.Л. Расчеты и моделирование САУ главных электроприводов одноковшовых экскаваторов. Учебное пособие. Свердловск, изд-во СГИ, 1987 – 88 с.
8. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0. Учебное пособие. СПб., Корона принт, 2001 – 320 с.
9. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб, Питер, 2008. – 288 с.

**5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ
ИНФОРМАЦИОННОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
«ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Официальный сайт ПО Apache OpenOffice - свободный и открытый офисный пакет – <https://www.openoffice.org/ru/>
2. Schneider Electric Zelio-Soft - <https://www.schneider-electric.ru/ru/product-range-presentation/542-zelio-soft/>
3. Инженерное ПО MathWork MATLAB и MathWork Simulink - <https://www.mathworks.com>
4. Образовательный проект «Экспонента: MATLAB, Simulink, Центр - ЦИТМ Экспонента» - <https://exponenta.ru>

**6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО
ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Microsoft Windows 10 Professional
2. Apache Open Office (бесплатный пакет офисных программ)
3. Schneider Electric Zelio-Soft (бесплатный пакет программ для программирования контроллеров)
4. Инженерное ПО MathWork MATLAB и MathWork Simulink

Информационные справочные системы
ИПС «КонсультантПлюс».

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования.

<https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>

E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

П. А. Осипов

**Компьютерная и микропроцессорная
техника в системах управления
электроприводов**

***Методические указания по организации
самостоятельной работы для студентов
направления 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника, профиля бакалавриата
Электротехнические комплексы и системы
горных и промышленных предприятий***

год набора: 2021

**Екатеринбург
2020**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тематический план дисциплины.....	4
2. Тематика лабораторных, практических работ	7
3. Вопросы к экзамену по дисциплине	7
4. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	11
5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	12

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

самовоспроизводящая – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

поисковая – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

творческая – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

Контрольная работа (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

Расчетно-графическая работа (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
1	Назначение и классификация систем управления электроприводов. Обобщенная структура систем управления электроприводов Показатели качества управления выходными координатами	15	25	[1] с. 4...8
2	Методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры. Дискретные схемы программного управления в	15	25	[1] с. 29...68

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
	<p>многопозиционных электроприводах.</p> <p>Синтез дискретных систем управления электроприводов.</p> <p>Конечные автоматы – определение, диаграммы, функции и таблицы переходов и выходов.</p> <p>Структурный синтез конечных автоматов.</p> <p>Программирование конечных автоматов на языке лестничных диаграмм</p>			
3	<p>Принципы построения непрерывных систем управления электроприводов</p> <p>Электрический двигатель как объект управления</p> <p>Непрерывные системы управления скоростью электропривода постоянного тока с суммирующим усилителем. Узел токоограничения в системах управления скоростью электропривода</p> <p>Системы управления с подчиненным регулированием координат</p> <p>Оптимизация настроек контуров регулирования координат электроприводов и синтез регуляторов</p> <p>Система двухзонного регулирования скорости электропривода</p>	15	25	[1] с. 92...147
4	<p>Математическое описание асинхронной машины в неподвижной системе координат</p> <p>Прямые и обратные преобразования в неподвижных и вращающихся системах координат</p> <p>Математическое описание асинхронной машины с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат</p> <p>Автономные инверторы напряжения</p> <p>Автономные инверторы тока</p> <p>Методы широтно-импульсной модуляции</p> <p>Способы скалярного управления асинхронным электродвигателем</p> <p>Разомкнутые системы скалярного управления асинхронным электродвигателем</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с обратной связью по скорости и ограничением тока электродвигателя</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с автономным инвертором тока</p> <p>Принципы векторного управления электроприводом переменного тока</p> <p>Структурная схема асинхронного электродвигателя при ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора и управлении током статора</p> <p>Функциональная структура системы векторного управления с ориентацией вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора</p>	15	25	[1] с. 179...234 [2] с. 9...57

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
	Алгоритмическая структура системы векторного управления Система прямого управления моментом асинхронного электродвигателя (DTC) Вентильный двигатель Математическое описание вентильной машины Система управления электропривода с вентильным двигателем			
5	Структура цифровой системы управления выходными координатами электропривода Квантование сигналов по уровню Квантование сигналов по времени, теорема о квантовании, методы восстановления сигналов Оператор сдвига и z-преобразование Методы аппроксимации линейных дифференциальных уравнений и выбор периода квантования Синтез цифровых систем управления электроприводов	17	23	[1] с. 256...296 [2] с. 137...169

* см. методические указания к контрольной работе

2. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Таблица 2 – Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование тем лабораторных работ	Трудоемкость, час	
		очная	заочная
1, 3, 4.1, 4.2, 4.3	Изучение модели асинхронного короткозамкнутого двигателя.	4	4
1, 5.2, 5.3, 5.4	Цифровые системы управления электроприводов.	6	2
Итого:		10	6

Таблица 3 – Перечень практических работ

Номер раздела и темы	Наименование тем практических работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
2.1-2.6	Методы описания дискретных систем управления электроприводов. Структурный синтез автоматов дискретных систем управления электроприводов. Создание программ для логических контроллеров дискретных систем управления электроприводов.	3	
3.1-3.5	Управление скоростью и моментом электродвигателя. Расчет настроек контуров регулирования на модульный и симметричный оптимум. Изучение системы подчиненного регулирования.	2	
4.1, 4.2, 4.3	Изучение модели асинхронного короткозамкнутого двигателя.	1	
4.11, 4.13, 4.14	Векторное управление асинхронным электродвигателем.	2	
5.2, 5.3, 5.4	Цифровые системы управления электроприводов.	2	
Итого:		10	

3. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

№	Тема	Вопросы
1	Назначение и классификация систем управления электроприводов. Обобщенная структура систем управления электроприводов. Показатели качества управления выходными координатами	<ol style="list-style-type: none"> 1. Назначение, функции и структура системы управления электроприводом. 2. Электрический двигатель как объект управления. 3. Обобщенная структура систем управления электроприводов. 4. Классификация систем управления электроприводов. 5. Функции регулируемого электропривода. По каким координатам возможно регулирование в электроприводе? 6. Назовите показатели качества управления выходными координатами. 7. Задачи верхнего и нижнего уровня систем управления электроприводов. 8. Отличия терминов «система управления и система автоматического управления». 9. Назовите показатель для качества электропривода «регулируемость по скорости» вверх или вниз от

