

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИПЭ

Матвеев А.С.

« 25 » июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Системы электроснабжения летательных аппаратов

Направление подготовки/ специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Электромеханические системы автономных объектов и автоматизированный электропривод		
Специализация	Авиакосмическая электроэнергетика		
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	1	семестр	2
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		8
	Практические занятия		48
	Лабораторные занятия		24
	ВСЕГО		80
Самостоятельная работа, ч			136
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			Курсовой проект
ИТОГО, ч			216

Вид промежуточной
аттестации

**Экзамен,
диф.зачет**

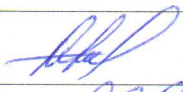
Обеспечивающее
подразделение

ОЭЭ ИШЭ

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

Руководитель ООП

Преподаватель

	Ивашутенко А.С.
	Гарганеев А.Г.
	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)-2	Способен технически поддерживать процесс разработки чертежей, схем и электронных моделей комплексов и систем бортового оборудования летательных аппаратов различного назначения	И.ПК(У)-2.2	Осуществляет проектную деятельность по разработке элементов и систем электротехнического и электромеханического бортового оборудования различного назначения в соответствии с техническим заданием	И-ПК(У)-2.2В1	Владеет методиками инженерного проектирования электрических машин и аппаратов
				И-ПК(У)-2.2У1	Умеет использовать нормативные документы и справочники при расчетах элементов и устройств в процессе проектирования систем и устройств электроснабжения летательных аппаратов
				И-ПК(У)-2.2З1	Знает общие стадии ведения разработки технологических процессов производства электрических машин и аппаратов для систем бортового электрооборудования

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:

Планируемые результаты обучения по дисциплине			Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование		
РД 1	Уметь формулировать задачи в области проектирования систем электроснабжения летательных аппаратов, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.		И.ПК(У)-1.1.
РД 2	Объяснение принципа действия компонентов и устройств генерации и регулирования электроэнергии на летательных аппаратах		И.ПК(У)-2.2.
РД3	Уметь проектировать компоненты и устройства генерации и регулирования электроэнергии на летательных аппаратах		И.ПК(У)-2.2.

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. Авиационные генераторы	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	34
Раздел (модуль) 2. Режимы работы авиационных генераторов и мехатронных систем ЛА	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	34
Раздел (модуль) 3. Системы передачи и распределения эл. энергии на ЛА	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	12
		Лабораторные занятия	12
		Самостоятельная работа	34
Раздел (модуль) 4. Статические источники тока ЛА	РД1, РД2, РД3	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	34

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Авиационные генераторы

В разделе рассматриваются темы: Системы электроснабжения ЛА и режимы их работы. Требования ГОСТ Р54073-2017. Авиационные генераторы. Приводы бортовых генераторов. Регуляторы напряжения авиационных генераторов. Системы защиты бортовых генераторов.

Темы лекций:

1. Системы электроснабжения ЛА и режимы их работы. Требования ГОСТ Р54073-2017. Авиационные генераторы. Приводы бортовых генераторов. Регуляторы напряжения авиационных генераторов. Системы защиты бортовых генераторов.

Темы практических занятий:

1. Принципы построения регуляторов напряжения бортовых генераторов постоянного тока.
2. Методика расчета релейных РН.
3. Методика расчета импульсных РН.
4. Генератор постоянного тока как объект системы автоматического регулирования.
5. Исследование динамики регулирования напряжения бортового генератора с регулятором непрерывного действия.
6. Исследование динамики регулирования напряжения бортового генератора с дискретным РН.

Названия лабораторных работ:

1. Изучение авиационного электромашинного преобразователя ПО – 750.

Раздел 2. Режимы работы авиационных генераторов и мехатронных систем ЛА

В разделе рассматривается: Параллельная работа бортовых генераторов. Структурные схемы перспективных СЭС на основе мехатронных систем с магнитоэлектрическими и асинхронными генераторами. Статические преобразователи электрической энергии на ЛА. Принципы управления автономных СЭС с использованием импульсно-модуляционных систем.

Темы лекций:

1. Параллельная работа бортовых генераторов. Структурные схемы перспективных СЭС на основе мехатронных систем с магнитоэлектрическими и асинхронными генераторами. Статические преобразователи электрической энергии на ЛА. Принципы управления автономных СЭС с использованием импульсно-модуляционных систем.

Темы практических занятий:

1. Бортовой СГ как объект САР напряжения.
2. Статическая устойчивость возбуждения генератора и ее влияние на работу регулятора напряжения.
3. Методы повышения устойчивости работы РН в бортовых СЭС.
4. Статическая устойчивость системы «генератор-привод».
5. Центральный корректор напряжения в бортовых СЭС.
6. Параллельная работа бортовых ГПТ. Метод дифференциально-токового выравнивания нагрузок параллельно работающих ГПТ.

Названия лабораторных работ:

1. Изучение комплекса АКПА-БФ для снятия характеристик солнечной батареи КА «Горизонт».

Раздел 3. Системы передачи и распределения электрической энергии на ЛА

В разделе рассматриваются: Системы передачи и распределения эл. энергии на ЛА. Системы защиты бортовых электрических сетей.

