

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н. А. Долгий

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины
для студентов бакалавриата по направлению подготовки
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2023

УДК 681.5

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент кафедры цифровых систем
и автоматики Института цифровых технологий ФГБОУ ВО
«Калининградский государственный технический университет»
В. И. Устич

Долгий, Н. А.

Электромеханические системы автоматизации: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по напр. подгот. 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств / Н. А. Долгий. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 27 с.

В учебно-методическом пособии приведен тематический план по дисциплине и даны методические указания по её самостоятельному изучению, подготовке к лабораторным и практическим занятиям, подготовке и сдаче экзамена, выполнению контрольной работы (для студентов заочной формы обучения), выполнению самостоятельной работы. Пособие подготовлено в соответствии с требованиями утвержденной рабочей программы направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Табл. 5, список лит. – 12 наименований

Учебно-методическое пособие рассмотрено и одобрено в качестве локального электронного методического материала кафедрой цифровых систем и автоматики 28 сентября 2022 г., протокол № 2

Учебно-методическое пособие по изучению дисциплины рекомендовано к использованию в качестве локального электронного методического материала в учебном процессе методической комиссией Института цифровых технологий ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 05 июля 2023 г., протокол № 8

УДК 681.5

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Долгий Н. А., 2023 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Введение.....	4
2 Тематический план.....	6
3 Содержание дисциплины и указания к изучению	11
3.1. Тема 1. Классификация электромеханических систем.....	11
3.2. Тема 2. Электромеханические свойства двигателей.....	12
3.3. Тема 3. Регулирование координат электромеханических систем	13
3.4. Тема 4. Механика и динамика электромеханических систем.....	14
3.5. Тема 5. Методы расчета электроприводов	15
3.6. Тема 6. Частотный регулируемый электропривод.....	16
3.7. Тема 7. Программное и следящее управление электромеханическими системами.....	17
4 Требования к аттестации по дисциплине.....	18
4.1. Текущая аттестация.....	18
4.2. Условия получения положительной оценки.....	20
4.3. Примерные вопросы к экзамену по дисциплине	23
5 Заключение	24
6 Литература	25

1 ВВЕДЕНИЕ

Данное учебно-методическое пособие предназначено для студентов направления подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, изучающих дисциплину «Электромеханические системы автоматизации».

Целью освоения дисциплины является формирование знаний, умений и навыков по анализу, проектированию, монтажу и эксплуатации электромеханических систем автоматизации (ЭМСА) технологических процессов и производств.

Задачи изучения дисциплины:

- формирование знаний об электромеханических системах автоматизации и способах их применения на практике;
- выполнение работ по наладке, настройке, регулировке, опытной проверке, эксплуатационному обслуживанию ЭМСА.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- основные виды электромеханических устройств;
- назначение, принцип работы, статические и динамические характеристики ЭМСА;

уметь:

- выбирать из каталогов оптимальный тип электромеханической системы;
- выполнять электрические и электромеханические расчеты характеристик отдельных блоков и систем;

владеть:

- навыками проектирования современных ЭМСА с использованием компьютерных технологий;
- прикладными компьютерными программами моделирования работы ЭМСА;
- методами диагностирования неисправностей узлов электромеханической системы.

Дисциплина «Электромеханические системы автоматизации» входит в состав Модуля по выбору 2 «Разработка систем автоматизации технологических процессов и производств» части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств.

Для успешного освоения дисциплины, в соответствии с учебным планом, ей предшествуют такие дисциплины, как «Вычислительные машины, системы и сети», «Электротехника», «Электроника». Результаты освоения дисциплины могут быть использованы при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей профессиональной деятельности.

Далее в пособии представлен тематический план, содержащий перечень изучаемых тем, лабораторных и практических занятий, мероприятий текущей аттестации и отводимое на них аудиторное время (занятия в соответствии с расписанием) и самостоятельную работу. При формировании личного образовательного плана на семестр следует оценивать рекомендуемое время на изучение дисциплины; возможно, вам потребуется больше времени на выполнение отдельных заданий или проработку отдельных тем.

