

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра управления в технических системах**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И. Луковникова

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ**

**Б1.В.ДВ.09.02**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**27.03.04 Управление в технических системах**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Управление и информатика в технических системах**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

<b>СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ</b>		<b>Стр.</b>
<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>		<b>5</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>		<b>5</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....		5
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....		5
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		<b>6</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....		6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....		7
4.3 Лабораторные работы.....		13
4.4 Практические занятия.....		13
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....		29
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		<b>16</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>		<b>17</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		<b>17</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>		<b>18</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>		<b>18</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических работ .....		18
9.2 Методические указания по выполнению курсовой работы		28
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		<b>29</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>		<b>29</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>		<b>30</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>		<b>39</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>		<b>40</b>

# 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к научно-исследовательской и проектно-конструкторскому видам профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

## Цель дисциплины

Получение компетенций, достаточных для решения задач автоматизированного проектирования электромеханических систем в части математического и программного обеспечения.

Объектом изучения является методология, технология и программные средства автоматизированного проектирования электромеханических систем. Предметом изучения является постановка задачи автоматизации проектирования электромеханических систем, создание моделей в математических пакетах, организация модельного эксперимента.

## Задачи дисциплины

Приобретение и развитие знаний, умений и навыков для производственно-технологической, организационно-управленческой, проектной и научно-исследовательской деятельности.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОК-7	Способностью к самоорганизации и самообразованию	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– основные источники научно-технической информации в области разработки и применения технических средств автоматизации</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельно разбираться в нормативных документах по созданию систем автоматизации и применять их для решения поставленной задачи</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– готовностью к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции.</li> </ul>
ОПК-4	Готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– тенденции и перспективы развития устройств автоматизации и управления, а также смежных областей науки и техники;</li> <li>– методы расчета, проектирования, конструирования и модернизации устройств автоматизации и управления с использованием систем автоматизированного проектирования и компьютерных средств;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проектировать устройства автоматизации и управления с учетом заданных требований;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– современными программными средствами моделирования и оптимального проектирования устройств автоматизации и управления различного функционального назначения.</li> </ul>

<p><b>ПК-5</b></p>	<p>Способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации и управления</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные структуры, принципы типизации, унификации построения программно-технических комплексов (ПТК);</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- представлять технические решения с использованием средств компьютерной графики и геометрического моделирования;</li> <li>- решать исследовательские и проектные задачи с использованием компьютера;</li> <li>- выполнять проект технического обеспечения систем управления на базе типовых ПТК;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;</li> <li>- навыками работы с современными аппаратными и программными средствами исследования и проектирования систем управления.</li> </ul>
<p><b>ПК-6</b></p>	<p>Способностью производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основы построения и архитектуры микропроцессоров, средства автоматики, измерительной и вычислительной техники</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методами разработки алгоритмов и программ на ассемблере, современными интегрированными средами разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, проектирования систем</li> </ul>
<p><b>ПК-7</b></p>	<p>Способностью разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы проектной работы; подходов к формированию множества решений проектной задачи на структурном и конструкторском уровнях;</li> <li>- общие требования к автоматизированным системам проектирования;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- проводить обоснованный выбор и комплексирование средств компьютерной графики;</li> <li>- разрабатывать принципиальные, структурные, функциональные, электрические схемы и проектировать типовые системы;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками выбора аналогов и прототипов при проектировании систем автоматизации;</li> <li>- навыками оформления проектной документации в соответствии имеющимися стандартами и техническими условиями</li> </ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ11.02 Электромеханические системы относится к элективной части.

Дисциплина Электромеханические системы базируется на знаниях, полученных при изучении дисциплин Б1.Б.16 Технические средства автоматизации и управления и Б1.В.14 Автоматизированные информационно - управляющие системы.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Электромеханические системы представляют основу для прохождения преддипломной практики и итоговой аттестации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	8	144	48	24	12	12	42	КР	Экзамен
Заочная	5	–	144	22	10	6	6	113	КР	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	3	–	144	18	10	4	4	117	КР	Экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			8
1	2	3	4
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	48	10	48
Лекции (Лк)	24	6	24
Лабораторные работы (ЛР)	12	2	12
Практические занятия (ПЗ)	12	2	12
Курсовая работа (КР)	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	42	-	42
Подготовка к лабораторным работам	10	-	10
Подготовка к практическим занятиям	10	-	10
Подготовка к экзамену в течение семестра	10	-	10
Выполнение курсовой работы	12	-	12
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	54	-	54
Общая трудоемкость дисциплины час.	144	-	144
зач. ед.	4	-	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Электромеханические устройства и системы</b>	<b>60</b>	<b>16</b>	–	<b>12</b>	<b>32</b>
1.1.	Электромеханические системы	34	10	–	4	20
1.2.	Электрические машины постоянного тока	10	2	–	4	4
1.3.	Электрические машины переменного тока	13	3	–	4	6
1.4.	Структурные схемы и параметры электромеханических систем	3	1	–	–	2
<b>2</b>	<b>Математические модели электромеханических устройств и систем</b>	<b>30</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	–	<b>10</b>
2.1.	Математическое описание электромеханических устройств	25	7	10	–	8
2.2.	Автоматизация получения математических моделей электромеханических устройств	5	1	2	–	2
<b>ИТОГО</b>		<b>90</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>42</b>

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Электромеханические устройства и системы</b>	<b>72</b>	<b>7</b>	–	<b>6</b>	<b>77</b>
1.1.	Электромеханические системы	42	5	–	2	40
1.2.	Электрические машины постоянного тока	10,5	0,5	–	2	12
1.3.	Электрические машины переменного тока	15	1	–	2	16
1.4.	Структурные схемы и параметры электромеханических систем	4,5	0,5	–	–	9
<b>2</b>	<b>Математические модели электромеханических устройств и систем</b>	<b>27</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	–	<b>36</b>
2.1.	Математическое описание электромеханических устройств	21,5	2,5	7	–	20
2.2.	Автоматизация получения математических моделей электромеханических устройств	7,5	0,5	1	–	16
<b>ИТОГО</b>		<b>99</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>113</b>

- для заочной формы (ускоренное обучение) обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо-емкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			Самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Электромеханические устройства и системы</b>	<b>72</b>	<b>7</b>	<b>–</b>	<b>4</b>	<b>79</b>
1.1.	Электромеханические системы	42	5	–	2	42
1.2.	Электрические машины постоянного тока	10,5	0,5	–	1	12
1.3.	Электрические машины переменного тока	15	1	–	1	16
1.4.	Структурные схемы и параметры электромеханических систем	4,5	0,5	–	–	9
<b>2</b>	<b>Математические модели электромеханических устройств и систем</b>	<b>27</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>–</b>	<b>38</b>
2.1.	Математическое описание электромеханических устройств	21,5	2,5	3	–	22
2.2.	Автоматизация получения математических моделей электромеханических устройств	7,5	0,5	1	–	16
<b>ИТОГО</b>		<b>99</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>117</b>

#### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Часть лекций (6 часов) проводится в интерактивном виде "разбор конкретных ситуаций", преподаватель на обсуждение ставит конкретную ситуацию, обучающиеся анализируют и обсуждают эту ситуацию сообща, всей аудиторией. Преподаватель старается активизировать участие в обсуждении отдельными вопросами, обращенными к отдельным обучающимся, представляет различные мнения, чтобы развить дискуссию, стремясь направить ее в нужное направление. Затем, опираясь на правильные высказывания и анализируя неправильные, подводит слушателей к коллективному выводу или обобщению.

### 1 Электромеханические устройства и системы

#### 1.1 Электромеханические системы

Целью большинства промышленных установок является то или иное воздействие на окружающие объекты. Например, на сырьё, чтобы получить готовую продукцию. Или на дорогу, чтобы переместить груз в транспортном средстве. Для повышения эффективности такого воздействия применяют автоматические системы. В целом любая промышленная автоматическая система состоит из трёх частей: информационной, управляющей и силовой. Информационная часть получает информацию об объекте и окружающем мире (через датчики), управляющая часть формирует сигналы, соответствующие желаемому воздействию (с помощью регуляторов), силовая часть реализует это воздействие на окружающий мир.

Суть любого силового воздействия — в преобразовании по заданному закону какой-либо первичной энергии (запасённой ранее) в механическую. В качестве первичной используется энергия: механическая, электрическая, пара, воды, взрыва (двигатели внутреннего сгорания), сжатого воздуха и др. Соответственно различным видам первичной энергии соответствуют различные типы преобразователей энергии, составляющих основу силовой части. Электромеханические системы (ЭМС) являются разновидностью силовой части автоматических систем, в которых первичной энергией является электрическая.

Существует несколько типов преобразователей электрической энергии в механическую: электродвигатели, электромагниты, электрические муфты и некоторые другие, но наибольшее распространение получили электродвигатели. В данном курсе будут изучаться ЭМС с вращающимися электродвигателями.

Согласно определению, приводимому в стандарте ГОСТ 16593-79, электромеханическая система — это совокупность механических и электротехнических устройств, объединенных общими силовыми электрическими цепями и (или) цепями управления, предназначенная для осуществления механического движения объекта.

Имеется также разновидность ЭМС — электропривод (ЭП). Согласно тому же стандарту, электропривод — это ЭМС, состоящая из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств, предназначенная для приведения в движение вспомогательных органов рабочей машины и управления этим движением. Примечание: Преобразовательное и (или) передаточное устройство могут отсутствовать.

Таким образом, в нашем случае термины ЭМС и электропривод равнозначны и будут использоваться совместно.

