

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
 «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ИШЭ

Матвеев А.С.  
 « 25 » июня 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2019 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

<b>Электромеханические устройства и системы автономных объектов</b>			
Направление подготовки/ специальность	<b>13.04.02 Электроэнергетика и электротехника</b>		
Образовательная программа (направленность (профиль))	<b>Электромеханические системы автономных объектов и автоматизированный электропривод</b>		
Специализация	<b>Авиакосмическая электроэнергетика</b>		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	<b>1</b>	семестр	<b>1</b>
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	<b>6</b>		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	<b>16</b>	
	Практические занятия	<b>32</b>	
	Лабораторные занятия	<b>16</b>	
	ВСЕГО	<b>64</b>	
Самостоятельная работа, ч		<b>152</b>	
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)		<b>Курсовой проект</b>	
ИТОГО, ч		<b>216</b>	

Вид промежуточной аттестации	<b>Экзамен, диф.зачет</b>	Обеспечивающее подразделение	<b>ОЭЭ ИШЭ</b>
------------------------------	---------------------------	------------------------------	----------------

И.о. заведующего кафедрой - руководителя ОЭЭ на правах кафедры		Ивашутенко А.С.
Руководитель ООП		Гарганеев А.Г.
Преподаватель		Гарганеев А.Г.

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-1	Способен анализировать параметры и характеристики электрифицируемого узла летательного аппарата, как основы технического задания при проектировании изделий электрооборудования летательных аппаратов	И.ПК(У)-1.1	Осуществляет поиск научно-технической информации, анализирует параметры и характеристики электротехнических и электромеханических узлов систем электрооборудования летательных аппаратов	И.ПК(У)-1.1В1	Владеет навыками анализа устойчивости электротехнических и электромеханических систем
				И.ПК(У)-1.1У1	Умеет оценивать режимы работы электротехнических и электромеханических узлов и систем электрооборудования летательных аппаратов
				И.ПК(У)-1.1З1	Знает назначение, устройство и принципы действия устройств генерации и регулирования электроэнергии на летательных аппаратах
ПК(У)-4	Способен осуществлять техническое руководство разработкой электронного, электромеханического и электрокоммутиационного оборудования летательных аппаратов	И.ПК(У)-4.1	Осуществляет руководство группой разработчиков электронного, электромеханического и электрокоммутиационного оборудования летательных аппаратов	И-ПК(У)-4.1В1	Владеет общесистемными знаниями режимов работы полупроводниковых и электромеханических преобразователей энергии
				И-ПК(У)-4.1У1	Умеет использовать методы анализа режимов работы компонентов и устройств бортового электрооборудования летательных аппаратов
				И-ПК(У)-4.1З1	Знает основные способы управления электротехническими и электромеханическими системами и основные положения надежности технических систем

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Код	Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
	Наименование		
РД 1	Уметь анализировать режимы работы электромеханических систем постоянного и переменного тока.		И.ПК(У)-1.1.
РД 2	Объяснять принцип действия компонентов и устройств электромеханических и электротехнических систем автономных объектов		И.ПК(У)-1.1.
РД 3	Уметь проектировать электромеханические системы постоянного и переменного тока.		И.ПК(У)-4.1.

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел (модуль) 1. Электрические машины и электромеханические системы	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	38
Раздел (модуль) 2. Устройства силовой электроники в электромеханических и электротехнических системах	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	38
Раздел (модуль) 3. Функциональные и структурные схемы электромеханических систем постоянного и переменного тока	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	38
Раздел (модуль) 4. Системы электроснабжения переменного тока на базе полупроводниковых инверторов напряжения	РД1, РД2, РД3	Лекции	4
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	38

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Раздел 1. Электрические машины и электромеханические системы

В разделе рассматриваются: Общие вопросы теории электромеханических и электротехнических устройств и систем. Области применения электромеханических и электротехнических устройств и систем. Мехатронные системы. Обобщенная электрическая машина. Математические модели электромеханических преобразователей. Координаты в электромеханических и электротехнических системах. Прямое и обратное преобразование координат Кларка, Парка. Динамические звенья в электромеханических системах. Применение регуляторов (ПИД, ПИ, ПД).