№	Тема	Вопросы
		<p>номинальной.</p> <p>10. Поясните, почему для оценки быстродействия электропривода рекомендуется показатель качества $1/\omega_{п.п.}$, а не $\omega_{п.п.}$?</p> <p>11. Поясните, почему для оценки жесткости механической характеристики электропривода рекомендуется показатель качества δ, а не β?</p>
2	<p>Методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры. Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах. Синтез дискретных систем управления электроприводов. Конечные автоматы – определение, диаграммы, функции и таблицы переходов и выходов. Структурный синтез конечных автоматов. Программирование конечных автоматов на языке лестничных диаграмм</p>	<p>12. Поясните методы анализа с использованием циклограмм и структурных формул булевой алгебры.</p> <p>13. Последовательность синтеза дискретных систем управления электроприводов.</p> <p>14. Конечные автоматы – определение, диаграммы, функции и таблицы переходов и выходов.</p> <p>15. Алгоритм структурного синтеза конечных автоматов.</p> <p>16. Порядок программирования конечных автоматов на языке лестничных диаграмм.</p> <p>17. Структурный синтез конечных автоматов.</p> <p>18. Дискретные схемы программного управления в многопозиционных электроприводах.</p> <p>19. Программирование конечных автоматов на языке лестничных диаграмм.</p> <p>20. Синтез дискретных систем управления электроприводов.</p>
3	<p>Принципы построения непрерывных систем управления электроприводов. Электрический двигатель как объект управления. Непрерывные системы управления скоростью электропривода постоянного тока с суммирующим усилителем. Узел токоограничения в системах управления скоростью электропривода. Системы управления с подчиненным регулированием координат. Оптимизация настроек контуров регулирования координат электроприводов и синтез регуляторов. Система двухзонного регулирования скорости электропривода</p>	<p>21. Характеристики и математическое описание электрического двигателя как объекта управления.</p> <p>22. Структурная схема непрерывной системы управления скоростью электропривода постоянного тока с суммирующим усилителем.</p> <p>23. Недостатки схему с суммирующим усилителем.</p> <p>24. Узел токоограничения в системах управления скоростью электропривода.</p> <p>25. Способы ограничения электромагнитного момента при возрастании нагрузки на валу двигателя.</p> <p>26. Системы управления с подчиненным регулированием координат: структура, главный и подчиненный контур, достоинства и недостатки системы, сравнение с системой с суммирующим усилителем.</p> <p>27. Достоинства и недостатки системы управления с подчиненным регулированием координат.</p> <p>28. Оптимизация настроек контуров регулирования координат электроприводов и синтез регуляторов.</p> <p>29. Показатели качества электропривода при настройке контуров регулирования на симметричный оптимум.</p> <p>30. Показатели качества электропривода при настройке контуров регулирования на модульный оптимум.</p> <p>31. Система двухзонного регулирования скорости электропривода</p> <p>32. Отличие симметричного оптимума контура скорости от модельного оптимума?</p> <p>33. Назначение задающего устройства и блока</p>

№	Тема	Вопросы
		<p>ограничения выходного напряжения регулирования скорости?</p> <p>34. Примеры технологических установок, где целесообразно применение электропривода с двухзонным регулированием скорости.</p> <p>35. Поясните назначение контуров регулирования тока возбуждения и ЭДС двигателя в системах двухзонного регулирования</p> <p>36. Как изменение магнитного потока влияет на механические и электромеханические постоянные времени двигателя?</p>
4	<p>Математическое описание асинхронной машины в неподвижной системе координат. Прямые и обратные преобразования в неподвижных и вращающихся системах координат.</p> <p>Математическое описание асинхронной машины с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат.</p> <p>Автономные инверторы напряжения. Автономные инверторы тока. Методы широтно-импульсной модуляции. Способы скалярного управления асинхронным электродвигателем.</p> <p>Разомкнутые системы скалярного управления асинхронным электродвигателем.</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с обратной связью по скорости и ограничением тока электродвигателя.</p> <p>Замкнутые системы скалярного управления с автономным инвертором тока. Принципы векторного управления электроприводом переменного тока.</p> <p>Структурная схема асинхронного электродвигателя при ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора и управлении током</p>	<p>37. Математическое описание асинхронной машины в неподвижной системе координат.</p> <p>38. Прямые и обратные преобразования в неподвижных и вращающихся системах координат.</p> <p>39. Математическое описание асинхронной машины с короткозамкнутым ротором во вращающейся системе координат.</p> <p>40. Структура, достоинства и недостатки автономных инверторов напряжения и тока.</p> <p>41. Методы широтно-импульсной модуляции.</p> <p>42. Автономные инверторы напряжения и тока.</p> <p>43. Способы и законы скалярного управления асинхронным электродвигателем.</p> <p>44. Разомкнутые системы скалярного управления асинхронным электродвигателем: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>45. Замкнутые системы скалярного управления с обратной связью по скорости и ограничением тока электродвигателя: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>46. Замкнутые системы скалярного управления с автономным инвертором тока: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>47. Принципы векторного управления электроприводом переменного тока: структура, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>48. Структурная схема асинхронного электродвигателя при ориентации вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора и управлении током статора.</p> <p>49. Функциональная структура системы векторного управления с ориентацией вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора.</p> <p>50. Алгоритмическая структура системы векторного управления.</p> <p>51. Система прямого управления моментом асинхронного электродвигателя (DTC).</p> <p>52. Вентильный двигатель: характеристики, достоинства, недостатки и области применения.</p> <p>53. Математическое описание вентильной машины.</p> <p>54. Система управления электропривода с вентильным двигателем</p>

№	Тема	Вопросы
	<p>статора. Функциональная структура системы векторного управления с ориентацией вращающейся системы координат по вектору потокосцепления ротора. Алгоритмическая структура системы векторного управления. Система прямого управления моментом асинхронного электродвигателя (DTC). Вентильный двигатель. Математическое описание вентильной машины. Система управления электропривода с вентильным двигателем</p>	
5	<p>Структура цифровой системы управления выходными координатами электропривода. Квантование сигналов по уровню. Квантование сигналов по времени, теорема о квантовании, методы восстановления сигналов. Оператор сдвига и z-преобразование. Методы аппроксимации линейных дифференциальных уравнений и выбор периода квантования. Синтез цифровых систем управления электроприводов</p>	<p>55. Структура цифровой системы управления выходными координатами электропривода. 56. Квантование сигналов по уровню. 57. Квантование сигналов по времени, теорема о квантовании, методы восстановления сигналов. 58. Оператор сдвига и z-преобразование. 59. Методы аппроксимации линейных дифференциальных уравнений и выбор периода квантования. 60. Синтез цифровых систем управления электроприводов</p>

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

1. Терехов В. М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. — М., Изд. центр «Академия», 2005 – 300 с.
2. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебн. пособие — М., Изд. центр «Академия», 2006 – 272 с.

4.2 Дополнительная литература

3. Башарин А. В., Новиков В. А., Соколовский Г. Г. Управление электроприводами – Л. Энергоиздат, 1982 – 392 с.
4. Бабенко А.Г. Цифровые системы управления. – Изд-во УГГУ, 2005 – 325 с.
5. Остром К., Виттенмарк Б. Системы управления с ЭВМ. – М. Мир, 1987 – 480 с.
6. Шенфельд Р., Хабинер Э. Автоматизированные электроприводы. – Л. Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1985 – 464 с.
7. Носырев М.Б., Карякин А.Л. Расчеты и моделирование САУ главных электроприводов одноковшовых экскаваторов. Учебное пособие. Свердловск, изд-во СГИ, 1987 – 88 с.
8. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0. Учебное пособие. СПб., Корона принт, 2001 – 320 с.
9. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб, Питер, 2008. – 288 с.

**5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ
ИНФОРМАЦИОННОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ
«ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Официальный сайт ПО Apache OpenOffice - свободный и открытый офисный пакет – <https://www.openoffice.org/ru/>
2. Schneider Electric Zelio-Soft - <https://www.schneider-electric.ru/ru/product-range-presentation/542-zelio-soft/>
3. Инженерное ПО MathWork MATLAB и MathWork Simulink - <https://www.mathworks.com>
4. Образовательный проект «Экспонента: MATLAB, Simulink, Центр - ЦИТМ Экспонента» - <https://exponenta.ru>

**6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ
ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО
ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ**

1. Microsoft Windows 10 Professional
2. Apache Open Office (бесплатный пакет офисных программ)
3. Schneider Electric Zelio-Soft (бесплатный пакет программ для программирования контроллеров)
4. Инженерное ПО MathWork MATLAB и MathWork Simulink

Информационные справочные системы
ИПС «КонсультантПлюс».

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования.

<https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>

E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО

«Уральский государственный горный
университет»

П. А. Осипов

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Методические рекомендации и задания к
контрольной работе для студентов направления
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
профиля бакалавриата Электротехнические
комплексы и системы горных и промышленных
предприятий**

Год набора: 2021

*для студентов
очной и заочной формы обучения*

Екатеринбург

2020

Контрольная работа

Контрольная работа задание №1: Организовать параллельные взаимодействующие вычисления с помощью механизма рандеву, разделить доступ к ресурсам с помощью семафора и монитора на языке программирования АДА.