Темы лекций:

1. Системы передачи и распределения эл. энергии на ЛА. Системы защиты бортовых электрических сетей.

Темы практических занятий:

1. Защита бортовых ГПТ.
2. Особенности параллельной работы бортовых СГ.
3. Уравнители реактивной нагрузки при параллельной работе СГ.
4. Уравнители активной нагрузки при параллельной работе бортовых СГ.
5. Системы защиты бортовых СГ.
6. Бортовые преобразователи электрической энергии.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование СЭС с обратной связью на основе трехфазного автономного инвертора напряжения.
2. Исследование СЭС на основе схемы Скотта.
3. Исследование энергопреобразующей аппаратуры КА на основе понижающего преобразователя (разомкнутая система).
4. Исследование энергопреобразующей аппаратуры КА на основе понижающего

- преобразователя (замкнутая система).
- Исследование авиационного трансформатора.
 - Исследование разомкнутой СЭС на основе трехфазного автономного инвертора напряжения.

Раздел 4. Статические источники тока ЛА

В разделе рассматриваются: Химические источники тока на ЛА. Электрохимические генераторы (ЭХГ). Фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи). Термоэлектрические и термоэмиссионные генераторы электрической энергии. Магнитогидродинамические преобразователи и перспективы их применения на ЛА.

Темы лекций:

- Химические источники тока на ЛА. Электрохимические генераторы (ЭХГ). Фотоэлектрические преобразователи (солнечные батареи). Термоэлектрические и термоэмиссионные генераторы электрической энергии. Магнитогидродинамические преобразователи и перспективы их применения на ЛА.

Темы практических занятий:

- ФЭП в СЭС космических ЛА.
- Химические источники электроэнергии на ЛА.
- Термоэлектрогенераторы и термоэмиссионные генераторы в СЭС космических ЛА.
- Радиоизотопные источники электрической энергии.
- Магнитогидродинамические преобразователи и их перспективы использования на ЛА.
- Системы передачи и распределения электрической энергии на ЛА.

Названия лабораторных работ:

- Исследование СЭС самолета Ил-76. Система постоянного тока.
- Исследование СЭС самолета Ил-76. Система переменного тока.
- Исследование автономной СЭС с прогнозным управлением автономным инвертором напряжения. Ч1.
- Исследование автономной СЭС с прогнозным управлением автономным инвертором напряжения. Ч2.

Тематика курсовых проектов

- Разрядное устройство с повышенными энергетическими показателями для испытания бортовых АБ.
- Имитатор солнечной батареи с рекуперацией потребляемой эл. энергии в сеть.
- Зарядное устройство для заряда бортовых АБ асимметричным током (ряд тем для различных типов).
- Релейный регулятор напряжения для бортовых генераторов (ряд тем для типоразмеров).
- Импульсный регулятор напряжения для бортовых генераторов (ряд тем для типоразмеров).
- Регулятор переменного напряжения со звеном высокой частоты (ряд тем для типоразмеров).
- Бортовой 3-х фазный АИН по схеме Скотта.
- Расчёт и проектирование 2-х-тактного магнитного усилителя для регулятора напряжения бортового генератора ГТ40ПЧ6.
- Уравнитель активной нагрузки бортового генератора ГТ40ПЧ6 при параллельной работе.
- Центральный корректор напряжения в бортовой сети ЛА (ряд тем).
- Магнитоэлектрический генератор для ВСУ.

12. Асинхронный генератор для ВСУ.
13. Энергопреобразующая аппаратура КА (ряд тем).
14. Бортовая СЭС по структуре «переменная частота- постоянная частота».

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. Системы электроснабжения летательных аппаратов: учебник / под ред. С. П. Халютин. Москва: Изд-во ВУНЦ ВВС, 2010. 428 с.: ил.–Библиогр.: с. 419. Термины и определения: с. 420-424.–ISBN 978-5-903111-42-8.
2. Электрооборудование летательных аппаратов: учебник для вузов. Т 2. / под ред. С. А. Грузкова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. Т.2.: Элементы и системы электрооборудования – приемники электрической энергии. – 2008. – 552 с.: ил.

Дополнительная литература:

1. Электрооборудование летательных аппаратов учебник для вузов: в 2 т.: / под ред. С. А. Грузкова. –Москва : Издательский дом МЭИ, 2005. Т. 1 : Системы электроснабжения летательных аппаратов. – 2005.– 568 с.: ил.– Библиогр.: с. 561-563.– Предметный указатель: с. 564-568.–Список сокращений: с. 7-8.–ISBN 5-7046-1297-0.
2. Функциональные системы летательных аппаратов. Электрическое и электронное оборудование: учебное пособие / А. Г. Гарганеев [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).–Томск: Изд-во ТПУ, 2016.–240 с.: ил.– Библиогр.: с. 236-239.–ISBN 978-5-4387-0705-9.
3. Электронные устройства электрооборудования летательных аппаратов: учебное пособие / А. В. Аристов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. Ч. 1. – 2006. – 132 с.

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.; телемонитор – 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;

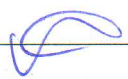
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы «Электромеханические системы автономных объектов и автоматизированный электропривод» по специализации «Авиакосмическая электроэнергетика» направления 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» (приема 2019 г., очная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