##### Темы лекций

1. Общие вопросы теории электромеханических и электротехнических устройств и систем. Области применения электромеханических и электротехнических устройств и систем. Мехатронные системы. Обобщенная электрическая машина. Математические модели электромеханических преобразователей. Координаты в электромеханических и электротехнических системах.
2. Прямое и обратное преобразование координат Кларка, Парка. Динамические звенья в электромеханических системах. Применение регуляторов (ПИД, ПИ, ПД).

##### Практические занятия:

1. Расчет электрических машин по мощности. Ч1.
2. Расчет электрических машин по мощности. Ч2.
3. Расчет приведенных моментов, сил, масс, жесткостей. Ч1.
4. Расчет приведенных моментов, сил, масс, жесткостей. Расчет приведенных моментов инерции к валу двигателя. Ч2.

### **Лабораторные работы:**

1. Изучение динамических режимов асинхронного двигателя. Использование разновидностей математического описания асинхронной машины.
2. Изучение динамических режимов синхронного двигателя. Использование разновидностей математического описания синхронной машины.

## **Раздел 2. Устройства силовой электроники в электромеханических и электротехнических системах**

В разделе рассматриваются: Тиристорные коммутирующие и регулирующие устройства. Управляемые выпрямители. Активные выпрямители напряжения. Автономные инверторы напряжения и тока. Принципы построения устройств с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выходного напряжения. Скалярная и векторная ШИМ. Применение устройств силовой электроники для управления электрическими машинами постоянного и переменного тока.

### **Темы лекций**

1. Тиристорные коммутирующие и регулирующие устройства. Управляемые выпрямители. Активные выпрямители напряжения. Автономные инверторы напряжения и тока.
2. Принципы построения устройств с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) выходного напряжения. Скалярная и векторная ШИМ. Применение устройств силовой электроники для управления электрическими машинами постоянного и переменного тока.

### **Практические занятия:**

1. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя по паспортным данным.
2. Расчет естественных статических характеристик асинхронного двигателя.
3. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя при частотном регулировании скорости.
4. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя при частотном регулировании скорости и IR-компенсации.

### **Лабораторные работы:**

1. Изучение работы автономного инвертора напряжения с ШИМ.
2. Изучение работы управляемых выпрямителей.

## **Раздел 3. Функциональные и структурные схемы электромеханических систем постоянного и переменного тока**

В разделе рассматриваются: Управление электрическими машинами постоянного тока. Управление электрическими машинами переменного тока. Скалярное и векторное управление. Управление напряжением и частотой. Частотно-токовое управление. Прямое управление моментом. Системы бездатчикового управления электрическими машинами. Мехатронные системы генерирования электроэнергии на автономных объектах.

### **Темы лекций**

1. Управление электрическими машинами постоянного тока. Управление электрическими машинами переменного тока. Скалярное и векторное управление. Управление напряжением и частотой. Частотно-токовое управление.
2. Прямое управление моментом. Системы бездатчикового управления электрическими

машинами. Мехатронные системы генерирования электроэнергии на автономных объектах.

#### **Практические занятия:**

1. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя при частотном регулировании скорости и положительной обратной связи в каналах регулирования напряжения и частоты. Ч1.
2. Расчет статических характеристик асинхронного двигателя при частотном регулировании скорости и положительной обратной связи в каналах регулирования напряжения и частоты. Ч2.
3. Расчет переходных процессов пуска асинхронного двигателя прямым включением в сеть и составление модели в программной среде «MATLAB SIMULINK». Ч1.
4. Расчет переходных процессов пуска асинхронного двигателя прямым включением в сеть и составление модели в программной среде «MATLAB SIMULINK». Ч2.