Задача 1. При помощи механизма рандеву синхронизировать работу задач ПРОИЗВОДИТЕЛЬ и ПОТРЕБИТЕЛЬ.

Условия: Имеется следующий текст программы работы несинхронизированных задач:

--задача-ПРОИЗВОДИТЕЛЬ (WRITER) изменяет разделяемую переменную N

--задача-ПОТРЕБИТЕЛЬ (READER) отображает значение переменной на экране

with SMALL_SP; use SMALL_SP; -- определение используемых пакетов

procedure NO_CONNECT is -- начало процедуры

N:INTEGER:=0; -- разделяемая переменная N

task WRITER; -- спецификация задачи ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

task READER; -- спецификация задачи ПОТРЕБИТЕЛЬ

task body WRITER is -- тело (секция кода) задачи ПРОИЗВОДИТЕЛЬ

begin

LOOP -- цикл

N:=N+1; -- изменение переменной N

end LOOP; -- бесконечный цикл

end WRITER;

task body READER is -- тело задачи ПОТРЕБИТЕЛЬ

I:INTEGER:=0; -- счетчик секунд

begin

LOOP -- цикл

DELAY 1.0; -- задержка на 1 секунду

I:=I+1; -- увеличить счетчик секунд

CURSORAT(4,10); -- установить курсор

PUT("PROSHLO");PUT(I); PUT_LINE("SEKUND"); --отображение времени

PUT("N= "); PUT_LINE(N);--отображение переменной N

end LOOP;

end READER;

begin -- начало исполняемого кода процедуры

PUT_LINE("ODNOVREMENNOE VIPOLNENIE ZADACH PROIZVODITEL I POTREBITEL");

end NO_CONNECT; -- конец процедуры

1 Вариант: задача ПРОИЗВОДИТЕЛЬ передает сообщение о возможности считывания данных, а задача ПОТРЕБИТЕЛЬ ожидает сообщение и отображает данные при получении сообщения.

2 Вариант: задача ПОТРЕБИТЕЛЬ передает сообщение о возможности считывания данных, а задача ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ожидает сообщение и отображает данные при получении сообщения.

3 Вариант: задача ПОТРЕБИТЕЛЬ передает сообщение о возможности считывания данных и отображает данные при получении сообщения, а задача ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ожидает сообщение и отображает данные при получении сообщения.

Напишите программы на языке программирования АДА по 3-м вариантам работы алгоритма рандеву.

Контрольная работа задание №2: Определить тип топологии физических связей компьютерной сети. Выбрать способ адресации узлов сети, коммутации и маршрутизации.

Задача 1. Имеются утилиты стека протокола TCP/IP:

Название	Назначение	Пример
hostname	Выводит имя локального хоста.	hostname
ipconfig	Показывает параметры конфигурации протокола TCP/IP: IP-адрес, маску подсети и адрес основного шлюза.	ipconfig
ping	Проверяет соединение с удаленным хостом с помощью отправки и получения эхо-пакетов.	ping ursmu.ru
tracert	Определяет маршрут прохождения пакетов до удаленного хоста.	tracert ursmu.ru
arp	Отображение и изменение таблицы преобразования IP-адресов в физические, используемые протоколом разрешения адресов ARP (Address Resolution Protocol).	arp -a
route	Модифицирует таблицы маршрутизации IP. Отображает содержимое таблицы, добавляет и удаляет маршруты IP.	route print
netstat	Выводит статистику и текущую информацию по соединению TCP/IP.	netstat -e
nslookup	Отправляет запрос к DNS серверу с текстовым адресом сайта и получает соответствующий IP-адрес.	nslookup ursmu.ru

Условия: Список удаленных хостов 192.168.0.1, ursmu.ru, e1.ru, yandex.ru.

1 Вариант: Выведите на экран имя локального хоста с помощью команды hostname.

Проверьте конфигурацию TCP/IP с помощью утилиты ipconfig. Заполните таблицу:

Имя хоста	
IP-адрес	
Маска подсети	
Основной шлюз	

Проверьте правильность установки и конфигурирования TCP/IP на локальном компьютере с помощью утилиты ping. С помощью команды tracert проверьте, через какие промежуточные узлы идет сигнал до хоста: ursmu.ru. Узнайте ip-адреса узла: ursmu.ru.

2 Вариант: выведите на экран имя локального хоста с помощью команды ipconfig.

Проверьте конфигурацию TCP/IP с помощью утилиты ipconfig. Заполните таблицу:

Используется ли DHCP (адрес DHCP-сервера)	
Описание адаптера	
Физический адрес сетевого адаптера	

Проверьте функционирование основного шлюза, послав 5 эхо-пакетов длиной 64 байта. С помощью команды tracert проверьте, через какие промежуточные узлы идет сигнал до хоста: e1.ru. Узнайте ip-адреса узла: e1.ru.

3 Вариант: выведите на экран имя локального хоста с помощью команды ipconfig /all.

Проверьте конфигурацию TCP/IP с помощью утилиты ipconfig. Заполните таблицу:

Адрес DNS-сервера	
Адрес WINS-сервера	

Проверьте возможность установления соединения с удаленным хостом: ursmu.ru.

С помощью команды tracert проверьте, через какие промежуточные узлы идет сигнал до хоста: yandex.ru. Узнайте ip-адреса узла: yandex.ru.

Выполните команды стека протоколов TCP/IP в командной строке по 3-м вариантам.

Контрольная работа задание №3: Выполнить нормализацию, декомпозицию таблицы базы данных; привести таблицу базы данных в первую нормальную форму и нормальную форму Бойса-Кодда.

Задача 1. Имеется таблица базы данных:

Таблица 1. Библиотека

Идентификатор книги	ФИО автора книги	Название книги	Год издания	Издательство	Цена	Является ли новым изданием	Краткая аннотация	Количество экземпляров	Номер читательского билета	ФИО читателя	Адрес читателя
11,12,13,14	Лев Николаевич Толстой	Война и мир, Том 1, 2, 3,4	2011	Мир	400.00 руб .. 500.00 руб .. 600.00 руб .. 700.00 руб ..	Да	Роман-эпопея Льва Николаевича Толстого, описывающий русское общество в эпоху войн против Наполеона в 1805—1812 годах	100, 200, 300, 400	7011	Петр Кириллович Безухов	Свердловская обл., г. Екатеринбург, 8 Марта, 82А, ком. 554
20	Федор Михайлович Достоевский	Идиот	2007	Мир	400.00 руб	Нет	Роман Фёдора Михайловича Достоевского, впервые опубликован с января 1868 по январь 1869 в журнале «Русский вестник».	100	7012	Лев Николаевич Мышкин	Свердловская обл., г. Екатеринбург, 8 Марта, 82А, ком. 555
30	Николай Васильевич Гоголь	Мертвые души	2008	Наука	800.00 руб	Да	Сюжет поэмы был подсказан Гоголю Александром Сергеевичем	1000	7012	Лев Николаевич Мышкин	Свердловская обл., г. Екатеринбург, 8 Марта,



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ФГБОУ ВО

**«Уральский государственный горный
университет»**

П. А. Осипов

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

***Методические указания по организации
самостоятельной работы для студентов
направления 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника, профиля бакалавриата
Электротехнические комплексы и системы
горных и промышленных предприятий***

Год набора: 2021

**Екатеринбург
2020**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тематический план дисциплины.....	4
2. Тематика лабораторных, практических работ	6
3. Вопросы к экзамену по дисциплине	7
4. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	9
5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	9
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	9