В разделе «Содержание дисциплины» приведены подробные сведения об изучаемых вопросах, по которым вы можете ориентироваться в случае пропуска каких-то занятий, а также методические рекомендации преподавателя для самостоятельной подготовки. Каждая тема имеет ссылки на литературу (или иные информационные ресурсы), а также контрольные вопросы для самопроверки.

Раздел «Требования к аттестации по дисциплине» содержит описание обязательных мероприятий контроля самостоятельной работы и усвоения разделов или отдельных тем дисциплины. Далее изложены требования к завершающей аттестации – экзамену.

Помимо данного пособия, студентам следует использовать материалы, размещенные в соответствующем данной дисциплине разделе ЭИОС, в которые более оперативно вносятся изменения для адаптации дисциплины под конкретную группу.

2 ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (ЗЕТ), т. е. 144 академических часа контактной (лекционных, лабораторных и практических занятий, а также контактной работы посредством электронной информационно-образовательной среды) и самостоятельной работы студента, в том числе связанной с текущей и промежуточной аттестацией по дисциплине.

Формы аттестации по дисциплине:

- очная форма, пятый семестр – экзамен;
- заочная форма, пятый семестр – контрольная работа, экзамен.

Распределение трудоемкости освоения дисциплины по формам обучения, семестрам ОП, темам и видам учебной работы студента приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение трудоемкости освоения дисциплины по формам обучения (пятый семестр, очная форма)

№ п/п	Тема	Объем аудиторной работы, ч	Объем самостоятельной работы, ч
1	2	3	4
Лекции			
1	Тема 1. Классификация электромеханических систем	4	2
2	Тема 2. Электромеханические свойства двигателей	4	2
3	Тема 3. Регулирование координат электромеханических систем	4	2
4	Тема 4. Механика и динамика электромеханических систем	4	2
5	Тема 5. Методы расчета электроприводов	4	2
6	Тема 6. Частотный регулируемый электропривод	4	1
7	Тема 7. Программное и следящее управление электромеханическими системами	6	1
	Всего	30	12

Лабораторные занятия

1	Лабораторная работа 1. Изучение структуры, состава электропривода, аппаратуры управления и защиты	2	2
2	Лабораторная работа 2. Выбор типоразмера исполнительного элемента системы на базе асинхронного двухфазного двигателя	2	2
3	Лабораторная работа 3. Сборка и изучение работы релейно-контакторной схемы включения и выключения асинхронного электродвигателя с реверсом	2	2
4	Лабораторная работа 4. Управление асинхронным электродвигателем в ручном режиме с помощью частотного преобразователя AVR-32	2	2
5	Лабораторная работа 5. Исследование электродвигателя постоянного тока	2	1
6	Лабораторная работа 6. Исследование режимов работы трансформатора	2	1
7	Лабораторная работа 7. Исследование схем включения электромагнитных реле	2	1
8	Лабораторная работа 8. Исследование защитного электрооборудования	2	1
	Всего	16	12

Практические занятия			
1	2	3	4

1	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Выбор двигателей. Приведение сил моментов, моментов инерции к валу двигателя	2	2
2	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по паспортным данным	2	2
3	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Расчет характеристик асинхронного двигателя при частотном регулировании скорости	2	2
4	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. Регулирование координат при питании от управляемого источника ЭДС в ЭМС с двигателями постоянного тока	2	2
5	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Расчёт и построение пусковой и разгонной характеристик в ЭМС с двигателями постоянного тока	2	2
6	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Расчёт и построение пусковой и разгонной характеристик в ЭМС с асинхронными двигателями	2	2
7	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Выбор мощности электропривода циклического действия	2	1
	Всего	14	13
Рубежный (текущий) и итоговый контроль			
	Итоговый контроль (экзамен)		
	Всего по дисциплине	60	37

Таблица 2 – Распределение трудоемкости освоения дисциплины по формам обучения (пятый семестр, заочная форма)