#### **Лабораторные работы:**

1. Скалярное управление асинхронным электроприводом.
2. Векторное управление асинхронным электроприводом.

### **Раздел 4. Системы электроснабжения переменного тока на базе полупроводниковых инверторов напряжения**

В разделе рассматриваются: Структурные схемы полупроводниковых автономных систем генерирования электроэнергии на базе магнитоэлектрических и асинхронных машин.

#### **Темы лекций**

1. Системы электроснабжения на базе магнитоэлектрических машин.
2. Системы электроснабжения на базе асинхронных машин.

#### **Практические занятия:**

1. Расчет переходных процессов в асинхронном двигателе в скалярных системах регулирования и составление расчетных моделей в программной среде «MATLAB SIMULINK».
2. Расчет переходных процессов в асинхронном двигателе в векторных системах регулирования и составление расчетных моделей в программной среде «MATLAB SIMULINK».
3. Расчет переходных процессов в синхронном двигателе в скалярных системах регулирования и составление расчетных моделей в программной среде «MATLAB SIMULINK».
4. Расчет переходных процессов в синхронном двигателе в скалярных системах регулирования и составление расчетных моделей в программной среде «MATLAB SIMULINK».

#### **Лабораторные работы:**

1. Исследование мехатронной системы генерирования электроэнергии на базе магнитоэлектрического генератора.
2. Исследование мехатронной системы генерирования электроэнергии на базе асинхронного генератора.

#### **Тематика курсовых проектов**

1. Асинхронные электроприводы поворотных механизмов (различные исходные

данные).

2. Электроприводы переменного тока с фазовым регулированием скорости (различные исходные данные).

3. Асинхронные электроприводы вентиляторов систем кондиционирования воздуха (различные исходные данные).

4. Электроприводы переменного тока со скалярным управлением (различные исходные данные).

5. Электроприводы переменного тока с векторным управлением (различные исходные данные).

6. Асинхронные электроприводы топливных насосов (различные исходные данные).

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- работа над курсовым проектом;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;
- подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

Основная литература:

1. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учебное пособие / А.П. Лукинов. – СПб.: Лань, 2012. – 606 с.
2. Овчинников И.Е. Электромеханические и мехатронные системы. – М.: Корона-Век, 2013. – 397 с.
3. Лукутин, Б. В. Силовые преобразователи в электроснабжении: учебное пособие [Электронный ресурс] / Б. В. Лукутин, С. Г. Обухов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра электроснабжения промышленных предприятий (ЭПП). - 1 компьютерный файл (pdf; 1.7 MB). - Томск: Изд-во ТПУ, 2013. - Заглавие с титульного экрана. - Электронная версия печатной публикации. - Доступ из корпоративной сети ТПУ. - Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/m237.pdf> (контент).
4. Компоненты приводов мехатронных устройств : учебное пособие / С.В. Пономарев, А.Г. Дивин, Г.В. Мозгова, и др. ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2014. – 295 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277916> (дата обращения: 26.05.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1294-4. – Текст : электронный.
5. Курсовое проектирование по теории автоматического управления : учебное пособие [Электронный ресурс] / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; сост. Е. М. Яковлева , С. В. Замятин. - 1 компьютерный файл (pdf; 2.1 MB). - Томск: Изд-во ТПУ, 2010. - Заглавие с титульного экрана. - Электронная версия печатной публикации. - Доступ из корпоративной сети ТПУ. - Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2011/m187.pdf> (контент).