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

самовоспроизводящая – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

поисковая – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

творческая – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

Контрольная работа (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

Расчетно-графическая работа (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
1	Понятие, функции, классификация и эволюция операционных систем. Компоненты операционных систем: ядро, загрузчик, интерпретатор команд, драйверы устройств, встроенное программное обеспечение.	1	5	[1] с. 13...28, 57...86 [4] с. 11...15
2	Понятие операционной среды и прикладного интерфейса программирования. Вычислительный процесс и ресурс. Прерывания. Мультипрограммирование и	1	5	[1] с. 32...39, 124...131 [4] с. 16...30

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
	многозадачность.			
3	Диаграмма состояний процессора. Процессы и задачи. Последовательный вычислительный процесс. Разделение ресурсов. Управление задачами, памятью и вводом-выводом в операционных системах. Файловые системы.	1	5	[1] с. 87...97, 106-118 [4] с. 30...46, 163...208
4	Организация параллельных взаимодействующих вычислений: семафоры, мьютексы, мониторы, почтовый ящики, конвейеры, очереди.	1	5	[1] с. 87...97, 140...157 [4] с. 209...246
5	Определение, функции и состав операционных систем реального времени. Принципы построения операционных систем реального времени.	1	5	[1] с. 92...93, 119...123 [4] с. 340...351
6	Понятие, функции, классификация и эволюция компьютерных сетей. Глобальные и локальные компьютерные сети.	1	5	[2] с. 24...37, [5] с. 16...62
7	Совместное использование ресурсов. Сетевые операционные системы, службы, сервисы, интерфейсы и приложения.	1	5	[2] с. 40...52, [5] с. 368...416
8	Физическая передача данных по линиям связи: кодирование и характеристики физических каналов.	1	5	[2] с. 52...54, 256...282 [5] с. 31...57
9	Топология физических связей. Адресация узлов сети. Коммутация и маршрутизация.	1	5	[2] с. 55...75 [5] с. 31...57
10	Сети TCP/IP: типы адресов стека, формат IP-адреса, система DNS.	1	5	[2] с. 482...656, [5] с. 418...439
11	Понятие, функции, классификация и эволюция баз данных. Реляционная алгебра.	1	5	[3] с. 4...7
12	Реляционная модель данных. Определение реляционной базы данных и отношения, атрибута, кортежа, первичного ключа.	1	5	[3] с. 7...11
13	Проектирование баз данных. Концепция функциональных зависимостей.	1	5	[3] с. 11...17
14	Нормализация. Декомпозиция. Первая нормальная форма. Нормальная форма Бойса-Кодда.	1	5	[3] с. 18...27
15	Определение, функции, классификация и эволюция системы управления базами данных.	1	5	[3] с. 28...30
16	Современные системы управления базами данных. Понятие о языке запросов SQL.	2	8	[3] с. 34...54
17	Выполнение курсовой работы «Проектирование реляционной базы данных»	36	36	[3] с. 1...80

* см. методические указания к контрольной работе

2. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Таблица 2 – Перечень практических работ

Номер раздела и темы	Наименование тем практических работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
1.2	Несинхронизированная параллельная работа задач	1	0,5
1.2	Синхронизация задач при помощи механизма рандеву (критическая секция отсутствует)	1	0,5
1.3	Синхронизация задач при помощи механизма рандеву (имеется критическая секция)	1	0,5
1.3	Синхронизация задач при помощи рандеву (сообщение поступает от задачи потребитель)	1	0,5
1.4	Обмен данными при помощи буферизующей задачи	2	
1.4	Взаимоисключение доступа к дисплею при помощи семафора	1	
1.4	Реализация взаимного исключения при помощи задачи — монитора	1	
1.5	Система задач производитель — кольцевой буфер — потребитель с возможностью потери данных	1	
1.5	Система задач производитель — кольцевой буфер — потребитель без потери данных	1	
2.1	Изучение конфигурации вычислительной сети	2	
2.2	Маршрутизация в вычислительных сетях	2	
2.4, 2.5	Изучение утилит TCP/IP в ОС Windows	4	2
3.1, 3.2, 3.3	Определение имен и типов данных атрибутов отношения реляционной базы данных. Концепция функциональных зависимостей.	6	
3.4	Первая нормальная форма 1НФ отношения реляционной базы данных	1	2
3.4	Нормальная форма Бойса-Кодда НФБК отношения реляционной базы данных	1	2
3.5	Изучение СУБД Apache OpenOffice Base 4.1.2	2	
3.6	Реализация отношения реляционной базы данных НФБК в СУБД Apache OpenOffice Base 4.1.2. Создание таблиц	2	1

Номер раздела и темы	Наименование тем практических работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
	и схемы данных		
3.6	Создание запросов на выборку, удаление, обновление, добавление данных и формирование новых таблиц	1	0,5
3.6	Создание простых форм. Элементы управления на формах. Списки и поля со списком. Создание отчетов.	1	0,5
Итого:		32	10

3. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Дать определение операционной системе.
2. Перечислить основные функции операционных систем.
3. Классификация операционных систем.
4. К какому типу относится операционная система Windows?
5. Этапы эволюция операционных систем и аппаратного обеспечения компьютеров.
6. Перечислить компоненты операционных систем.
7. Назначение и классификация ядер.
8. Основное назначение загрузчика.
9. Типы интерфейсов операционных систем.
10. Назначение встроенного программного обеспечения.
11. Дать понятие операционной среды и прикладного интерфейса программирования.
12. Пояснить концепцию процесса и вычислительного ресурса.
13. Определение процесса и ресурса.
14. Классификация ресурсов.
15. Назначение механизма прерываний.
16. Этапы прерывания.
17. Отличие мультипрограммирования и многозадачности.
18. Изобразить диаграмму состояний процессора.
19. Что такое последовательный процессор и последовательный вычислительный процесс?
20. Методы разделения ресурсов.
21. Назначение файловых систем.
22. Перечислить средства для организации параллельных взаимодействующих вычислений.
23. Дать определение семафора и монитора.
24. Сравнить семафор и монитор, указать их достоинства и недостатки.
25. Дать определение операционным системам реального времени.
26. Применение операционных систем реального времени.
27. Функции и состав операционных систем реального времени.
28. Отличие операционной системы реального времени от системы не реального времени.
29. Системы «жесткого» и «мягкого» реального времени.
30. Определение компьютерных сетей.
31. Необходимость возникновения компьютерных сетей.
32. Основные функции компьютерных сетей.
33. На стыке каких областей возникли компьютерные сети? Эволюция

компьютерных сетей.

34. Какие сети возникли первыми глобальные или локальные?
35. Механизм доступа к периферийному устройству по сети.
36. Состав сетевых операционных систем.
37. Назначение сетевых служб, модулей клиент-сервер.
38. Какие сетевые службы существуют в операционной системы Windows?
39. Типы сетевых приложений.
40. Дать определение среды передачи данных.
41. Классификация сред передачи данных.
42. Отличие дуплексного, симплексного и полудуплексного каналов.
43. Характеристики физических каналов.
44. Определение топологии связей компьютеров.
45. Какая самая популярная топология сетей на сегодняшний день?
46. Какую сетевую топологию лучше использовать для соединения удаленных устройств шахты?
47. Критерии выбора маршрутов в сетях.
48. Задача коммутации и маршрутизации.
49. Модель взаимодействия открытых систем OSI и ее уровни.
50. Стек протоколов TCP/IP как основа для построения сетей.
51. Классы сетей.
52. Формат IP-адреса.
53. Версии протоколов IPv4 и IPv6.
54. Для чего необходимо переходить на версию протокола IPv6?
55. Для чего нужен DNS-сервер?
56. Дать определение базам данных.
57. Отличие данных от информации.
58. Чем вызвана необходимость использовать базы данных?
59. Классификация баз данных.
60. Какой самый популярный тип баз данных на данный момент?
61. Какой самый перспективный тип баз данных на данный момент?
62. Соотношений понятий таблица, столбец и строка для представления в реляционной модели данных и на компьютере.
63. Определение отношения.
64. Что такое кортеж?
65. Что такое первичный ключ и возможный?
66. Цели проектирования баз данных.
67. Определение функциональной зависимости и ее состав.
68. Для чего необходимо составлять функциональные зависимости?
69. Что такое нормализация и декомпозиция?
70. Определение первой нормальной формы.
71. Почему нельзя использовать отношение базы данных в первой нормальной форме для реализации в системе управления базой данных?
72. Определение нормальной формы Бойса-Кодда.
73. Определение системы управления базами данных.
74. Отличие базы данных от системы управления базой данных?
75. Для чего необходима система управления базой данных?
76. Какие системы управления базами данных лучше клиент-серверные или файл-серверные?
77. Apache OpenOffice Base к какому типу систем управления базами данных относится?
78. MySQL к какому типу систем управления базами данных относится?
- 79.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Олифер В. Г. Сетевые операционные системы: учебник для вузов / В. Г. Олифер В. Г., Н. А. Олифер. - Санкт-Петербург: Питер, 2002. - 544 с.
2	Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер - 2-е изд. - Санкт-Петербург: Питер, 2003. - 864 с.
3	Реляционные базы данных: учебное пособие / П. А. Осипов, А. Л. Карякин, М. Б. Носырев; Урал. гос. горный ун-т. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2016. – 83 с.