Расшифруем с помощью того же стандарта термин "электропривод" через определение его составляющих:

электродвигательное устройство — электротехническое устройство, предназначенное для преобразования электрической энергии в механическую. Примечание: Электродвигательное устройство содержит один или несколько электродвигателей;

преобразовательное устройство — электротехническое устройство, преобразующее род тока и (или) напряжение, частоту и (или) изменяющее показатели качества электрической энергии, предназначенное для создания управляющего воздействия на электродвигательное устройство; примерами преобразовательных устройств являются усилители мощности, инверторы, выпрямители и т. п.;

передаточное устройство — устройство, предназначенное для передачи механической энергии от электродвигательного устройства электропривода к исполнительному органу рабочей машины и согласования вида и скоростей их движения;

управляющее устройство — электротехническое устройство, предназначенное для управления преобразовательным и (или) электродвигательным и (или) передаточным устройствами; в автоматизированном электроприводе это — корректирующие устройства (регуляторы), а также пусковая аппаратура (выключатели, реле и др.);

рабочая машина — машина, осуществляющая изменение формы, свойства, состояния и положения предмета труда; это может быть робот, станок, антенная установка на спутнике и т. п.;

исполнительный орган рабочей машины — движущийся элемент рабочей машины, выполняющий рабочую операцию; например, рука робота–манипулятора, ось антенной установки с антенной, колесо электромобиля и др.

## 1.2 Электрические машины постоянного тока

Несмотря на преимущественное распространение электроэнергии переменного тока, электрические машины постоянного тока в настоящее время широко применяются в качестве двигателей и, в меньшей степени, в качестве генераторов. Это объясняется важным преимуществом двигателей постоянного тока перед другими электродвигателями. Электродвигатели постоянного тока имеют хорошие регулировочные свойства, значительную перегрузочную способность и позволяют получать жесткие и мягкие механические характеристики. А именно: они допускают плавное регулирование частоты вращения ротора простыми способами, двигатели постоянного тока обладают большими пусковыми моментами при относительно малых пусковых токах.

Назначение: такие машины широко используют для привода различных механизмов в черной металлургии (прокатные станы, кантователи, роликовые транспортеры), на транспорте (электровозы, тепловозы, электропоезда, электромобили), в грузоподъемных и землеройных устройствах (краны, шахтные подъемники, экскаваторы), на морских и речных судах, в металлообрабатывающей, бумажной, текстильной, полиграфической промышленности и др.



Двигатели небольшой мощности применяют во многих системах автоматики в качестве исполнительных звеньев, а специальные генераторы используются как усилители электрических сигналов и как датчики частоты вращения. Конструкция двигателей постоянного тока сложнее и их стоимость выше, чем асинхронных двигателей.

Однако в связи с широким применением автоматизированного электропривода и тиристорных преобразователей, позволяющих питать электродвигатели постоянного тока регулируемым напряжением от сети переменного тока, эти электродвигатели широко используют в различных отраслях народного хозяйства. Генераторы постоянного тока ранее широко использовались для питания электродвигателей постоянного тока в стационарных и передвижных установках, а также как источники электрической энергии для заряда аккумуляторных батарей, питания электролизных и гальванических ванн, для электроснабжения различных электрических потребителей на автомобилях, самолетах, пассажирских вагонах, электровагонах, тепловозах и др.

Недостаток машин постоянного тока — наличие щеточно-коллекторного аппарата, который требует тщательного ухода в эксплуатации и снижает надежность работы машины. Электропромышленность выпускает ряд двигателей постоянного тока специального исполнения — для электротяги, экскаваторов, металлургического оборудования, шахтных подъемников, буровых установок, морских и речных судов и других приводов мощностью от нескольких сотен до нескольких тысяч кВт.

### 1.3 Электрические машины переменного тока

Рассмотренные выше физические основы электромеханического преобразования энергии можно свести к следующим положениям:

1. в электромагнитных цепях существует возможность преобразования электрической энергии в магнитную через собственные и взаимные индуктивности обмоток;

2. преобразование магнитной энергии в электрическую возможно через изменение во времени или пространстве магнитного потокосцепления, пересекающего витки обмотки, в соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея;

3. закон электромагнитной индукции Фарадея обеспечивает также возможность преобразования механической энергии в электрическую в виде ЭДС вращения;

4. электромагнитное поле также, как и поле постоянных магнитов, имеет северный и южный полюса;

5. закон Ампера обеспечивает возможность преобразования электромагнитной энергии (совместно действующих электрической и магнитной) в механическую. Совокупность рассмотренных физических принципов лежит в основе конструкции любой электрической машины, в том числе синхронного двигателя с постоянными магнитами. Любой электродвигатель имеет две взаимодействующие части — неподвижный *статор* и подвижный *ротор*. Кроме того, чтобы в соответствии с законом Ампера обеспечить создание электромагнитной силы, необходимо иметь источник магнитного поля, называемый *индуктором*, и обмотки с током, называемые *якорем*. Пары терминов *статор* — *ротор* и *индуктор* — *якорь* могут соотноситься различным образом. Индуктор может располагаться как на статоре, так и на роторе. Якорь, как правило, располагается на противоположной части двигателя\*. Ротор и статор располагаются соосно, при этом ротор крепится на валу, который является одновременно выходным валом электродвигателя, на котором и формируется механическая энергия, преобразованная из электрической.

Простейшее ЭМУ генераторного типа приведено на Рис. 1.25. Для получения тока в нагрузке необходимо иметь источник магнитного поля (магнит) и помещенную в это поле выходную обмотку с подключенной к ней нагрузкой. Источником магнитного поля может быть как постоянный магнит, так и электромагнит. При взаимном перемещении поля и выходной обмотки в последней наводится ЭДС. Если источником поля является постоянный магнит, то величина ЭДС определяется только скоростью взаимного перемещения поля и выходной обмотки. Если же источником поля является электромагнит, то появляется возможность влиять на величину поля изменением тока через обмотку электромагнита, и наводимая в выходной обмотке ЭДС будет зависеть не только от скорости взаимного перемеще-

ния, но и от величины и характера тока электромагнита. Возможно питание электромагнита постоянным и переменным током. При питании электромагнита постоянным током ЭДС в выходной обмотке наводится только при наличии взаимного перемещения поля и обмотки. При питании электромагнита переменным током ЭДС будет наводиться также и при отсутствии взаимного перемещения, но в этом случае величина ЭДС будет зависеть от угла между осью ротора (направлением максимума поля) и осью выходной обмотки: при угле  $0^\circ$  ЭДС будет максимальна, а при угле  $90^\circ$  — равна нулю. В этом случае появляется возможность использовать ЭМУ как преобразователь электрической энергии в электрическую же, но с изменением её параметров в зависимости от механических величин (в частности, угла поворота ротора). В частности, такие ЭМУ используются как трансформаторы напряжения с переменным коэффициентом трансформации, зависящим от угла поворота ротора.

## **1.4 Структурные схемы и параметры электромеханических систем**

Передаточные функции электроприводов постоянного и переменного тока необходимы для синтеза системы управления в первом приближении. При этом можно использовать как передаточные функции, получаемые из полных линеаризованных уравнений электрических машин, так и упрощённые передаточные функции. Для машин переменного тока необходимо провести линеаризацию исходных дифференциальных уравнений. Затем линеаризованная модель преобразуется по Лапласу заменой всех переменных их изображениями.

При этом можно явно выразить решение для переменных состояния и выходных переменных: Так как в матричном исчислении отсутствует операция деления векторов, то матричная передаточная функция является лишь математической абстракцией, удобной для компактного представления линеаризованных систем со многими входами и выходами в изображениях по Лапласу. Реально от матричных передаточных функций переходят к обычным частным передаточным функциям в виде отношения двух полиномов. Полные передаточные функции можно получить в аналитическом виде, а затем рассчитывать их параметры в зависимости от точки линеаризации.

Эти выкладки для большого порядка и получаемые в результате выражения весьма громоздки, поэтому более целесообразно эту операцию выполнять на ЭВМ, пользуясь стандартными процедурами математических библиотек. В результате получают передаточные функции для конкретных образцов двигателей с числовыми параметрами, которые затем можно использовать при автоматическом синтезе регуляторов также с помощью ЭВМ различными методами. Значительно более важное значение имеют упрощённые передаточные функции для конкретных практически важных режимов работы, которые можно получить аналитически с учётом реального соотношения параметров ДДП. Это приводит к общим теоретическим результатам и, кроме того, позволяет лучше понять процессы в двигателе, в том числе степень влияния параметров самого привода, управляющих (напряжения) и возмущающих (механическая нагрузка) воздействий.

Для получения передаточных функций ДДП предложена следующая методика. Составляется структурная схема, в которой разделяются каналы формирования электромагнитных и механических процессов. Для передаточных функций, описывающих электромагнитные процессы, входными величинами являются параметры питающих напряжений (частоты, амплитуды, фазовые сдвиги), а также угол поворота и угловая скорость ротора. Выходные величины — приращения вращающего момента, которые суммируются (с учётом принципа суперпозиции) и поступают на вход механической части. На выходе механической части формируются угловая скорость и угол поворота ротора, поступающие затем по каналу внутренней обратной связи на вход передаточных функций для электромагнитных процессов.

## **2 Математические модели электромеханических устройств и систем**

### **2.1 Математическое описание электромеханических устройств**

Математическое описание электромеханического устройства (ЭМУ) является результатом его структурной и параметрической идентификации. Структурная идентификация подразумевает определение вида используемых математических выражений (в частности,

уравнений), а параметрическая — значений их параметров (коэффициентов и других составляющих).