№ п/п	Тема	Объем аудиторной работы, ч	Объем самостоятельной работы, ч
1	2	3	4
Лекции			
1	Тема 1. Классификация электромеханических систем	0,5	6
2	Тема 2. Электромеханические свойства двигателей	0,5	6
3	Тема 3. Регулирование координат электромеханических систем	0,5	6
4	Тема 4. Механика и динамика электромеханических систем	0,5	6
5	Тема 5. Методы расчета электроприводов	0,5	4
6	Тема 6. Частотный регулируемый электропривод	0,5	4
7	Тема 7. Программное и следящее управление электромеханическими системами	1	4
	Всего	4	36
Лабораторные занятия			
1	Лабораторная работа 1. Изучение структуры, состава электропривода, аппаратуры управления и защиты	2	4
2	Лабораторная работа 2. Выбор типоразмера исполнительного элемента системы на базе асинхронного двухфазного двигателя	2	4
3	Лабораторная работа 3. Сборка и изучение работы релейно-контакторной схемы включения и выключения асинхронного электродвигателя с реверсом	-	4

1	2	3	4
4	Лабораторная работа 4. Управление асинхронным электродвигателем в ручном режиме с помощью частотного преобразователя AVR-32	-	4
5	Лабораторная работа 5. Исследование электродвигателя постоянного тока	-	4
6	Лабораторная работа 6. Исследование режимов работы трансформатора	-	4
7	Лабораторная работа 7. Исследование схем включения электромагнитных реле	-	4
8	Лабораторная работа 8. Исследование защитного электрооборудования	-	7
	Всего	4	35
Практические занятия			
1	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. Выбор двигателей. Приведение сил моментов, моментов инерции к валу двигателя	1	6
2	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по паспортным данным	1	6
3	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. Расчет характеристик асинхронного двигателя при частотном регулировании скорости	1	6
4	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. Регулирование координат при питании от управляемого источника ЭДС в ЭМС с двигателями постоянного тока	1	6
1	2	3	4

5	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5. Расчёт и построение пусковой и разгонной характеристик в ЭМС с двигателями постоянного тока	-	7
6	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6. Расчёт и построение пусковой и разгонной характеристик в ЭМС с асинхронными двигателями	-	7
7	ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. Выбор мощности электропривода циклического действия	-	8,5
	Всего	4	46,5
Рубежный (текущий) и итоговый контроль			
	Контрольная работа		
	Итоговый контроль (экзамен)		
	Всего по дисциплине	12	118,5

3 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ

3.1. Тема 1. Классификация электромеханических систем

Перечень изучаемых вопросов:

Общие перспективы развития электромеханических систем. Краткий исторический обзор развития электропривода. Определение понятия электропривод. Предмет, задачи, структура, методика изучения дисциплины, охватываемые компетенции. Электромеханическая система как совокупность электрической и механической систем. Структура и компоненты управляемой электромеханической системы. Классификация электромеханических систем автоматического управления. Функциональные блок-схемы. Требования к системе. Формулировка требований к функциональным блокам. Выбор унифицированных и расчет индивидуальных функциональных блоков. Настройка электромеханических систем.

Методические указания к изучению:

При изучении данной темы особое внимание необходимо обратить на особенностях построения структуры электромеханической системы как совокупности электрической и механической систем. При изложении лекционного материала следует привести примеры технической реализации унифицированных блоков, входящих в структуру электромеханической системы и выполнить расчет индивидуальных функциональных блоков.

Рекомендуемая литература: [1], [2], [4].

Контрольные вопросы:

1. Охарактеризуйте основные области и способы применения ЭМС.
2. Обобщенная структурная схема ЭМС. Общие принципы построения и функционирования.
3. Назовите основные классификационные признаки ЭМС по их построению.
4. Назовите основные классификационные признаки ЭМС по их назначению.
5. Поясните требования к функциональным блокам ЭМС.
6. Что включает в себя настройка ЭМС?

3.2. Тема 2. Электромеханические свойства двигателей

Перечень изучаемых вопросов:

Понятие электромеханических и механических характеристик. Естественные и искусственные характеристики двигателей постоянного и переменного тока. Тормозные режимы электромеханических систем.

Методические указания к изучению:

При изучении данной темы особое внимание необходимо обратить на характеристики двигателей постоянного и переменного тока. При изложении лекционного материала следует более детально рассмотреть тормозные режимы электромеханических систем.

Рекомендуемая литература: [1], [3], [5], [7], [11].