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
4	Гордеев А. В. Системное программное обеспечение: учебник для вузов / А. В. Гордеев А. В., А. Ю. Молчанов. - Санкт-Петербург: Питер, 2003. - 736 с.
5	Бройдо В. Л. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебное пособие для вузов / В. Л. Бройдо - Санкт-Петербург : Питер, 2003. - 688 с.

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Официальный сайт ПО Apache OpenOffice - свободный и открытый офисный пакет – <https://www.openoffice.org/ru/>

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Microsoft Windows 10 Professional
2. Apache Open Office (бесплатный пакет офисных программ)

Информационные справочные системы
ИПС «КонсультантПлюс».

Базы данных
Scopus: база данных рефератов и цитирования.
<https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>
E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>



Министерство науки и высшего образования РФ
ФБГОУ ВО

«Уральский государственный горный
университет»

М. Е. Садовников

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

**Методические рекомендации и задания к
контрольной работе для студентов направления
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника,
профиля бакалавриата Электротехнические
комплексы и системы горных и промышленных
предприятий**

Екатеринбург

2021

Задание

1. Выбрать все электрические аппараты, указанные на схеме (см. рис. 1). При выборе аппаратов считать, что ШР-1 защищается таким же автоматическим выключателем, что и QF1, но его уставки выбраны с учётом требований селективности (эти уставки необходимо определить).
2. Варианты заданий указаны в таблице 1 (задаются преподавателем).
3. Электроаппараты следует выбрать того производителя, который указан в таблице 1.
4. В случае невозможности выбрать какой-либо аппарат заданного в таблице 1 производителя, обоснованно показать это в работе (подтвердить расчётами), и выбрать данный аппарат у другого производителя.
5. Характеристики электроприёмников и расчётные токи короткого замыкания (ТКЗ), в зависимости от выданного варианта задания, приводятся в таблице 1.
6. Считать токи короткого замыкания незначительными для системы.
7. Расчётные токи электроприёмников (ЭП) определить по формуле

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{1n} \cdot \cos\varphi_n \cdot \eta_n},$$

где P_n – активная номинальная мощность электродвигателя, кВт; $\cos\varphi_n$ – номинальный коэффициент мощности электродвигателя; η_n – номинальный КПД электродвигателя, о. е.; U_{1n} – номинальное напряжение электродвигателя, кВ.

8. Суммарный ток двух ЭП принять как сумму их номинальных токов.
9. Пиковый ток каждого из ЭП определить по формуле

$$I_{\text{пуск}} = K_{\text{п}} \cdot I_p,$$

где $K_{\text{п}}$ – кратность пускового тока электродвигателя.

10. $\cos\varphi_n$, η_n , $K_{\text{п}}$ определить по [1], по заданной в таблице 1 марке двигателя.
11. При выполнении работы использовать методику, приведённую в пп 5.5.2...5.5.5 [2], пп 9.1...9.5 [3] и каталоги изготовителей электроаппаратов, приведённые на сайтах изготовителей оборудования (ссылки на сайты приведены в таблице 1).
12. К работе, в обязательном порядке, в качестве приложения добавить копии каталожных данных по выбираемым аппаратам, по всем используемым при выборе переменным.
13. Отчёт оформить в соответствии с требованиями [4].