Существует два основных подхода к получению математического описания ЭМУ — с использованием теории поля и теории цепей.

Первый из них основывается на уравнениях Максвелла и приводит к рассмотрению поведения магнитного поля (магнитодвижущих сил, магнитной индукции, магнитного потока) с учётом конструкции конкретного ЭМУ (конфигурации и магнитного сопротивления магнитопровода и т. п.). В результате удаётся установить связь между параметрами (коэффициентами) уравнений и конструктивными параметрами ЭМУ: числом витков обмоток, геометрическими размерами пазов и зубцов, магнитной проницаемостью отдельных участков магнитопровода и др. Очевидно, что такой подход целесообразен при проектировании самих ЭМУ, но представляется излишне сложным при использовании ЭМУ в электромеханических системах, так как требует знания параметров, не всегда приводимых в технической документации.

Подход с позиций теории цепей получил название "математической теории электрических машин". Он характеризуется представлением ЭМУ в виде схемы замещения, содержащей типовые электротехнические элементы — резисторы, катушки индуктивности и источники ЭДС, параметры которых зависят от конструкции и принципа действия конкретного ЭМУ.

Для всех типов ЭМУ вид исходных уравнений одинаков, а конкретные особенности конструкции выражаются через функциональные зависимости индуктивностей и взаимных индуктивностей от угла поворота.

Некоторые различия в получении математической модели ЭМУ зависят от следующих обстоятельств: имеются или отсутствуют постоянные магниты; учитываются или нет те или иные упрощающие допущения. Математическая модель ЭМУ содержит две части — электрическую, отражающую процессы в обмотках, и механическую, отражающую движение ротора. Поскольку в общем случае исследуются динамические процессы учитываются также реальные значения углов между обмотками, когда некоторые выражения существенно упрощаются. Далее следует идентификация параметров на основе принципа "серого ящика", т. е. с учётом имеющейся информации о структуре объекта.

## **2.2. Автоматизация получения математических моделей электромеханических устройств**

В зависимости от задачи исследования или проектирования ЭМС, для используемого в ней ЭМУ необходима модель определённого типа — в скалярной или матричной форме, с использованием фазных переменных обмоток или изображающих векторов, нелинейная или линеаризованная, в виде системы дифференциальных уравнений или передаточной функции, для статических или динамических режимов и т. д. В конечном счёте, каждое ЭМУ, используемое в ЭМС, должно иметь полный комплект таких моделей. Получение его до недавнего времени было сложным делом, так как предполагало большой объём аналитических выкладок. Как правило, каждый исследователь выполнял только небольшую часть общей работы — в соответствии со своей частной задачей исследования. В результате, различные модели одного типа ЭМУ оказывались полученными различными авторами при различных допущениях, в различных обозначениях, с использованием различного сочетания переменных и параметров. При необходимости выполнения дальнейших преобразований каждому исследователю приходилось выполнять все предыдущие выкладки, чтобы получить модель ЭМУ в требуемой форме. В то же время, сформировавшаяся общая методика получения моделей ЭМУ представляет собой последовательность детально отработанных алгоритмов, которые

могут быть реализованы программно с использованием современных символьных процессоров, позволяющих выполнять аналитические выкладки автоматически, избавляя исследователей от рутинной работы и предотвращая возможные ошибки. Наиболее совершенными являются символьные процессоры Maple и Mathematica, символьные ядра которых используются в других математических программах. Например, символьное ядро Maple используется в

MathCAD и MatLab, обеспечивая разумное сочетание символьных и численных возможностей этих программ.

Программа MatLab предоставляет практически полный доступ ко всем возможностям символьного процессора, которые имеются в оригинальной программе Maple. Программа MathCAD предоставляет только часть таких возможностей. Это связано с тем, в MathCAD символьное ядро взаимодействует с системой интерфейса в MathCAD, более сложной, чем таковая в MatLab. Но в MathCAD ввод и вывод формул осуществляется в очень удобной форме, наиболее приближенной к естественной математической нотации. Поэтому в качестве платформы для создания комплекса программ использована программа MathCAD. Опыт реализации алгоритмов символьных выкладок показал, что в целом возможностей символьного процессора, предоставляемых MathCAD вполне достаточно для решения задач получения разнообразных математических моделей в области электромеханики.

#### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интер- активной, актив- ной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	Динамические и статические характеристики двигателя постоянного тока	3	–
2	2	Динамические и статические характеристики синхронного двухфазного двигателя с постоянными магнитами	3	–
3	2	Динамические и статические характеристики асинхронного трёхфазного двигателя с короткозамкнутым ротором	2	–
4	2	Автоматизация символьных выкладок в MathCAD	2	–
5	2	Реализация динамических моделей электромеханических систем в Matlab	2	проектная деятельность (2 час.)
<b>ИТОГО</b>			<b>12</b>	<b>2</b>

#### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1	Решение типовой задачи по разделу «Асинхронные двигатели»	4	-
2	1	Решение типовой задачи по разделу «Синхронные машины»	4	-
3	1	Решение типовой задачи по разделу «Машины постоянного тока»	4	разбор конкретных ситуаций (2час.)
<b>Итого</b>			<b>12</b>	<b>2</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: курсовая работа

Цель: расчет и конструирование силового трансформатора.

Для выполнения курсовой работы студенту выдается индивидуальное задание, согласно которому требуется рассчитать магнитную систему трансформатора, произвести выбор типа обмоток и провести проверку на тепловую устойчивость. В задании дан тип, рассчитываемого трансформатора и его паспортные данные.

Расчет силового трансформатора и изложение материала в курсовой работе следует выполнять в следующей последовательности:

Введение

1 Предварительный расчет трансформатора обобщенным методом

1.1 Определение основных электрических величин

1.2 Определение основных размеров трансформатора

1.2.1 Расчет размеров трансформатора

2 Расчет обмоток трансформатора

2.1 Предварительный расчет обмоток

- 2.2 Расчет обмотки низкого напряжения
- 2.3 Расчет обмотки высокого напряжения
- 2.4 Расчет регулировочной обмотки
- 3 Расчёт потерь и КПД трансформатора
  - 3.1 Основные потери в трансформаторе
  - 3.2 Коэффициент добавочных потерь
  - 3.3 Потери в отводах
  - 3.4 Потери короткого замыкания
  - 3.5 Плотность теплового потока на охлаждаемой поверхности
- 4 Расчёт напряжения короткого замыкания и поля рассеяния
  - 4.1 Параметры схемы замещения
  - 4.2 Активная составляющая  $U_{кз}$
  - 4.3 Реактивная составляющая  $U_{кз}$
  - 4.4 Расчетное напряжение короткого замыкания
- 5 Расчет магнитной цепи
  - 5.1 Выбор площади поперечного сечения
  - 5.2 Активное сечение стержня
  - 5.3 Активное сечение ярма
  - 5.4 Индукция в стержне
  - 5.5 Индукция в ярме
  - 5.6 Масса стали в стержнях
  - 5.7 Масса стали в ярме
  - 5.8 Потери холостого хода
  - 5.9 Ток холостого хода
  - 5.10 Параметры схемы замещения при холостом ходе
  - 5.11 Расчёт характеристик холостого хода
  - 5.12 Расчет потер холостого хода
- 6 Тепловой расчёт трансформатора
- 7 Расчет массы трансформатора
- 8 Выводы

Рекомендуемый объем: курсовая работа выполняется на листах формата А4, объём 20-30 печатных страниц.

Выдача задания на курсовую работу (КР), приём КР и защита КР проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки защиты курсовой работы</b>
отлично	<p>Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– всестороннее систематическое знание программного материала;</li> <li>– правильное выполнение курсового проекта, направленного на применение программного материала;</li> <li>– правильное применение основных положений программного материала.</li> </ul>
хорошо	<p>Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточно полное знание программного материала;</li> <li>– выполнение с несущественными ошибками курсового проекта, направленного на применение программного материала;</li> <li>– применение с несущественными ошибками основных положений программного материала.</li> </ul>
удовлетворительно	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– частичное знание программного материала;</li> <li>– частичное выполнение курсового проекта, направленного на применение программного материала;</li> <li>– частичное применение основных положений программного материала.</li> </ul>
неудовлетворительно	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– существенные пробелы в знании программного материала;</li> <li>– принципиальные ошибки при выполнении курсового проекта, направленного на применение программного материала;</li> <li>– невозможность применения основных положений программного материала.</li> </ul>

**5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<i>Компетенции</i> <i>№, наименование</i> <i>разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во</i> <i>часов</i>	<i>Компетенции</i>					$\Sigma$ <i>комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид</i> <i>учебных занятий</i>	<i>Оценка</i> <i>результатов</i>
		<i>ОК-7</i>	<i>ОПК-4</i>	<i>ПК</i>						
				<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>				
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
1. Электромеханические устройства и системы	60	+	+	+	+	+	5	12	ЛК, КР, СРС	Экзамен
2. Математические модели электромеханических устройств и систем	30	+	-	+	-	+	3	10	Лк, ЛР, ПЗ, КР, СРС	Экзамен
<b><i>Всего часов</i></b>	<b>90</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>5</b>	<b>18</b>		



## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1 С. А. Бронов, Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по теоретической подготовке./ С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009. – 122 с.