Контрольные вопросы:

1. Что такое механическая характеристика двигателя?
2. Что такое механическая характеристика механизма?
3. Что такое естественная характеристика двигателя?
4. Какая механическая характеристика двигателя считается жесткой?
5. Какая механическая характеристика двигателя считается мягкой?
6. Как связаны между собой угловая частота ротора и частота вращения ротора?
7. Чем определяется допустимая температура нагрева электродвигателя?

8. Какие существуют модификации и исполнения асинхронных двигателей?
9. Что такое степень защиты двигателя?
10. Что такое способ монтажа двигателя?
11. Перечислить стандартный ряд мощностей асинхронных двигателей.
12. Какие существуют категории мест размещения двигателей при эксплуатации?
13. Какие существуют способы охлаждения электродвигателей?
14. Перечислить стандартные частоты вращения роторов асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором?
15. Какими критериями (параметрами) характеризуются стандартные режимы работы электродвигателей?
16. Какие основные параметры и характеристики двигателей указываются в каталогах и справочниках?

3.3. Тема 3. Регулирование координат электромеханических систем

Перечень изучаемых вопросов:

Способы регулирования координат электропривода. Задачи и способы управления координатами электромеханической системы, моментом и скоростью движения, положением исполнительного органа. Критерии оценки качества регулирования. Регулирование скорости в машинах постоянного и переменного тока. Экономичное регулирование скорости электромеханических систем.

Методические указания к изучению:

При изучении данной темы особое внимание необходимо обратить на способы управления координатами электромеханической системы. При изложении лекционного материала следует привести критерии оценки качества регулирования.

Рекомендуемая литература: [1], [3], [4], [5], [10].

Контрольные вопросы:

1. Напишите и поясните основное уравнение движения электропривода ЭМС.
2. Напишите и поясните уравнения, описывающие движение в механической части электропривода ЭМС.
3. Назовите способы регулирования скорости асинхронного двигателя (АД) с кз ротором.
4. Приведите схему регулирования скорости АД изменением амплитуды напряжения на обмотке статора. Какой фактор является главным недостатком этой схемы регулирования скорости? Каков диапазон регулирования скорости для этой схемы?

5. Каким образом устроены обмотки статора многоскоростного АД с короткозамкнутым ротором?

6. Изобразите механические характеристики АД при переключении обмотки статора со схемы «треугольник» на схему «двойная звезда». При какой нагрузке электропривода целесообразно применять этот способ регулирования скорости?

7. Изобразите механические характеристики АД при переключении обмотки статора со схемы «звезда» на схему «двойная звезда». При какой нагрузке электропривода целесообразно применять этот способ регулирования скорости?

8. Зависит ли мощность потерь в роторе от его скорости вращения при регулировании скорости изменением числа пар полюсов?

9. В чем заключается принцип частотного регулирования скорости вращения ротора двигателя?

10. С какой целью одновременно с изменением частоты изменяют амплитуду напряжения питания обмотки статора?

11. Изобразите схему включения преобразователя частоты.

12. Приведите формулу для основного закона изменения напряжения при частотном способе регулирования скорости АД.

13. Как изменяется перегрузочная способность двигателя при частотах напряжения, меньших или равных номинальной, больших номинальной?

14. Поясните понятия жестких и гибких обратных связей.

15. В чем различие аналоговых и дискретных систем управления?

16. Какие основные элементы содержит замкнутая система автоматического управления?

17. Преимущества замкнутой системы электропривода «преобразователь – двигатель» по сравнению с разомкнутой системой.

18. Приведите схемы замкнутых систем электроприводов «преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

19. Поясните работу схем автоматического регулирования возбуждения синхронных двигателей.

20. Поясните принцип работы преобразователей частоты без звена постоянного тока и с промежуточным звеном постоянного тока.

3.4. Тема 4. Механика и динамика электромеханических систем

Перечень изучаемых вопросов:

Виды статических нагрузок. Нагрузочные диаграммы. Статическая устойчивость электропривода. Приведение усилий и моментов инерции. Переходные процессы в электромеханических системах. Энергетика переходных процессов. Потери энергии в переходных процессах и способы их уменьшения. Методика

выбора типоразмера исполнительного элемента системы на базе двигателя постоянного тока с независимым возбуждением либо асинхронного двухфазного двигателя и определение передаточного числа силового редуктора. Оценка требуемых параметров силового редуктора, обеспечивающего минимальный суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции. Определение параметров электромеханических характеристик по данным каталога. Одномассовая и двухмассовая механические системы. Механика электропривода.