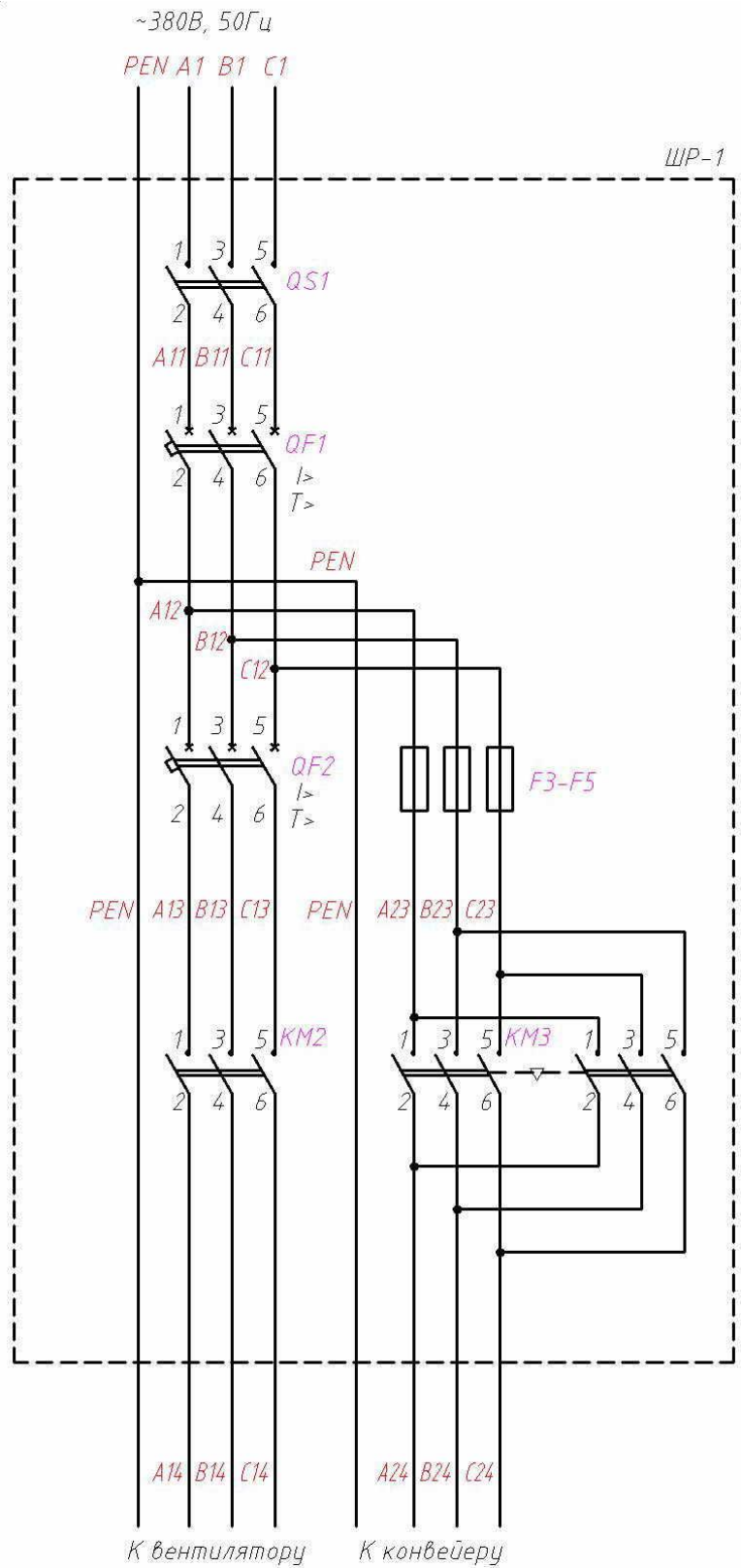


Рисунок 1 - Схема электрическая принципиальная ШР-1

Таблица 1 - Варианты заданий контрольной работы

Вариант	Изготовитель электроаппаратов	Технологическое оборудование	Тип двигателя	Однофазный ТКЗ на зажимах двигателя, кА	Однофазный ТКЗ в конце участка защиты QF1, кА	Трёхфазный ТКЗ на верхних губках рубильника QS1, кА
1	ABB http://new.abb.com/ru	Вентилятор	4A132S4Y3	0,4	28	44
		Конвейер	4A280M2Y3	7		
2	ИЭК http://www.iek.ru/	Насос	4A80B4Y3	0,6	25	41
		Конвейер	4A355S6Y3	6,5		
3	ЕКФ http://ekfgroup.com/	Грохот	4A100S4Y3	0,7	18	33
		Конвейер	4A315M6Y3	6		
4	ДЗНВА (автоматические выключатели) http://www.dznva.ru/ ОАО «Коренёвский завод низковольтной аппаратуры» (предохранители) http://www.nva-korenevo.ru/ КЭАЗ (контакты) https://keaz.ru/	Питатель	4A112M4Y3	0,8	22	32
		Конвейер	4A315S6Y3	5,5		
5	Schneider Electric http://www.schneider-electric.ru/ru/	Вентилятор	4A160S4Y3	0,95	30	45
		Конвейер	4A250M4Y3	5		
6	ОЕЗ http://www.oez.ru/	Насос	4A160M2Y3	1	17	26
		Конвейер	4A250S4Y3	4,5		
7	КЭАЗ https://keaz.ru/	Грохот	4A180M6Y3	1,1	26	35
		Конвейер	4A225M4Y3	4		
8	Moeller (EATON) http://www.eaton.ru/EatonRU/ProductsServices/Electrical/index.htm	Питатель	4A132M4Y3	1,2	15	23

Список литературы

1. Кравчик А. Э. Асинхронные двигатели серии 4А: справочник [Текст]: А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин [и др.]. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.: ил.
2. Электроснабжение и электрооборудование горного производства. Часть 1 [Текст]: учебное пособие / М. Е. Садовников; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: УГГУ, 2016. – 229 с.
3. Электроснабжение и электрооборудование горного производства. Часть 2 [Текст]: учебное пособие / М. Е. Садовников; Уральский гос. горный ун-т. – Екатеринбург: УГГУ, 2016. – 191 с.
4. Садовников М. Е. Единые требования по оформлению текстовых и графических документов на кафедре ЭПП [Текст]: учебно-метод. пособие для студентов очного и заочного обучения / сост.: М. Е. Садовников, А. Л. Карякин, Х. Б. Юнусов; Уральский гос. горный ун-т. - Екатеринбург: УГГУ, 2018. - 31 с.



Министерство науки и высшего
образования РФ
ФБГОУ ВО
«Уральский государственный горный
университет»

М. Е. Садовников

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

***Методические указания по организации
самостоятельной работы для обучающихся
направления 13.03.02 Электроэнергетика и
электротехника, профиля бакалавриата
Электротехнические комплексы и системы
горных и промышленных предприятий***

Екатеринбург
2021

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. Тематический план дисциплины	4
2. Тематика лабораторных, практических работ	5
3. Вопросы к экзамену по дисциплине	6
4. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	8
4.1. Основная литература	8
4.2. Дополнительная литература	8
5. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	9
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем	10

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по самостоятельной работе студентов (СРС) определяют виды, требования к выполнению и отчетности, рекомендации по выполнению СРС.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности процесса обучения по основной образовательной программе путем правильной организации и выполнения самостоятельной работы.

Самостоятельная работа есть планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая, в основном, во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. В настоящих методических указаниях предметом является самостоятельная учебная работа.

Основными видами самостоятельной учебной работы являются:

самовоспроизводящая – самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы и информации Интернет-ресурсов, прослушивание лекций, аудио- и видеоматериалов, заучивание, пересказ, запоминание, повторение учебного материала и др.;

поисковая – подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам и литературы по теме рефератов, контрольных и курсовых работ и др.;

творческая – написание рефератов, выполнение курсового проекта, подготовка выпускной работы (проекта), выполнение специальных заданий и др.

Самостоятельная учебная работа включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
- самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
- написание рефератов, докладов, эссе;
- подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
- выполнение письменных контрольных и курсовых работ;
- подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к коллоквиумам, экзаменам и зачетам, тестированию и интернет-тестированию, государственным экзаменам;
- подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной работы (проекта) или магистерской диссертации;
- другие виды учебной деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, факультетом или кафедрой.

Виды заданий для выполнения самостоятельной работы: сообщение или доклад на семинарском занятии, реферат, расчетно-графическая работа, курсовая работа и курсовой проект, выпускная квалификационная работа, магистерская диссертация. Темы заданий для выполнения учебной самостоятельной работы студентов указывает преподаватель.

Методические рекомендации к планированию и выполнению самостоятельной учебной работы

Приступая к изучению учебной дисциплины, следует ознакомиться с рабочей учебной программой или тематическим планом дисциплины (табл. 1), перечнем обязательной и дополнительной учебной, научной и методической литературы (раздел 4), получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Вопросы для экзамена, указанные в настоящих методических указаниях (раздел 3), могут быть использованы студентом для углубленного изучения содержания дисциплины. Студент имеет право выбирать дополнительно интересующие его темы для самостоятельной работы.

Студентам должны самостоятельно выполнять индивидуальные письменные задания и упражнения, предлагаемые при подготовке к учебным занятиям.

Серьезная организованная работа по подготовке к семинарским занятиям, написанию письменных работ значительно облегчит подготовку к экзаменам и зачетам. При подготовке к зачету, экзамену студент должен повторить, как правило, ранее изученный материал. В этот период играют большую роль подготовленные заранее записи и конспекты.

Контрольная работа (КР) предназначена для выработки умения дать лаконичный аргументированный полный ответ на вопрос изучаемого курса, снабженный выводами. Как правило, она выполняется студентами, обучающимися по заочной форме обучения. Написание ее требует самостоятельности и ответственного отношения, способности работать с литературой по проблеме, знаний истории и теории вопроса, основных теоретических положений. Успешное выполнение контрольной работы учитывается при выставлении экзаменационной оценки. Объем работы не должен превышать 8-10 страниц печатного или рукописного текста, и содержать титульный лист, основную часть работы, список использованной литературы.

Расчетно-графическая работа (РГР) содержит задание на выполнение законченного инженерного расчета по выбору или проверке узлов или составных частей электротехнических систем в составе электротехнического комплекса.

Термин *реферат* (Р) имеет два смысла, во-первых, это краткое изложение содержания документа или его части, научной работы, включающее основные фактические сведения и выводы, необходимые для первоначального ознакомления с источниками и определения целесообразности обращения к ним и, во-вторых, это вид самостоятельной работы студента, под которым понимается краткое изложение в письменном виде или в форме публичного доклада содержания книги, учения, научного исследования и т.п., другими словами, это доклад на определенную тему, освещающий её вопросы на основе обзора литературы и других источников.