2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, КР)</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./чел.)</i>
1	2	3	4	5
<b>Основная литература</b>				
1.	С. А. Бронов, Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по теоретической подготовке./ С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009. – 122 с.	Лк, ЛР	ЭР	1
2.	Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. - Санкт-Петербург: Питер, 2008. - 350 с.	Лк, ПЗ, КР	149	1
3.	Вольдек А. И. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы: Учебник для вузов. / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – СПб.: Питер, 2008. – 320 с.	Лк, КР	148	1
4.	Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.	Лк, ЛР, ПЗ, КР	183	1
<b>Дополнительная литература</b>				
5.	Сыровешкин, А. М. Электрические машины. Трансформаторы. Расчет и конструирование трансформаторов: учебное пособие / А. М. Сыровешкин. - Братск: БрГТУ, 2003. - 149 с.	КР	64	1
6.	Радин, В. И. Электрические машины: Асинхронные машины: [Учебник для вузов] / В. И. Радин, Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович. - М.: Высшая школа, 1988. - 327 с.: ил.	ПЗ	209	1
7.	Хвостов, В. С. Электрические машины. Машины постоянного тока: учебник для вузов / В. С. Хвостов; Под ред. И. П. Копылова. - М.: Высшая школа, 1988. - 335 с. - Б. ц.	ПЗ	222	1
8.	С. А. Бронов. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по лабораторным работам. / С. А. Бронов, А. В. Марарескул. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2009. – 70 с.	ЛР	ЭР	1

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ [http://http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](http://http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=)
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog>
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»  
<http://biblioclub.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com>
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"  
<http://window.edu.ru>
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)  
<https://uisrussia.msu.ru/>
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn--plai/how-to-search>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

### **9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ**

#### **Лабораторная работа №1**

#### **Динамические и статические характеристики двигателя постоянного тока.**

Цель работы: Исследование зависимости статических и динамических характеристик двигателя постоянного тока от параметров двигателя и режимов работы

#### **Задание:**

1. Исследовать переходные процессы, используя динамическую модель двигателя постоянного тока, при:
  - 1) варьировании напряжения питания;
  - 2) варьировании момента инерции нагрузки;
  - 3) варьировании коэффициента вязкого трения нагрузки;
  - 4) варьировании статического момента;
  - 5) варьировании передаточного числа редуктора. По полученным результатам сделать вывод.
2. Используя динамическую модель двигателя постоянного тока поострить ряд (3) механических характеристик при различных способах управления:
  - 1) реостатное регулирование;
  - 2) полюсное регулирование;
  - 3) якорное регулирование. По полученным результатам сделать вывод.

#### **Введение**

Двигатели постоянного тока находят широкое применение в промышленных, транспортных и других установках, где требуется широкое и плавное регулирование скорости вращения (прокатные станы, мощные металлорежущие станки, электрическая тяга на транспорте и т.д.) По способу возбуждения двигатели постоянного тока подразделяются аналогично генераторам на двигатели независимого, параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. При пуске двигателя в ход необходимо:

- 1) обеспечить надлежащую величину пускового момента и условия для достижения необходимой скорости вращения;
- 2) предотвратить возникновение чрезмерного пускового тока, опасного для двигателя. Для двигателей постоянного тока могут быть применены три способа пуска:
  - 1) прямой, при котором обмотка якоря подключается непосредственно к сети;

2) реостатный, при котором в цепь якоря включается пусковой реостат для ограничения тока;

3) путем плавного повышения питающего напряжения, которое подается на обмотку якоря.

Чтобы изменить направление вращения двигателя, необходимо изменить направление электромагнитного момента, действующего на якорь. Это можно осуществить двумя способами: путем изменения направления тока в обмотке якоря или изменения направления магнитного потока, т. е. тока возбуждения. Для этого переключают провода, подводящие ток к обмотке якоря или обмотке возбуждения. Механическая характеристика двигателя функциональная зависимость скорости ротора от момента.

#### Контрольные вопросы:

1. Устройство простейшей машины постоянного тока, режим двигателя и генератора;
2. Двигатели постоянного тока;
3. Физический принцип работы машин постоянного тока.

#### Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе, скрепленный титульным листом. Отчет должен содержать название работы, цель, задание и результат выполнения задания.

#### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены ВИЗ обучающегося.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в рекомендуемых источниках 1.

#### Рекомендуемые источники

1 ГОСТ 21.208–2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.- Москва, 2013. - 27 с.

#### Основная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по теоретической подготовке. Сибирский федеральный университет, 2009

2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

#### Дополнительная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по лабораторным работам. Сибирский федеральный университет, 2009

### **Лабораторная работа №2**

#### **Динамические и статические характеристики синхронного двухфазного двигателя с постоянными магнитами**

Цель работы: Исследование зависимости статических и динамических характеристик синхронного двухфазного двигателя от параметров двигателя и режимов работы

#### Задание:

1. Используя модель синхронного двух фазного двигателя, исследовать переходные процессы при частотно-независимом управлении (синусоидальное питание, прямоугольное питание) варьируя входными координатами:

- 1) амплитуда питающего напряжения;
- 2) частота питающего напряжения;

- 3) момент сопротивления;
- 4) момент инерции.

По полученным результатам сделать вывод.

2. Используя модель синхронного двух фазного двигателя, исследовать переходные процессы при частотно-зависимом управлении (синусоидальное питание, прямоугольное питание) варьируя входными координатами:

- 1) амплитуда питающего напряжения;
- 2) фазовый сдвиг;
- 3) момент сопротивления;
- 4) момент инерции

По полученным результатам сделать вывод.

## **Введение**

Синхронные двигатели с постоянными магнитами (СДПМ) в настоящее время широко используются в электроприводах систем автоматизации малой и средней мощности. Это обусловлено целым рядом их преимуществ по сравнению с другими типами двигателей:

- отсутствие скользящих контактов обеспечивает их более высокую надёжность по сравнению с двигателями постоянного тока;
- отсутствие обмотки возбуждения на роторе уменьшает потребление электрической энергии и повышает коэффициент полезного действия, что существенно в системах с источником питания ограниченной мощности и с автономным питанием (аккумуляторные или солнечные батареи и т.п.);
- при использовании постоянных магнитов из современных материалов обеспечиваются очень хорошие массогабаритные показатели большой момент при меньших габаритах по сравнению с другими типами двигателей;
- возможность выбора более или менее дорогих материалов для постоянных магнитов ротора позволяет варьировать стоимость двигателей, обеспечивая приемлемую цену для различных потребителей;
- наличие источника сильного магнитного поля на роторе и зачастую сравнительно малые номинальные скорости вращения позволяют снизить требования к точности изготовления двигателей, в частности, к максимально допустимой величине и допустимой неравномерности воздушного зазора;
- конструкция СДПМ позволяет использовать их различным образом в обычном синхронном режиме (при питании напряжением переменного тока заданной частоты), в режиме шагового двигателя (при питании напряжением постоянного тока), в качестве бесколлекторного двигателя постоянного тока (БДПТ) (при питании от полупроводникового коммутатора напряжением переменного тока с частотой, определяемой угловой скоростью ротора), при частотно-токовом или частотно-векторном управлении;
- существуют как высокоскоростные, так и низкоскоростные СДПМ (например, многополюсные), что позволяет во многих случаях создавать безредукторные системы электропривода, избавляясь от погрешностей и дополнительной ненадёжности, вносимых механическими передачами.

Для СДПМ специально разработаны или модифицированы различные способы управления (БДПТ, частотно-токовый, частотно-векторный), структурные схемы электроприводов, налажен выпуск электронных компонентов для полупроводниковых коммутаторов (микросхем, транзисторных микросборок).

Именно широкое использование СДПМ привело к созданию мехатроники симбиоза механики и электроники призванной на основе использования разнообразных датчиков (угла поворота, скорости, тока, момента, магнитного потока и др.) и электронных устройств обеспечить желаемые свойства электродвигателю любого типа. В результате этого традиционное противопоставление двигателей постоянного и переменного тока, связанное с формой питающего напряжения, теряет смысл: теперь любой из этих двигателей можно питать любым напряжением через электронный коммутатор (выпрямитель, инвертор, преобразователь частоты, конвертор и т.п.), обеспечивая двигателю одного типа свойства другого типа.

Контрольные вопросы:

1. Принцип работы и устройство синхронной машины;
2. Способы пуска синхронных машин;
3. Вентильный двигатель

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе, скрепленный титульным листом. Отчет должен содержать название работы, цель, задание и результат выполнения задания.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены ВИЗ обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в рекомендуемых источниках 1.

Рекомендуемые источники

1 ГОСТ 21.208–2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.- Москва, 2013. - 27 с.

Основная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по теоретической подготовке. Сибирский федеральный университет, 2009
2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

Дополнительная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по лабораторным работам. Сибирский федеральный университет, 2009

**Лабораторная работа №3**

**Динамические и статические характеристики асинхронного трёхфазного двигателя с короткозамкнутым ротором**

Цель работы: Исследование зависимости статических и динамических характеристик трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором в зависимости от параметров двигателя и режимов работы

Задание:

Работа выполняется в следующей последовательности:

1. Выбрать типоразмер исследуемого двигателя. Затем автоматически осуществляется расчёт базисных величин системы относительных единиц и пересчёт параметров выбранного двигателя в систему относительных единиц.
2. Провести исследования механической характеристики при частотном управлении, меняя закон изменения амплитуды в функции частоты. Расчет провести для всех типов двигателей. По полученным результатам сделать вывод.
3. Провести исследования механической характеристики при реостатном управлении. Расчет провести для всех типов двигателей. По полученным результатам сделать вывод.
4. Исследовать влияние каждого внешнего воздействия в отдельности на динамику процессов в двигателе. Расчет провести для всех типов двигателей. По полученным результатам сделать вывод.
5. Исследовать влияние каждого внешнего воздействия в отдельности на активные потери в меди. Расчет провести для всех типов двигателей. По полученным результатам сделать вывод

## **Введение**

Асинхронные трёхфазные двигатели (АТД) могут быть двух модификаций - с фазным и короткозамкнутым ротором. Короткозамкнутый ротор не имеет выводов наружу, что обеспечивает повышенную надёжность двигателя. Поэтому такие двигатели широко применяются в промышленности. Управление АТД сводится к изменению их скорости различными способами. Наиболее распространёнными являются реостатное, амплитудное и частотное управление. При реостатном управлении в цепь статорных обмоток включаются добавочные сопротивления (реостаты), при изменении которых скорость АТД меняется. При амплитудном управлении изменяют амплитуду статорных трёхфазных питающих напряжений. При частотном управлении изменяют частоту статорных трёхфазных питающих напряжений. Все способы управления основываются на анализе статических механических характеристик АТД, представляющих собой зависимость скорости двигателя от его электромагнитного момента в установившемся режиме. В установившемся режиме электромагнитный момент равен заданному статическому моменту нагрузки. Поэтому скорость двигателя зависит от статического момента. При том или ином способе управления изменяется механическая характеристика и тот же самый заданный статический момент нагрузки соответствует новой скорости. Каждый способ управления характеризуется своим изменением механической характеристики. Одной из задач лабораторной работы является исследование этих изменений при разных способах управления.