Методические указания к изучению:

При изучении лекционного материала данной темы особое внимание необходимо обратить на переходные процессы, возникающие в электромеханических системах. Необходимо привести примеры потери энергии в переходных процессах и указать способы их уменьшения.

Литература: [3], [7], [8], [12].

Контрольные вопросы:

1. Какие виды статических нагрузок влияют на режим работы ЭМС?
2. Как оценивается статическая устойчивость ЭМС?
3. Поясните методику расчета параметров при переходных процессах в электромеханических системах?
4. Как оценивают потери энергии ЭМС в переходных процессах?
5. Поясните методику выбора типоразмера исполнительного элемента системы на базе двигателя постоянного тока с независимым возбуждением в ЭМС.
6. Поясните особенности механических переходных процессов в одномассовой системе.
7. Поясните особенности механических переходных процессов в двухмассовой системе.
8. Как осуществляется выбор оптимального передаточного числа для обеспечения максимального быстродействия ЭМС.
9. Поясните особенности переходных процессов в ЭМС с линейной механической характеристикой электропривода при скачкообразном изменении задающих и возмущающих воздействий.

3.5. Тема 5. Методы расчета электроприводов

Перечень изучаемых вопросов:

Факторы, определяющие мощность электродвигателя. Процессы нагрева и охлаждения электродвигателя. Классификация режимов работы электроприводов. Расчет необходимой мощности методом средних потерь, эквивалентной мощности.

Методические указания к изучению:

При изучении данной темы особое внимание необходимо обратить на классификацию режимов работы электроприводов. При изложении лекционного материала следует привести примеры расчета необходимой мощности методом средних потерь, эквивалентной мощности.

Рекомендуемая литература: [1], [2], [3].

Контрольные вопросы:

1. Какие факторы определяют мощность электродвигателя?
2. Каковы причины возникновения постоянных и переменных потерь мощности в электроприводе?
3. При каком соотношении постоянных и переменных потерь мощности обеспечивается максимальный коэффициент полезного действия электропривода?
4. Как определить мощность и КПД регулируемого и нерегулируемого электропривода? В чем их различие?
5. Как определить потери энергии за счет переходных режимов электропривода?
6. Проведите анализ нагрузочных диаграмм и тахограмм различных исполнительных механизмов.
7. Поясните порядок расчета мощности и выбора электродвигателя для электропривода.
8. В чем заключается различие между нагрузочной диаграммой двигателя и механизма?
9. Проведите анализ номинальных режимов работы электрических двигателей.
10. Чем обусловлены и от чего зависят потери мощности в электродвигателях?

3.6. Тема 6. Частотный регулируемый электропривод

Перечень изучаемых вопросов:

Преимущества применения частотно-регулируемого электропривода (ЧРП). Особенности применения ЧРП. Электромагнитная совместимость электрооборудования. Методика выбора ЧРП.

Методические указания к изучению:

При изучении данной темы особое внимание необходимо обратить на структуру частотно-регулируемого электропривода. При изложении лекционного материала следует более детально рассмотреть методы частотного управления двигателем.

Рекомендуемая литература: [1], [2], [5], [7], [10].

Контрольные вопросы:

1. Какие способы регулирования частоты вращения применяются в асинхронном электроприводе?
2. Каким образом реализуется частотное регулирование электропривода?
3. Как оценивается электромагнитная совместимость электрооборудования в ЭМС?
4. Поясните сущность методики выбора ЧРП.
5. Приведите достоинства и недостатки частотного регулирования скорости вращения.
6. С какой целью при частотном управлении регулируется напряжение, подводимое к статору двигателя?
7. Какие типы преобразователей частоты вам известны?

3.7. Тема 7. Программное и следящее управление электромеханическими системами

Перечень изучаемых вопросов:

Программное управление ЭП: назначение ЭП с программным управлением, функциональная схема, области применения. Следящее управление ЭП: назначение следящего ЭП, основная и преобразованная структурные схемы, передаточные функции относительно угла поворота вала и ошибки положения по управляющему и возмущающему воздействиям, режимы позиционирования и постоянной заводки, добротность следящего ЭП. Следящий ЭП на базе вентильного двигателя переменного тока.