Рефераты в как вид самостоятельной работы студента оцениваются по следующим основным критериями: актуальность содержания, теоретический уровень, глубина и полнота анализа фактов, явлений, проблем, относящихся к теме; информационная насыщенность, новизна, оригинальность изложения вопросов; простота и доходчивость изложения; структурная организованность, логичность, грамматическая правильность и стилистическая выразительность; убедительность, аргументированность, практическая значимость и теоретическая обоснованность предложений и выводов.

Для выполнения самостоятельной работы других видов – курсовой работы и проекта, выпускной квалификационной работы, имеются соответствующие методические указания.

1. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Тематический план дисциплины

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
1	Общие сведения об ЭиЭА. Классификация ЭиЭА	1	2	[1] с. 5...7, [3] с. 5...7
2	Исполнение и область применения ЭиЭА	2	6	Конспект лекций
3	Источники тепла в ЭиЭА	2	6	[1] с. 9...16, [3] с. 59...64
4	Режимы работы (нагрева) ЭиЭА. Нагрев и охлаждение ЭиЭА	2	4	[1] с. 9...17, [3] с. 64...86
5	Термическая стойкость ЭиЭА. Разновидности токов	2	4	

№	Наименование, раздела и темы	Самостоятельная работа, часов		Литература (страницы)
		очная	заочная	
	короткого замыкания. Нагрев ЭиЭА при коротком замыкании			
6	Электродинамическая стойкость ЭиЭА. Электродинамические силы на постоянном и переменном токе. Электродинамические силы при коротком замыкании. Механический резонанс	2	6	[1] с. 79...84, [3] с. 31...57
7	Электрическая дуга. Электрическая дуга постоянного и переменного тока	2	6	[1] с. 57...68, [3] с. 123...181
8	Коммутация электрических цепей. Отключающая способность ЭиЭА. Способы гашения электрической дуги	2	6	
9	Электрические контакты и контактные соединения. Материалы контактов. Износ контактов	2	6	[1] с. 20...26, [3] с. 88...122, 60...68
10	Высоковольтные силовые контактные коммутационные и защитно-коммутационные электроаппараты	2	6	[1] с. 127...149, [3] с. 504...526, 552...618, [4] с. 148...172, [5] с. 3...83
11	Низковольтные силовые контактные коммутационные и защитно-коммутационные электроаппараты	2	6	[1] с. 106...127, [3] с. 308...336, 500...605, *
12	Силовые бесконтактные коммутационные, защитно-коммутационные и силовые преобразовательные аппараты (установки)	2	6	[1] с. 57...60, [2] с. 180...230, [3] с. 455...461
13	Гибридные аппараты постоянного и переменного тока. Бесконтактная коммутация электрических цепей	3	6	[2] с. 318
14	Основные элементы и функциональные узлы систем управления электронных аппаратов	4	6	[2] с. 243...255
15	Силовые защитные аппараты для защиты от внешних и внутренних перенапряжений	2	6	[1] с. 154, 155, [3] с. 629...639
16	Силовые компенсирующие аппараты. Токоограничивающие реакторы	2	6	[1] с. 155, 156, [3] с. 619...629
17	Электроаппараты контроля. Измерительные трансформаторы тока и напряжения	3	6	[1] с. 149...154, [3] с. 640...681
18	Электроаппараты управления. Реле, программируемые логические контроллеры (ПЛК). Электроаппараты сигнализации	3	6	[1] с. 84...97, [3] с. 337...403
19	Магнитные цепи. Законы и схемы замещения для магнитных цепей. Методы расчёта магнитных цепей. Короткозамкнутый виток	4	6	[1] с. 27...56, [3] с. 183...240
20	Расчёт магнитных цепей постоянного и переменного тока	3	5	
21	Выбор ЭиЭА	4	6	
22	Эксплуатация ЭиЭА в системах электроснабжения, электропривода и электротранспорта на горных и общепромышленных предприятиях	2	4	[12] с. 101...114, [3] с. 605, 664, 680

* см. методические указания к контрольной работе

2. ТЕМАТИКА ЛАБОРАТОРНЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Таблица 2 – Перечень лабораторных работ

Номер раздела и темы	Наименование тем лабораторных работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
11	Изучение и испытание контакторов переменного и постоянного тока <i>Литература:</i> [6] с. 5...19	4	4
11	Плавкие предохранители и электротепловые реле <i>Литература:</i> [6] с. 19...43	4	-
18	Программируемые логические контроллеры. <i>Литература:</i> [7] с. 4...71	4	-
10, 15...17	Электрические аппараты напряжением выше 1000 В. <i>Литература:</i> [5] с. 3...83	4	-
Итого:		16	4

Таблица 3 – Перечень практических работ

Номер раздела и темы	Наименование тем практических работ	Трудоёмкость, час	
		очная	заочная
10, 15...17, 21	Выбор электрических аппаратов напряжением выше 1000 В. <i>Литература:</i> Конспект лекций, каталоги на электрические аппараты напряжением выше 1000 В	8	4
2	Выбор исполнения электрических и электронных аппаратов <i>Литература:</i> Конспект лекций, нормативно-техническая документация по указанию преподавателя, и каталоги на электрические аппараты	8	-
Итого:		16	4

3. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4. Понятие электродинамической силы (ЭС). Направления действия ЭС. Правило левой руки. Правило буравчика. Учет ЭС при расчёте и эксплуатации электрических аппаратов.
5. Электродинамические силы между параллельными проводниками на постоянном токе.
6. Расчёт электродинамических сил. Геометрический коэффициент. Коэффициент формы.
7. Электродинамические силы в кольцевом витке.
8. Учёт электродинамических сил между кольцевыми витками. Взаимодействие проводника с током с ферромагнитной массой.
9. Электродинамические силы на переменном токе.
10. Механический резонанс.
11. ВАХ газового разряда. ВАХ электрической дуги. Статическая и динамические ВАХ.
12. Виды ионизации и деионизации.
13. Распределение напряжения по дуговому столбу свободно горящей дуги. Короткая и длинная дуга.
14. Условия гашения дуги постоянного тока.
15. Перенапряжения при гашении дуги постоянного тока.
16. Особенности горения и гашения дуги переменного тока при активной нагрузке.

17. Особенности горения и гашения дуги переменного тока при сильно индуктивной нагрузке.
18. Способы гашения электрической дуги.
19. Магнитное дутье. Конструктивные решения.
20. Гашение дуги путём соприкосновения столба дуги с поверхностью холодного твердого диэлектрика. Конструктивные решения.
21. Гашение дуги путём повышения давления в дуговом промежутке. Конструктивные решения.
22. Гашение дуги при помощи дутья в дуговом промежутке. Конструктивные решения.
23. Гашение дуги в специальных средах (трансформаторном масле, элегазе, вакууме). Сравнительная характеристика.
24. Гашение дуги в деионизационной решётке М.О. Доливо-Добровольского.
25. Тиристорные пускатели. Достоинства и недостатки. Конструкция.
26. Устройства плавного пуска электродвигателей. Их отличие от тиристорного пускателя. Конструкция.
27. Понятие электрического контакта. Классификация контактов.
28. Материалы, используемые в конструкциях контактов и контактных соединений. Достоинства, недостатки. Области применения.
29. Конструкции контактов и области их применения.
30. Явление электрического контактирования. Переходное сопротивление контакта. Факторы, от которых зависит переходное сопротивление контакта.
31. Понятие износа контактов. Классификация причин износа. Износ контактов при отключении под действием электрических факторов на малых токах. Схемотехнические способы борьбы с износом на малых токах.
32. Износ контактов при отключении под действием электрических факторов на больших токах. Факторы износа.
33. Износ контактов при замыкании.
34. Виды потерь в электрических аппаратах. Потери в проводниках. Поверхностный эффект. Эффект близости.
35. Виды потерь в электрических аппаратах. Потери в деталях из магнитных материалов. Потери в изоляции.
36. Отдача тепла нагретым телом. Основные постулаты. Теплопроводность. Конвекция. Тепловое излучение. Коэффициент теплоотдачи.
37. Нагрев и охлаждение проводника в длительном режиме работы.
38. Нагрев и охлаждение проводника в кратковременном режиме работы.
39. Нагрев и охлаждение проводника в повторно-кратковременном режиме работы.
40. Нагрев и охлаждение проводника в режиме короткого замыкания. Понятие термической стойкости.
41. Вентильные разрядники и нелинейные ограничители перенапряжения. Назначения. Область применения. Конструкция. Выбор.
42. Трубчатые разрядники. Назначение. Область применения. Конструкция. Выбор.
43. Токоограничивающие реакторы. Назначение. Область применения. Конструкция. Выбор.
44. Элементы магнитной цепи. Схемы замещения магнитных цепей.
45. Законы Ома и Киргофа для магнитной цепи.
46. Особенности расчёта проводимости воздушного зазора.
47. Расчёт тороидальной магнитной цепи, содержащей сталь постоянного сечения и воздушный зазор.
48. Графоаналитический метод расчёта магнитной цепи. Расчёт разветвлённой магнитной цепи.
49. Расчёт магнитной цепи на переменном токе.