Расчёты базируются на математической модели АТД. Математическая модель АТД получена на основе традиционных в теории электрических машин допущений:

1) двигатель симметричен, т.е. активные сопротивления и индуктивности статорных обмоток равны между собой, активные сопротивления и индуктивности роторных обмоток равны между собой, углы между обмотками равны 120 градусам;

2) воздушный зазор между статором и ротором равномерен;

3) насыщение стали, потери в стали и механические потери в подшипниках отсутствуют;

4) изменения активных сопротивлений от нагрева отсутствуют;

5) взаимные индуктивности между статором и ротором изменяются по косинусоидальному закону;

6) напряжения питания - синусоидальные и симметричные

### Контрольные вопросы:

1. Асинхронные машины, устройство и принцип действия;
2. Регулирование координат АМ, реостатное, полюсное, механические характеристики;
3. Регулирование скорости АМ частотное, изменением напряжения питания, изменением индуктивного сопротивления.

### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены ВИЗ обучающегося.

### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в рекомендуемых источниках 1.

### Рекомендуемые источники

1 ГОСТ 21.208–2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.- Москва, 2013. - 27 с.

### Основная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электро-механических систем. Учебное пособие по теоретической подготовке. Сибирский федеральный университет, 2009

2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

Дополнительная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по лабораторным работам. Сибирский федеральный университет, 2009

## **Лабораторная работа №4 Построение плоского контура**

### **Автоматизация символьных выкладок в MathCAD.**

Цель работы: Исследование возможностей символьного процессора MathCAD для автоматизации выкладок.

#### Задание:

Используя символьный процессор MathCAD для автоматизации выкладок, получить следующие математические модели:

1. Геометрически симметричную машину с двумя обмотками на роторе и статоре;
2. Электрически симметричную машину с двумя обмотками на роторе и статоре;
3. Полностью симметричную машину с двумя обмотками на роторе и статоре;
4. Полностью симметричную машину с короткозамкнутым ротором.

По полученным результатам сделать вывод.

#### **Введение**

В зависимости от задачи исследования или проектирования ЭМС, для используемого в ней ЭМУ необходима модель определённого типа в скалярной или матричной форме, с использованием фазных переменных обмоток или изображающих векторов, нелинейная или линеаризованная, в виде системы дифференциальных уравнений или передаточной функции, для статических или динамических режимов и т.д. В конечном счёте, каждое ЭМУ, используемое в ЭМС, должно иметь полный комплект таких моделей. Получение его до недавнего времени было сложным делом, так как предполагало большой объём аналитических выкладок. Как правило, каждый исследователь выполнял только небольшую часть общей работы в соответствии со своей частной задачей исследования.

В результате, различные модели одного типа ЭМУ оказывались полученными различными авторами при различных допущениях, в различных обозначениях, с использованием различного сочетания переменных и параметров. При необходимости выполнения дальнейших преобразований каждому исследователю приходилось выполнять все предыдущие выкладки, чтобы получить модель ЭМУ в требуемой форме. В то же время, сформировавшаяся общая методика получения моделей ЭМУ представляет собой последовательность детально отработанных алгоритмов, которые могут быть реализованы программно с использованием современных символьных процессоров, позволяющих выполнять аналитические выкладки автоматически, избавляя исследователей от рутинной работы и предотвращая возможные ошибки.

Наиболее совершенными являются символьные процессоры Maple и Mathematica, символьные ядра которых используются в других математических программах. Например, символьное ядро Maple используется в MathCAD и MatLab, обеспечивая разумное сочетание символьных и численных возможностей этих программ. Программа MatLab предоставляет практически полный доступ ко всем возможностям символьного процессора, которые имеются в оригинальной программе Maple. Программа MathCAD предоставляет только часть таких возможностей. Это связано с тем, в MathCAD символьное ядро взаимодействует с системой интерфейса в MathCAD, более сложной, чем таковая в MatLab. Но в MathCAD ввод и вывод формул осуществляется в очень удобной форме, наиболее приближенной к естественной математической нотации. Поэтому в качестве платформы для создания комплекса программ использована программа MathCAD. Опыт реализации алгоритмов символьных выкладок показал, что в целом возможностей символьного процессора, предоставляемых

MathCAD вполне достаточно для решения задач получения разнообразных математических моделей в области электромеханики.

Контрольные вопросы:

1. Автоматизация получения математических моделей на примере MathCAD;
2. Автоматизация получения электромагнитного момента для СДПМ;
3. Автоматизация получения уравнений равновесия для СДПМ.

Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе, скрепленный титульным листом. Отчет должен содержать название работы, цель, задание и результат выполнения задания.

Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены ВИЗ обучающегося.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в рекомендуемых источниках 1.

Рекомендуемые источники

1 ГОСТ 21.208–2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.- Москва, 2013. - 27 с.

Основная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по теоретической подготовке. Сибирский федеральный университет, 2009

2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

Дополнительная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по лабораторным работам. Сибирский федеральный университет, 2009

**Лабораторная работа №5**

**Реализация динамических моделей электромеханических систем в MatLAB**

Цель работы: изучение возможностей пакет MATLAB для исследования электромеханических систем.

Задание:

1. Собрать модель двигателя постоянного тока в пакете Simulink;
2. Исследовать переходные процессы, используя полученную модель;
3. Полученные результаты сравнить с результатами лабораторной №1. Сделать вывод;
4. Собрать модель двигателя постоянного тока в пакете SimPowerSystems;
5. Повторить пункты 2,3.

**Введение**

Система MATLAB(матричная лаборатория) была создана специалистами фирмы MathWorks, Inc. и представляет собой язык программирования высокого уровня, предназначенный для инженерных и научных вычислений и создания средств моделирования различных устройств и систем. Базируется на алгоритмах матричных вычислений с выполнением операций над наборами векторов, что определяет основное отличие этой системы от других известных пакетов — MathCAD, Maple, Mathematika и других. За счет матричного и векторного представления данных разработчикам удалось существенно повысить скорость вычислений, экономно использовать ресурсы памяти и обеспечить высокую точность расчетов.



### ***Начало работы с пакетом Simulink.***

Для запуска программы необходимо предварительно запустить пакет MATLAB. Для этого кликните мышкой на ярлык выведенный на «Рабочий стол», либо через кнопку на панели задач Пуск/Программы/MATLAB. В результате открывается окно (Рис. 7.1). На панели инструментов этого окна располагается ярлык Simulink, после наведения на него указателя мыши появляется подсказка.

#### Контрольные вопросы:

1. Назначение блока Scope;
2. Назначение блока demux;
3. Параметры блока DC machine.

#### Форма отчетности:

Отчет по лабораторной работе, скрепленный титульным листом. Отчет должен содержать название работы, цель, задание и результат выполнения задания.

#### Задания для самостоятельной работы:

Предусмотрены ВИЗ обучающегося.

#### Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Ознакомиться с теоретическим материалом, представленным в рекомендуемых источниках 1.

#### Рекомендуемые источники

1 ГОСТ 21.208–2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.- Москва, 2013. - 27 с.

#### Основная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по теоретической подготовке. Сибирский федеральный университет, 2009
2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

#### Дополнительная литература

1. С. А. Бронов, А. В. Марарескул. Автоматизированное проектирование электромеханических систем. Учебное пособие по лабораторным работам. Сибирский федеральный университет, 2009

### **Практическое занятие 1**

#### **Решение типовой задачи по разделу «Асинхронные двигатели»**

Цель работы: расчет механических характеристик асинхронного двигателя.

#### Задача 1.

Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором питается от трехфазной сети с линейным напряжением  $U_l$ , частотой 50 Гц. Величины, характеризующие номинальный режим двигателя: мощность на валу  $P_{ном}$ ; частота вращения  $n_{ном}$ ; коэффициенты мощности  $\cos \varphi_n$  и полезного действия  $\eta_n$ ; кратности критического  $k_m$  и пускового моментов  $k_n$  кратность пускового тока  $i_n$  приведены в табл. П.2.1.

#### Задание:

1. В зависимости от линейного напряжения сети  $U_l$  и номинального напряжения двигателя определить схему соединения обмоток статора.

2. Для номинального режима двигателя рассчитать: 1) момент на его валу  $M_{ном}$ ; 2) активную мощность  $P_{I_{ном}}$ , потребляемую из сети; 3) линейный ток  $I_{I_{ном}}$ ; 4) частоту вращения магнитного поля  $n_0$ ; 5) частоту ЭДС и тока в роторе  $f_{2ном}$ .