Методические указания к изучению:

При изучении данной темы особое внимание необходимо обратить на структурную схему следящего ЭП. При изложении лекционного материала следует привести примеры технической реализации следящего ЭП.

Рекомендуемая литература: [1], [3], [4], [7], [11].

Контрольные вопросы:

1. Какой электропривод называется следящим?
2. Что называется электроприводом с программным управлением?
3. Приведите структуру ЭМС с программным управлением.
4. Поясните принцип работы следящего ЭП на базе вентильного двигателя переменного тока.
5. Приведите структуру следящего ЭП переменного тока непрерывного управления.
6. Приведите функциональную схему позиционного следящего ЭП с управляющим органом в виде мостовой измерительной схемы электродвигательного устройства на вращение в определенном направлении.
7. Приведите функциональную схему асинхронного ЭП с цифровым программным управлением.

4 ТРЕБОВАНИЯ К АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Текущая аттестация

Текущая аттестация (текущий контроль) проводится с целью оценки освоения теоретического учебного материала, в том числе в рамках самостоятельной работы студента. Выполняется текущая аттестация в формах опроса, выполнения практических работ, выполнения и защиты лабораторных работ.

Контроль на лекциях производится в виде устного опроса. Типовые контрольные вопросы для устного опроса по темам приведены в п. 3 настоящего пособия.

Положительная оценка («зачтено») по результатам каждого опроса выставляется в соответствии с универсальной системой оценивания, приведенной в таблице 3. В случае получения оценки «не зачтено» студент должен пройти повторный контроль по данной теме в ходе последующих консультаций.

Таблица 3 – Система оценок и критерии выставления оценки при прохождении опроса

Критерий	Система оценок			
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из них может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Текущий контроль в виде защиты лабораторных работ осуществляется на лабораторном практикуме, целью которого является формирование умений и навыков по проектированию и эксплуатации схем электромеханических систем. Защита лабораторной работы проводится на основании отчета, а также ответа на контрольные вопросы к лабораторным работам. Студент, самостоятельно выполнивший задание, продемонстрировавший знание использованных им схемотехнических решений, получает по лабораторной работе оценку «зачтено».

Текущий контроль в виде защиты практических работ осуществляется на практических занятиях, целью которых является формирование умений и навыков выбора оптимального варианта структуры электромеханической системы и расчета ее параметров.

Студент, самостоятельно выполнивший задание по практической работе, продемонстрировавший знание использованных им методов расчета параметров электромеханической системы, получает по практической работе оценку «зачтено».

С целью контроля качества самостоятельной работы студентов заочной формы запланировано выполнение и защита контрольной работы. Для выполнения контрольной работы требуется знание вопросов, отраженных в тематическом плане дисциплины и умение самостоятельно работать с литературой. Работы следует выполнять с обязательной ссылкой на используемую литературу или другие источники. Текст контрольной работы должен достаточно полно раскрыть тему и пункты плана. В процессе ее выполнения студент может опираться на материалы учебников, но ни в коем случае не ограничиваться ими. Следует активно привлекать дополнительную литературу. Система оценивания и критерии оценки контрольной работы приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Система оценивания и критерии оценки контрольной работы

Критерий	Система оценок			
	2	3	4	5
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
2 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений,	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный	В состоянии осуществлять систематический и научно-

	В состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	предоставленной информации	анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задаче данные	корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые, релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
3 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

4.2. Условия получения положительной оценки

Промежуточная аттестация по дисциплине предусматривает проведение экзамена (экзаменационного тестирования).

К экзамену допускаются студенты:

- выполнившие и защитившие все предусмотренные лабораторные работы (получившие положительную оценку по результатам лабораторного практикума);

- если выполнены практические задания (получены положительные оценки по результатам их выполнения);

- имеющим положительную оценку («зачтено») по результатам устного опроса;

- выполнена и защищена контрольная работа (для студентов заочного отделения).

Экзамен может проводиться как в традиционной форме, так и в виде экзаменационного тестирования.

Экзаменационный билет содержит три экзаменационных вопроса.