50. Учёт влияния короткозамкнутого витка при расчёте магнитной цепи на переменном токе.
51. Разъединители. Назначение. Классификация.
52. Основные параметры разъединителей. Выбор. Типы приводов.
53. Отделители и короткозамыкатели. Назначение. Область применения. Выбор.
54. Недостатки схемы подстанций с отделителем и короткозамыкателем. Условные обозначения. Выбор.
55. Выключатели нагрузки. Назначение. Классификация. Привод.
56. Двухпозиционные и трёхпозиционные выключатели нагрузки. Выключатели нагрузки с пристроенными предохранителями. Выбор выключателей нагрузки.
57. Выключатели. Назначение. Классификация. Выбор.
58. Способы гашения дуги у масляных баковых и маломасляных выключателей.
59. Способы гашения дуги у электромагнитных выключателей.
60. Способы гашения дуги у воздушных выключателей.
61. Схемы дугогасительных камер вакуумных выключателей. Требования к контактам вакуумных выключателей.
62. Способы гашения дуги у элегазовых выключателей.
63. Высоковольтные предохранители. Назначение. Классификация. Выбор.
64. Понятие токоограничения. Конструкция и материалы корпусов и плавких вставок. Металлургический эффект.
65. Измерительные трансформаторы тока. Назначение. Классификация.
66. Основные параметры измерительных трансформаторов тока.
67. Выбор измерительных трансформаторов тока.
68. Измерительные трансформаторы напряжения. Назначение. Классификация. Выбор.
69. Автоматические выключатели низкого напряжения. Назначение. Классификация. Виды встроенных расцепителей. Особенности конструкции.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Основная литература

№ п/п	Наименование
1	Электрические и электронные аппараты [Текст]: учебник: в 2 т. Т. 1, Электромеханические аппараты / Е. Г. Акимов, Г. С. Белкин [и др.]; под ред.: А. Г. Годжелло, Ю. К. Розанова. - М.: Академия, 2010. – 352 с.: ил.
2	Электрические и электронные аппараты [Текст]: учебник: в 2 т. Т. 2, Силовые электронные аппараты / А. П. Бурман, А. А. Кваснюк [и др.]; под ред. Ю. К. Розанова. - М.: Академия, 2010. – 320 с.: ил.
3	Чунихин А. А. Электрические аппараты [Текст]: общий курс. учебн. для вузов / А. А. Чунихин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 720 с.: ил.

4.2 Дополнительная литература

№ п/п	Наименование
4	Садовников, М.Е. Электрические и электронные аппараты [Текст]: учебн. пособие для студентов специальности 140604 - “Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов” (ЭГП) очного и заочного обучения. - Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2008. - 83 с.
5	Садовников М. Е. Контактторы, пускатели, электротепловые реле и предохранители [Текст]: учебн. пособие по дисциплине «Электрические и электронные аппараты» для

№ п/п	Наименование
	студентов специальности 140604 - "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" (ЭПП) очного и заочного обучения / М. Е. Садовников.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010.- 64 с.
6	Садовников М. Е. Электрические и электронные аппараты [Текст]: методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 140604 - "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" (ЭПП) очного и заочного обучения / М.Е. Садовников.- Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010.- 46 с.
7	Садовников М. Е. Электрические и электронные аппараты [Текст]: методическое пособие к лабораторным работам по дисциплине "Электрические и электронные аппараты" для студентов профилизации 180400-"Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" (ЭПП) направления 654500 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии".- Изд-во УГГГА, 2004.- 71 с.
8	Садовников М. Е. Учебное пособие к практическим занятиям по дисциплине "Электроника и преобразовательная техника" для студентов профилизации "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" (ЭПП) направления 551300 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии": Часть 1.- Изд-во УГГГА, 2000.- 60 с.
9	Садовников М. Е. Учебное пособие к практическим занятиям по дисциплине "Электроника и преобразовательная техника" для студентов профилизации "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" (ЭПП) направления 551300 "Электротехника, электромеханика и электротехнологии": Биполярные и полевые транзисторы. Часть 2.- Изд-во УГГГА, 2000.- 80 с.

5. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Сайт компании АВВ в России - <http://new.abb.com/ru>
Сайт компании Schneider Electric в России - <http://www.schneider-electric.ru/ru/>
Сайт компании Siemens в России - <https://www.siemens.com/ru/ru/home.html>
Сайт компании Mitsubishi Electric в России - <https://www.mitsubishielectric.ru/>
Сайт компании АО «Уралэлектротяжмаш» - <http://www.uetm.ru/>
Сайт компании ОАО «Карпинский электромашиностроительный завод» - <http://www.aokemz.ru/>
Сайт компании АО НПП «Контакт» - <http://www.kontakt-saratov.ru/>
Сайт компании АО «ГК «Таврида Электрик» - <http://www.tavrida.com/ter/>
Сайт компании ОАО «Свердловский завод трансформаторов тока» (СЗТТ) - <http://www.cztt.ru/main.html>
Сайт компании АО «Контактор» - <http://www.kontaktor.ru/>
ГК «Чебоксарский электроаппаратный завод» (ЧЭАЗ) Сайт компании АО «Курский электроаппаратный завод» (КЭАЗ) - <http://www.keaz.ru/>
Сайт группы компаний ИЕК - <https://www.iek.ru/>
ГК «Чебоксарский электроаппаратный завод» (ЧЭАЗ) - <http://www.cheaz.ru/>
Сайт компании ЗАО «Электротекс» - <http://http://etx-in.ru/>
Сайт корпорации ТРИОЛ - <https://triolcorp.ru/>
Сайт компании ОАО «ВЭЛАН» - <http://velan.ru/>
Сайт компании ООО "Производственное предприятие шахтной электроаппаратуры" (ШЭЛА) - <http://www.shela71.ru/>
Сайт компании СТРОЙ-ЭНЕРГОМАШ - <http://www.stemash.ru/>
Сайт компании «ЕХС» - <http://www.oaoex.ru/>
Сайт компании Becker Mining Systems <http://www.ru.becker-mining.com/ru/products>

6. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. Бесплатная свободно распространяемая demo-версия программного обеспечение для разработки программ для программируемого логического контроллера (ПЛК) LOGO! фирмы Siemens (без функции записи программы в ПЛК) - пакет LOGO! Soft Comfort.
2. Microsoft Windows 8 Professional.
3. Microsoft Office Standard 2013.

Информационные справочные системы
ИПС «КонсультантПлюс».

Базы данных

Scopus: база данных рефератов и цитирования.

<https://www.scopus.com/customer/profile/display.uri>

E-library: электронная научная библиотека: <https://elibrary.ru>