6. Чернышев, Александр Юрьевич. Электропривод переменного тока : учебное пособие [Электронный ресурс] / А. Ю. Чернышев, Ю. Н. Дементьев, И. А. Чернышев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). - 1 компьютерный файл (pdf; 2.02 MB). - Томск: Изд-во ТПУ, 2011. - Заглавие с титульного экрана. - Электронная версия печатной публикации. - Доступ из корпоративной сети ТПУ. - Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m70.pdf> (контент).
7. Калачев Ю.Н. Векторное управление (заметки практика). Схема доступа: [http://www.efo-power.ru/BROSHURES\\_CATALOGS/KALACHEV.pdf](http://www.efo-power.ru/BROSHURES_CATALOGS/KALACHEV.pdf).

#### Дополнительная литература

1. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин : учебник / И. П. Копылов. - 3-е изд., перераб. и доп.. - Москва: Высшая школа, 2001. - 327 с.: ил.. - Библиогр.: с. 319-320. - Предм. указ.: с. 320-324.. - ISBN 5-06-003861-0.
2. Липай Б. Р. Электромеханические системы : учебное пособие для вузов / Б. Р. Липай, А. Н. Соломин, П. А. Тыричев; под ред. С. И. Маслова. - Москва: Изд-во МЭИ, 2008. - 351 с.: ил.. - Библиогр.: с. 345-347.. - ISBN 978-5-383-00243-8.
3. Ковач, К. П.. Переходные процессы в машинах переменного тока : перевод с немецкого / К. П. Ковач, И. Рац; Под ред. А. И. Вольдека, Пер. А. А. Даргау, В. А. Щедровича. - Москва; Ленинград: Госэнергоиздат, 1963. - 744 с.: ил. + черт.. - Доп. тит. лист на английском языке. - Библиогр.: с. 735-738.
4. Калачёв, Ю. Н.. SimInTech: моделирование в электроприводе [Электронный ресурс] / Калачёв Ю. Н.. - Москва: ДМК Пресс, 2019. - 98 с.. - Книга из коллекции ДМК Пресс - Информатика.. - ISBN 978-5-97060-766-4. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/123713> (контент).

#### 6.2. Информационное и программное обеспечение

Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>

Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>

Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. MATLAB Classroom new Product From 100 Concurrent Licenses (per License)
2. Simulink Classroom new Product From 100 Concurrent Licenses (per License)
3. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic;
4. Document Foundation LibreOffice;
5. Cisco Webex Meetings\$
6. Zoom Zoom.

#### 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Лаборатория систем электроснабжения ЛА, функциональных систем ЛА - для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий. 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 116	Компьютеры – 8 шт.; теломонитор – 1 шт.; проектор, - 1 шт. экран – 1 шт., доска – 1-шт. лицензионные программы MatLab, MathCad., Ansys. лабораторные установки – Исследование характеристик солнечной батареи – 1 шт.; исследование характеристик гироскопических приборов – 3 шт. Исследование энергетических преобразователей ЛА - 4 шт.; беспилотный ЛА «Phantom» - 1 шт.; Исследование датчиков угловой скорости – 1 шт.; наглядные пособия (плакаты) элементов электрооборудования ЛА. Тепловизор Fluke- 1 шт. Источники питания лабораторные – 6 шт; Тахометр – 1 шт.  Комплект учебной мебели на 18 посадочных мест
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (компьютерный класс). 634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 126	Компьютер - 20 шт. Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; Design Science MathType 6.9 Lite; Google Chrome; MathWorks MATLAB Full Suite R2017b; Modus Модус демо-версия; PTC Mathcad 15 Academic Floating; Top Systems T-FLEX CAD Education; TOR Coop Elcut Student;

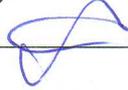
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электромеханические системы автономных объектов и автоматизированный электропривод» по специализации «Авиакосмическая электроэнергетика» направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Профессор ОЭЭ		Гарганеев А.Г.

Программа одобрена на заседании Отделения электроэнергетики и электротехники (протокол) от « 27 » июня 2019 г. №6).

И.о. заведующего кафедрой - руководителя ОЭЭ  
на правах кафедры

 / Ивашутенко А.С./

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭЭ протокол