Система оценивания и критерии выставления оценок по экзамену (экзаменационному тестированию) приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Система оценок и критерии выставления оценки по экзамену (экзаменационному тестированию)

Критерий	Система оценок			
	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно связывать между собой (только некоторые из них может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимых для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
1	2	3	4	5
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи

3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно-корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно-корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые, релевантные задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые, релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

4.3. Примерные вопросы к экзамену по дисциплине

1. Электромеханическая система как совокупность электрической и механической систем. Структура и компоненты управляемой электромеханической системы.
2. Классификация электромеханических систем автоматического управления.
3. Виды обратных связей ЭМС, назначение отдельных элементов.
4. Механические передаточные звенья в ЭМС.
5. Расчет передаточных функций кинематической цепи.
6. Одномассовые и многомассовые системы. Порядок расчета.
7. Исполнительные двигатели ЭМС. Диаграммы нагрузки.
8. Условия охлаждения. Перегрузочная способность и ее связь с предельными динамическими характеристиками систем.
9. Регулируемые координаты электропривода. Качество регулирования координат.
10. Механические характеристики и их типы. Примеры механических характеристик. Типы момента.

11. Установившийся режим в механике электропривода. Устойчивые и неустойчивые режимы.
12. Приведение параметров механической части электропривода к валу двигателя. Влияние КПД механического преобразователя и режима работы на приведение параметров.
13. Электроприводы постоянного тока. Конструкция двигателя. Основные уравнения, характеристики.
14. Электроприводы постоянного тока. Конструкция двигателя. Энергетические режимы работы. Допустимая нагрузка.
15. Электроприводы постоянного тока. Основные уравнения и способы регулирования. Технические средства регулирования.
16. Электроприводы постоянного тока. Технические средства регулирования. Замкнутые структуры.
17. Электроприводы постоянного тока. Система «источник тока – двигатель». Способы реализации источника тока, ограничения на режимы работы.
18. Электроприводы постоянного тока с последовательным возбуждением. Уравнения и характеристики.
19. Асинхронный электропривод. Конструкция и принцип действия. Типы. Уравнения.
20. Асинхронный электропривод. Конструкция и принцип действия. Механические характеристики. Энергетические режимы работы.
21. Регулирование координат асинхронного электропривода. Технические средства регулирования.
22. Асинхронный электропривод. Конструкция и принцип действия. Механические характеристики. Допустимая нагрузка.
23. Асинхронный электропривод с фазным ротором. Способы регулирования. Каскадные схемы. КПД каскадных схем.
24. Синхронный электропривод. Типы. Конструкция и принцип действия.
25. Синхронный электропривод. Принцип действия. Уравнения. Характеристики. Допустимая нагрузка.
26. Синхронный электропривод. Принцип действия. Векторные диаграммы. Характеристики. Компенсация реактивной мощности средствами синхронного электропривода.
27. Выбор мощности исполнительных двигателей ЭМС.
28. Выбор и согласование типа двигателя (АД, СД, ШД, ДПТ) с объектом управления.
29. Передаточные функции исполнительных двигателей.
30. Влияние свойств ОУ на передаточные функции двигателя.
31. Управляемые силовые преобразователи как элемент ЭМС.

32. Электромеханические управляемые силовые преобразователи.
33. Типовые схемы силовых цепей ЭМС с электромеханическими УСП. Защитная аппаратура, блокировки.
34. Структурные схемы ЭМС с электромеханическими УСП. Типовые обратные связи.
35. Электромеханические системы стабилизации выходных координат.
36. Системы стабилизации, порядок расчета.
37. Следящие электромеханические системы. Типовые схемные решения.
38. Порядок расчета следящих систем с учетом особенностей их функционирования (позиционные системы, скоростные и комбинированные).
39. Применение методов подчиненного регулирования для формирования структуры ЭМС и выбора параметров обратных связей и регуляторов.
40. Электромеханические системы с шаговыми двигателями.

5 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Освоение дисциплины «Электромеханические системы автоматизации» является одним из основополагающих шагов к формированию будущего специалиста в области разработки систем управления технологических процессов и производств. Приобретенные в ходе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть применены при подготовке выпускной квалификационной работы и в профессиональной деятельности.