3. Построить естественную механическую характеристику и определить по ней частоту вращения  $n$  ротора, если момент нагрузки на валу двигателя в установившемся режиме  $M_{ст} = 0,8 \cdot M_{max}$ . Указать три характерные точки механической характеристики двигателя.

4. Рассчитать пусковой момент при номинальном напряжении и снижении его на 10%.

5. Рассчитать пусковой ток двигателя.

#### Форма отчетности:

1. Схема замещения и расчет номинальных величин заданного асинхронного двигателя.

2. Построить механическую характеристику асинхронного двигателя.

3. Показать расчеты по заданию.

#### Основная литература:

1. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. - Санкт-Петербург: Питер, 2008. - 350 с.

2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

#### Дополнительная литература:

1. Радин, В. И. Электрические машины: Асинхронные машины: [Учебник для вузов] / В. И. Радин, Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович. - М.: Высшая школа, 1988. - 327 с.: ил.

#### Контрольные вопросы:

1. Докажите, что векторы намагничивающих сил статора и вращающегося ротора неподвижны относительно друг друга.

2. Покажите, каким образом рабочий режим асинхронного двигателя может быть приведен к режиму трансформатора с активной нагрузкой.

3. Почему в момент пуска двигателя ток статора имеет максимальное значение? Чему при этом равны скольжение  $s$  и частота тока ротора  $f_2$ ?

4. С какой целью вводится добавочное сопротивление реостата  $R_p$  в цепь ротора двигателя с фазным ротором? Постройте качественные механические характеристики при  $R_p = 0$ ;  $R_p \neq 0$ .

5. Начертите искусственные механические характеристики при регулировании частоты вращения посредством изменения частоты питающей сети.

## **Практическое занятие 2**

### **Решение типовой задачи по разделу «Синхронные машины»**

Цель работы: расчет характеристик синхронной машины.

#### Задача 1.

Трехфазный синхронный двигатель, номинальные данные которого приведены в табл. П.3.1, служит для привода компрессора и во время работы развивает на валу мощность, равную номинальной. Обмотка статора соединена звездой. Частота напряжения питающей сети - 50 Гц. Ток в обмотке возбуждения ротора установлен таким, что ЭДС фазы статора  $E_0 = 1,4U_\phi$ , где  $U_\phi$  – фазное напряжение статора.

#### Задание:

1. Определить число пар полюсов ротора и номинальный ток в фазе статора.
2. Пренебрегая активным сопротивлением обмотки статора, построить векторную диаграмму фазы синхронного двигателя.
3. По векторной диаграмме определить величину угла рассогласования  $\theta$  между векторами напряжения  $U_\phi$  и ЭДС  $E_0$  и значение синхронного реактивного сопротивления машины.
4. Рассчитать коэффициент мощности промышленного предприятия, если суммарная активная мощность электроприемников предприятия без учета синхронного двигателя  $P_{пр}$  дана в табл. П.3.2

#### Форма отчетности:

1. Схема замещения и расчет номинальных величин заданного синхронного двигателя.
2. Построить механическую характеристику асинхронного двигателя.
3. Показать расчеты по заданию.

#### Основная литература:

1. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. - Санкт-Петербург: Питер, 2008. - 350 с.
2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

#### Дополнительная литература:

1. Радин, В. И. Электрические машины: Асинхронные машины: [Учебник для вузов] / В. И. Радин, Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович. - М.: Высшая школа, 1988. - 327 с.: ил.

#### Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Каковы устройство и принцип действия синхронного двигателя?
2. Какие типы роторов используются в турбо- и гидрогенераторах и почему?
3. Что называется угловой характеристикой синхронной машины и какое значение она имеет для оценки статической устойчивости машины при параллельной работе с сетью?
4. Что является обязательным условием преобразования энергии в синхронной машине?
5. При каких условиях синхронный двигатель представляет собой активно-емкостную нагрузку?

### **Практическое занятие 3**

#### **Решение типовой задачи по разделу «Машины постоянного тока»**

Цель работы: расчет механических характеристик машин постоянного тока.

#### Задача №1

Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения при напряжении питающей сети  $U = 220$  В:

1. Начертить электрическую схему с пусковым реостатом в цепи якоря и регулирующим реостатом в цепи возбуждения.
2. Определить величину сопротивления регулирующего реостата  $R_p$ , обеспечивающего ослабление магнитного потока до величины  $\Phi = 0,75 \Phi_{ном}$ .
3. Определить величину сопротивления пускового реостата при кратности пускового тока якоря  $K_I = I_n / I_{я ном}$ , заданной в табл. П.4.1.

4. Построить на одном графике естественную механическую характеристику и искусственную при  $\Phi' = 0,75\Phi_{\text{ном}}$  и  $R_n=0$  (воспользоваться данными табл. П.4.2).

5. Построить на одном графике естественную механическую характеристику и искусственную при  $\Phi_{\text{ном}}$  и введенном сопротивлении пускового реостата  $R_n$ .

Форма отчетности:

1. Схема замещения и расчет номинальных величин машины постоянного тока.
2. Механическая характеристика двигателя постоянного тока.
3. Показать расчеты по заданию.

Основная литература:

1. Вольдек, А. И. Электрические машины. Машины переменного тока: учебник для вузов / А. И. Вольдек, В. В. Попов. - Санкт-Петербург: Питер, 2008. - 350 с.

2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

Дополнительная литература:

1. Радин, В. И. Электрические машины: Асинхронные машины: [Учебник для вузов] / В. И. Радин, Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович. - М.: Высшая школа, 1988. - 327 с.: ил.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение дополнительных полюсов и компенсационной обмотки машины постоянного тока?

2. Какие условия нужно выполнить, чтобы произошло самовозбуждение генератора постоянного тока параллельного и последовательного возбуждения?

3. Для чего в цепи обмотки якоря при пуске двигателя необходимо включать дополнительные сопротивления?

4. Почему нельзя включать в сеть двигатель последовательного возбуждения без нагрузки? Каким при этом должно быть соединение двигателя с рабочим механизмом?

5. Назовите основные части машины постоянного тока и поясните их конструкцию.

## **9.2. Методические указания по выполнению курсовой работы**

Выполнение курсовой работы является важнейшей формой учебной работы и способствует закреплению и углублению знаний, полученных обучающимися на лекциях и практических занятиях, воспитывает навыки самостоятельной творческой работы и ведения инженерных расчетов.

Данные методические указания призваны помочь обучающимся выполнить расчет и выбрать тип электродвигательного устройства переменного тока для рабочего механизма, работающего в заданном режиме. Конкретные решения обучающийся принимает самостоятельно, основываясь на своих знаниях дисциплины.

В приложении даны все необходимые для выполнения работы справочные данные.

Методические указания по выполнению курсовой работы можно найти:

1. Сыровешкин, А. М. Электрические машины. Трансформаторы. Расчет и конструирование трансформаторов: учебное пособие / А. М. Сыровешкин. - Братск: БрГТУ, 2003. - 149 с.

2. Сыровешкин А. М. Электрические машины: учебное пособие / А. М. Сыровешкин, М. А. Федорова. – Братск: БрГУ, 2009. – 180 с.

3. Кацман М. М. Электрические машины: учебник / М. М. Кацман. – 8-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008. – 496 с.

## 10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

MATLAB Academic new Product Concurrent Licenses. Договор №31 (2592) от 16.12.2016 г., срок действия – бессрочно.

## 11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, Лк, ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Поточная аудитория	Меловая, маркерная доска	Лк 1-12
ЛР	Лаборатория моделирования и оптимизации управления	Персональные компьютеры	ЛР № 1-6
ПЗ	Лаборатория электрических машин	–	ПЗ № 1-3
КР	Поточная аудитория	Меловая, маркерная доска	–
СР	ЧЗЗ	–	–

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)**

<b>№ компетенции</b>	<b>Элемент компетенции</b>	<b>Раздел</b>	<b>Тема</b>	<b>ФОС</b>
<b>ОК-7</b>	Способность к самоорганизации и самообразованию	<b>1. Электро-механические устройства и системы</b>	<b>1.1. Электромеханические системы</b> <b>1.2. Электрические машины постоянного тока</b> <b>1.3. Электрические машины переменного тока</b> <b>1.4. Структурные схемы и параметры электромеханических систем</b>	Вопросы к экзамену 1.1-1.13
		<b>2. Математические модели электро-механических устройств и систем</b>	<b>2.1. Математическое описание электромеханических устройств</b> <b>2.2. Автоматизация получения математических моделей электромеханических устройств</b>	Вопросы к экзамену 2.1-2.15
<b>ОПК-4</b>	Готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации	<b>1. Электро-механические устройства и системы</b>	<b>1.1. Электромеханические системы</b> <b>1.2. Электрические машины постоянного тока</b> <b>1.3. Электрические машины переменного тока</b> <b>1.4. Структурные схемы и параметры электромеханических систем</b>	Вопросы к экзамену 1.1-1.13
<b>ПК-5</b>	Способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации и управления	<b>1. Электро-механические устройства и системы</b>	<b>1.1. Электромеханические системы</b> <b>1.2. Электрические машины постоянного тока</b> <b>1.3. Электрические машины переменного тока</b> <b>1.4. Структурные схемы и параметры электромеханических систем</b>	Вопросы к экзамену 1.1-1.13
		<b>2. Математические модели электро-механических устройств и систем</b>	<b>2.1. Математическое описание электромеханических устройств</b> <b>2.2. Автоматизация получения математических моделей электромеханических устройств</b>	Вопросы к экзамену 2.1-2.15
<b>ПК-6</b>	Способность производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства	<b>1. Электро-механические устройства и системы</b>	<b>1.1. Электромеханические системы</b> <b>1.2. Электрические машины постоянного тока</b> <b>1.3. Электрические машины переменного тока</b> <b>1.4. Структурные схемы и</b>	Вопросы к экзамену 1.1-1.13

	автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием		параметры электромеханических систем	
<b>ПК-7</b>	Способностью разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями	<b>1.</b> Электромеханические устройства и системы	<b>1.1.</b> Электромеханические системы <b>1.2.</b> Электрические машины постоянного тока <b>1.3.</b> Электрические машины переменного тока <b>1.4.</b> Структурные схемы и параметры электромеханических систем	Вопросы к экзамену 1.1-1.13
		<b>2.</b> Математические модели электромеханических устройств и систем	<b>2.1.</b> Математическое описание электромеханических устройств <b>2.2.</b> Автоматизация получения математических моделей электромеханических устройств	Вопросы к экзамену 2.1-2.15

## 2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОК-7	Способность к самоорганизации и самообразованию	<p><b>1.1.</b> Поясните классификацию электрических машин.</p> <p><b>1.2.</b> На каких законах основана работа электрических машин?</p> <p><b>1.3.</b> Асинхронный двигатель с фазным и короткозамкнутым ротором. Устройство, принцип действия, понятие скольжения.</p> <p><b>1.4.</b> Схема замещения асинхронного двигателя. Механические характеристики.</p> <p><b>1.5.</b> Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, способы регулирования частоты вращения ротора.</p> <p><b>1.6.</b> Конструкция и принцип действия явнополюсного синхронного генератора.</p> <p><b>1.7.</b> Устройство и назначение обмотки возбуждения, обмотки якоря и успокоительной (демпферной) обмотки в синхронном генераторе.</p> <p><b>1.8.</b> Устройство и принцип действия синхронного двигателя. Каковы преимущества и недостатки синхронного двигателя?</p> <p><b>1.9.</b> Принцип действия и устройство генератора постоянного тока.</p> <p><b>1.10.</b> Назначение обмотки последовательного возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением.</p>	1. Электромеханические устройства и системы

			<p><b>1.11</b> Назначение последовательной обмотки возбуждения в генераторе смешанного возбуждения.</p> <p><b>1.12.</b> Почему двигатели с последовательным возбуждением находят применение в тяговых установках?</p> <p><b>1.13.</b> Способы регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока.</p>	
			<p><b>2.1.</b> Устройство простейшей машины постоянного тока, режим двигателя и генератора;</p> <p><b>2.2.</b> Двигатели постоянного тока;</p> <p><b>2.3.</b> Физический принцип работы машин постоянного тока</p> <p><b>2.4.</b> Принцип работы и устройство синхронной машины;</p> <p><b>2.5.</b> Способы пуска синхронных машин;</p> <p><b>2.6.</b> Вентильный двигатель</p> <p><b>2.7.</b> Асинхронные машины, устройство и принцип действия;</p> <p><b>2.8.</b> Регулирование координат АМ, реостатное, полюсное, механические характеристики;</p> <p><b>2.9.</b> Регулирование скорости АМ частотное, изменением напряжения питания, изменением индуктивного сопротивления.</p> <p><b>2.10.</b> Автоматизация получения математических моделей на примере MathCAD;</p> <p><b>2.11.</b> Автоматизация получения электромагнитного момента для СДПМ;</p> <p><b>2.12.</b> Автоматизация получения уравнений равновесия для СДПМ.</p> <p><b>2.13.</b> Назначение блока Scope;</p> <p><b>2.14.</b> Назначение блока demux;</p> <p><b>2.15.</b> Параметры блока DC mashine.</p>	<p><b>2.</b> Математические модели электромеханических устройств и систем</p>
2	ОПК-4	<p>Готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации</p>	<p><b>1.1.</b> Поясните классификацию электрических машин.</p> <p><b>1.2.</b> На каких законах основана работа электрических машин?</p> <p><b>1.3.</b> Асинхронный двигатель с фазным и короткозамкнутым ротором. Устройство, принцип действия, понятие скольжения.</p> <p><b>1.4.</b> Схема замещения асинхронного двигателя. Механические характеристики.</p> <p><b>1.5.</b> Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, способы регулирования частоты вращения ротора.</p> <p><b>1.6.</b> Конструкция и принцип действия явнополюсного синхронного генератора.</p> <p><b>1.7.</b> Устройство и назначение обмотки возбуждения, обмотки якоря и успокоительной (демпферной) обмотки в синхронном генераторе.</p> <p><b>1.8.</b> Устройство и принцип действия синхронного двигателя. Каковы преимущества и недостатки синхронного двигателя?</p> <p><b>1.9.</b> Принцип действия и устройство генератора постоянного тока.</p>	<p><b>1.</b> Электромеханические устройства и системы</p>



			<p><b>1.10.</b> Назначение обмотки последовательного возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением.</p> <p><b>1.11</b> Назначение последовательной обмотки возбуждения в генераторе смешанного возбуждения.</p> <p><b>1.12.</b> Почему двигатели с последовательным возбуждением находят применение в тяговых установках?</p> <p><b>1.13.</b> Способы регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока.</p>	
3	ПК-5	Способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации и управления	<p><b>1.1.</b> Поясните классификацию электрических машин.</p> <p><b>1.2.</b> На каких законах основана работа электрических машин?</p> <p><b>1.3.</b> Асинхронный двигатель с фазным и короткозамкнутым ротором. Устройство, принцип действия, понятие скольжения.</p> <p><b>1.4.</b> Схема замещения асинхронного двигателя. Механические характеристики.</p> <p><b>1.5.</b> Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, способы регулирования частоты вращения ротора.</p> <p><b>1.6.</b> Конструкция и принцип действия явнополюсного синхронного генератора.</p> <p><b>1.7.</b> Устройство и назначение обмотки возбуждения, обмотки якоря и успокоительной (демпферной) обмотки в синхронном генераторе.</p> <p><b>1.8.</b> Устройство и принцип действия синхронного двигателя. Каковы преимущества и недостатки синхронного двигателя?</p> <p><b>1.9.</b> Принцип действия и устройство генератора постоянного тока.</p> <p><b>1.10.</b> Назначение обмотки последовательного возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением.</p> <p><b>1.11</b> Назначение последовательной обмотки возбуждения в генераторе смешанного возбуждения.</p> <p><b>1.12.</b> Почему двигатели с последовательным возбуждением находят применение в тяговых установках?</p> <p><b>1.13.</b> Способы регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока.</p>	<p><b>1.</b> Электромеханические устройства и системы</p>
			<p><b>2.1.</b> Устройство простейшей машины постоянного тока, режим двигателя и генератора;</p> <p><b>2.2.</b> Двигатели постоянного тока;</p> <p><b>2.3.</b> Физический принцип работы машин постоянного тока</p> <p><b>2.4.</b> Принцип работы и устройство синхронной машины;</p> <p><b>2.5.</b> Способы пуска синхронных машин;</p> <p><b>2.6.</b> Вентильный двигатель</p> <p><b>2.7.</b> Асинхронные машины, устройство и принцип действия;</p> <p><b>2.8.</b> Регулирование координат АМ, реостатное, полюсное, механические харак-</p>	<p><b>2.</b> Математические модели электромеханических устройств и систем</p>

			<p>теристики;</p> <p><b>2.9.</b> Регулирование скорости АМ частотное, изменением напряжения питания, изменением индуктивного сопротивления.</p> <p><b>2.10.</b> Автоматизация получения математических моделей на примере MathCAD;</p> <p><b>2.11.</b> Автоматизация получения электромагнитного момента для СДПМ;</p> <p><b>2.12.</b> Автоматизация получения уравнений равновесия для СДПМ.</p> <p><b>2.13.</b> Назначение блока Scope;</p> <p><b>2.14.</b> Назначение блока demux;</p> <p><b>2.15.</b> Параметры блока DC mashine.</p>	
4	<b>ПК-6</b>	Способность производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления в соответствии с техническим заданием	<p><b>1.1.</b> Поясните классификацию электрических машин.</p> <p><b>1.2.</b> На каких законах основана работа электрических машин?</p> <p><b>1.3.</b> Асинхронный двигатель с фазным и короткозамкнутым ротором. Устройство, принцип действия, понятие скольжения.</p> <p><b>1.4.</b> Схема замещения асинхронного двигателя. Механические характеристики.</p> <p><b>1.5.</b> Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, способы регулирования частоты вращения ротора.</p> <p><b>1.6.</b> Конструкция и принцип действия явнополюсного синхронного генератора.</p> <p><b>1.7.</b> Устройство и назначение обмотки возбуждения, обмотки якоря и успокоительной (демпферной) обмотки в синхронном генераторе.</p> <p><b>1.8.</b> Устройство и принцип действия синхронного двигателя. Каковы преимущества и недостатки синхронного двигателя?</p> <p><b>1.9.</b> Принцип действия и устройство генератора постоянного тока.</p> <p><b>1.10.</b> Назначение обмотки последовательного возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением.</p> <p><b>1.11.</b> Назначение последовательной обмотки возбуждения в генераторе смешанного возбуждения.</p> <p><b>1.12.</b> Почему двигатели с последовательным возбуждением находят применение в тяговых установках?</p> <p><b>1.13.</b> Способы регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока.</p>	<b>1.</b> Электромеханические устройства и системы
5	<b>ПК-7</b>	Способностью разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями	<p><b>1.1.</b> Поясните классификацию электрических машин.</p> <p><b>1.2.</b> На каких законах основана работа электрических машин?</p> <p><b>1.3.</b> Асинхронный двигатель с фазным и короткозамкнутым ротором. Устройство, принцип действия, понятие скольжения.</p> <p><b>1.4.</b> Схема замещения асинхронного двигателя. Механические характеристики.</p> <p><b>1.5.</b> Пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором, способы регу-</p>	<b>1.</b> Электромеханические устройства и системы