6 ЛИТЕРАТУРА

1. Тюков, В. А. Электромеханические системы : учебное пособие / В. А. Тюков ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2015. – 92 с. : схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=438454> (дата обращения: 23.09.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-2756-9. – Текст : электронный.
2. Иконников, С. Е. Электромеханические системы : учебно-методическое пособие для направления подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах» профиль «Управление и информатика в технических системах» (бакалавры) очная и очно-заочная (вечерняя) формы обучения / С. Е. Иконников, Д. А. Антонов ; Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), Институт транспортной техники и систем управления, Кафедра «Управление и защита информации». – Москва: Российский университет транспорта (РУТ (МИИТ)), 2019. – 108 с. : ил., табл. – Режим доступа: по

подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=703177> (дата обращения: 23.09.2023). – Текст : электронный.

3. Калугин, М. В. Диагностика электромеханических систем транспортного комплекса : контактная сеть : учебное пособие / М. В. Калугин, В. В. Бирюков ; под общ. ред. В. В. Бирюкова ; Новосибирский государственный технический университет. – 2-е изд. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 132 с. : ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574754> (дата обращения: 23.09.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3659-2. – Текст : электронный.

4. Жуловян, В. В. Основы электромеханического преобразования энергии : учебник / В. В. Жуловян ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 427 с. : ил., табл., схем., граф. – (Учебники НГТУ). – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576647> (дата обращения: 23.09.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7782-3587-8. – Текст : электронный.

5. Веников, В. А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах : учебник / В. А. Веников. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1985. – 536 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=705589> (дата обращения: 23.09.2023). – Текст : электронный.

6. Автоматизация сложных электромеханических объектов энергоемких производств : учебное пособие / К. Н. Маренич, С. В. Дубинин, Э. К. Никулин [и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 240 с. : ил., табл., схем., граф. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617327> (дата обращения: 23.09.2023). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9729-0758-8. – Текст : электронный.

7. Симаков, Г. М. Моделирование электромеханических процессов : учебное пособие : [16+] / Г. М. Симаков, Ю. П. Филюшов ; Новосибирский государственный аграрный университет, Инженерный институт. – Новосибирск : Золотой колос, 2014. – 131 с. : схем., ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278196> (дата обращения: 23.09.2023). – Библиогр.: с. 112. – Текст : электронный.

8. Kim, K. K. Problem statement for the analysis of electromechanical systems by simulation modeling methods / K. K. Kim, S. N. Ivanov // Journal of Physics: Conference Series : Intelligent Information Technology and Mathematical Modeling 2021 (ИТММ 2021), Gelendzhik, 31 мая – 06 2021 года. Vol. 2131. – Gelendzhik: IOP Publishing, 2021. – P. 022060. – DOI 10.1088/1742-6596/2131/2/022060. – EDN JYPNJL.

9. Коновалов, Ю. В. Электрические двигатели в системах цифрового управления электромеханическими системами / Ю. В. Коновалов, Н. С. Жуков, Б. Ж. Салимов // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2022. – № 9. – С. 221-222. – EDN TQHZSO.

10. Коновалов, Ю. В. Тенденции развития цифровых технологий и интеллектуальных систем управления электромеханических систем в электроэнергетике / Ю. В. Коновалов, К. А. Шостак, О. И. Полднева // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири : Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 19–22 апреля 2022 года. Том 2. – Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2022. – С. 60-63. – EDN NPZХАЕ.

11. Аппаратное обеспечение системы технической диагностики сложных электромеханических систем / Р. С. Тахаутдинов, В. М. Салганик, А. А. Радионов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2004. – № 2. – С. 50-52. – EDN HSXPPL.

12. Myshlyayev, Y. I. Energy-Based Adaptive Oscillation Control of the Electromechanical Systems / Y. I. Myshlyayev, A. V. Finoshin, Ch. T. Nguyen // Mechatronics, Automation, Control. – 2020. – Vol. 21, No. 7. – P. 412-419. – DOI 10.17587/mau.21.412-419. – EDN DCBSSK.

Локальный электронный методический материал

Николай Алексеевич Долгий

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

Редактор М. А. Дмитриева

Уч.-изд. л. 1,2. Печ. л. 1,7.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1