			<p>лирования частоты вращения ротора.</p> <p><b>1.6.</b> Конструкция и принцип действия явнополюсного синхронного генератора.</p> <p><b>1.7.</b> Устройство и назначение обмотки возбуждения, обмотки якоря и успокоительной (демпферной) обмотки в синхронном генераторе.</p> <p><b>1.8.</b> Устройство и принцип действия синхронного двигателя. Каковы преимущества и недостатки синхронного двигателя?</p> <p><b>1.9.</b> Принцип действия и устройство генератора постоянного тока.</p> <p><b>1.10.</b> Назначение обмотки последовательного возбуждения в генераторе со смешанным возбуждением.</p> <p><b>1.11.</b> Назначение последовательной обмотки возбуждения в генераторе смешанного возбуждения.</p> <p><b>1.12.</b> Почему двигатели с последовательным возбуждением находят применение в тяговых установках?</p> <p><b>1.13.</b> Способы регулирования скорости вращения двигателей постоянного тока.</p>	
			<p><b>2.1.</b> Устройство простейшей машины постоянного тока, режим двигателя и генератора;</p> <p><b>2.2.</b> Двигатели постоянного тока;</p> <p><b>2.3.</b> Физический принцип работы машин постоянного тока</p> <p><b>2.4.</b> Принцип работы и устройство синхронной машины;</p> <p><b>2.5.</b> Способы пуска синхронных машин;</p> <p><b>2.6.</b> Вентильный двигатель</p> <p><b>2.7.</b> Асинхронные машины, устройство и принцип действия;</p> <p><b>2.8.</b> Регулирование координат АМ, реостатное, полюсное, механические характеристики;</p> <p><b>2.9.</b> Регулирование скорости АМ частотное, изменением напряжения питания, изменением индуктивного сопротивления.</p> <p><b>2.10.</b> Автоматизация получения математических моделей на примере MathCAD;</p> <p><b>2.11.</b> Автоматизация получения электромагнитного момента для СДПМ;</p> <p><b>2.12.</b> Автоматизация получения уравнений равновесия для СДПМ.</p> <p><b>2.13.</b> Назначение блока Scope;</p> <p><b>2.14.</b> Назначение блока demux;</p> <p><b>2.15.</b> Параметры блока DC machine.</p>	<p><b>2.</b> Математические модели электромеханических устройств и систем</p>

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> <b>ОК-7:</b> – основные источники научно-технической информации в области разработки и применения технических средств автоматизации</p> <p><b>ОПК-4:</b> – тенденции и перспективы развития устройств автоматизации и управления, а также смежных областей науки и техники; проектировать устройства автоматизации и управления с учетом заданных требований</p> <p><b>ПК-5:</b> основные структуры, принципы типизации, унификации построения программно-технических комплексов (ПТК);</p> <p><b>ПК-6:</b> основы построения и архитектуры микропроцессоров, средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники</p> <p><b>ПК-7:</b> основы построения и архитектуры микропроцессоров, средства автоматизации, измерительной и вычислительной техники</p> <p><b>Уметь:</b> <b>ОК-7:</b> – самостоятельно разбираться в нормативных документах по созданию систем автоматизации и применять их для решения поставленной задачи.</p> <p><b>ОПК-4:</b> – проектировать устройства автоматизации и управления с учетом заданных требований</p> <p><b>ПК-5:</b> - представлять технические решения с использованием средств компьютерной графики и геометрического моделирования; - решать исследовательские и проектные задачи с использованием компьютера; - выполнять проект технического обеспечения систем управления на базе типовых ПТК</p> <p><b>ПК-6:</b> проводить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматизации</p>	<p><b>отлично</b></p>	<p>Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– всестороннее систематическое знание программного материала;</li> <li>– правильное выполнение практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– правильное применение основных положений программного материала.</li> </ul>
	<p><b>хорошо</b></p>	<p>Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– недостаточно полное знание программного материала;</li> <li>– выполнение с несущественными ошибками практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– применение с несущественными ошибками основных положений программного материала.</li> </ul>
	<p><b>удовлетворительно</b></p>	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– частичное знание программного материала;</li> <li>– частичное выполнение практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– частичное применение основных положений программного материала.</li> </ul>
	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– существенные пробелы в знании программного материала;</li> <li>– принципиальные ошибки при выполнении практических заданий, направленных на применение программного материала;</li> <li>– невозможность применения основных положений программного материала.</li> </ul>

<p><b>ПК-7:</b>  проводить обоснованный выбор и комплексирование средств компьютерной графики;  – разрабатывать принципиальные, структурные, функциональные, электрические схемы и проектировать типовые системы</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p><b>ОК-7:</b>  – готовностью к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции</p> <p><b>ОПК-4:</b>  – современными программными средствами моделирования и оптимального проектирования устройств автоматизации и управления различного функционального назначения</p> <p><b>ПК-5:</b>  - современными программными средствами подготовки конструкторско-технологической документации;  - навыками работы с современными аппаратными и программными средствами исследования и проектирования систем управления</p> <p><b>ПК-6:</b>  методами разработки алгоритмов и программ на ассемблере, современными интегрированными средами разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, проектирования систем</p> <p><b>ПК-7:</b>  навыками выбора аналогов и прототипов при проектировании систем автоматизации;  – навыками оформления проектной документации в соответствии с требованиями ЕСКД</p>		
---	--	--

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

Дисциплина Электромеханические системы направлена на ознакомление обучающихся с основами теории и эксплуатационными характеристиками электрических машин и трансформаторов, а также формирования прочной теоретической и практической базой знаний в области электромеханического и статического преобразования энергии, принципа действия основных видов электрических машин, трансформаторов и особенностей их применения.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- курсовую работу,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

С целью определения уровня овладения компетенциями, закрепленными за дисциплиной, в заданные преподавателем сроки проводится текущий контроль знаний, умений и навыков каждого обучающегося, выполнение курсовой работы и аттестация по итогам освоения дисциплины. Текущий контроль проводится на аудиторных занятиях с целью определения качества усвоения материала по окончании изучения очередной учебной темы в следующих формах: письменный опрос, курсовая работа, тестирование. Руководитель курсовой работы оценивает качество пояснительной записки, ответы на заданные вопросы.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

К экзамену допускаются студенты, которые выполнили и оформили все лабораторные работы и практические занятия.

По итогам выполнения лабораторных работ, практических занятий и курсовой работы преподаватель оценивает уровень знаний, умений, навыков. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, сформированных по итогам изучения дисциплины, представлено в разделе 3 Приложения 1 настоящей рабочей программы. Основными оценочными средствами при проведении промежуточной аттестации являются вопросы к экзамену.

**АННОТАЦИЯ**  
**рабочей программы дисциплины**  
**Электромеханические системы**

**1. Цель и задачи дисциплины**

Целью изучения дисциплины является получение компетенций, достаточных для решения задач автоматизированного проектирования электромеханических систем в части математического и программного обеспечения.

Объектом изучения является методология, технология и программные средства автоматизированного проектирования электромеханических систем. Предметом изучения является постановка задачи автоматизации проектирования электромеханических систем, создание моделей в математических пакетах, организация модельного эксперимента.

Задачей изучения дисциплины является приобретение и развитие знаний, умений и навыков для производственно-технологической, организационно-управленческой, проектной и научно-исследовательской деятельности.

**2. Структура дисциплины**

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: лекций – 24 часа, лабораторные работы – 12 часов, практические занятия- 12 часов, самостоятельная работа студента – 42 часов,

Общая трудоемкость дисциплины составляет 144 часа, 4 зачетных единицы.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Электромеханические устройства и системы
2. Математические модели электромеханических устройств и систем

**3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенции:

ОК-7 - способностью к самоорганизации и самообразованию

ОПК-4 - готовностью применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации

ПК-5 - способностью осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования систем и средств автоматизации и управления

ПК-6 - способностью производить расчеты и проектирование отдельных блоков и устройств систем автоматизации и управления и выбирать стандартные средства автоматики, измерительной и вычислительной техники для проектирования систем автоматизации и управления

ПК-7 - способностью разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями

**4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, КР**

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе  
на 20\_\_-20\_\_ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
*(разработчик)*

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
*(подпись)*

\_\_\_\_\_  
*(Ф.И.О.)*



Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах от «20» октября 2015 г. № 1171

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» 03.2017 г. № 125, заочной формы обучения от «06» 03.2017 г. № 125 для заочной формы (ускоренного обучения) от «04» 04.2017 г. №203.

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» 03.2018 г. № 130, заочной формы обучения от «12» 03.2018 г. № 130.

**Программу составил:**

Толубаев В.Н. доцент кафедры УТС \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры УТС

от 28 декабря 2018 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой УТС \_\_\_\_\_

Игнатьев И.В.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедрой \_\_\_\_\_

Игнатьев И.В.

Директор библиотеки \_\_\_\_\_

Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией ФЭиА факультета

от 28 декабря 2018 г, протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_

Ульянов А.Д.

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник

учебно-методического управления \_\_\_\_\_

Нежевец Г.П.