ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

РОСТОВСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ГА

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 13DE759CC81E7DCE9F325D44F50492B6
Владелец: Бобушев Сергей Алексеевич
Действителен: с 11.12.2023 до 05.03.2025

УТВЕРЖДАЮ
Зам. директора по НиМР
_____И.А. Сизько
«25» мая 2022г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине **Б1.ОД.29 Системы электроснабжения воздушных судов**
(*шифр и название дисциплины*)

Направление подготовки: 25.03.02 Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

Квалификация (степень): Бакалавр

Профиль подготовки: Техническое обслуживание и ремонт авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

Кафедра: Авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов

Курс обучения: 3

Форма обучения: заочная

Общий объём учебных часов на дисциплину	180	*часов*	5 *з.е.*
Семестр	5, 6		
Объём аудиторной нагрузки	20	*часов*	
Лекции	8	*часов*	
Практические занятия			
Лабораторные работы	12	*часов*	
Курсовая работа			
Контрольная работа	6	*семестр*	
Зачёт			
Дифференцированный зачёт			
Экзамен	6	*семестр*	
Объём самостоятельной работы студента	160	*часов*	

Ростов-на-Дону, 2022 г.

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

Цель освоения дисциплины. Изучение теории электроснабжения летательных аппаратов, принципам построения систем генерирования и распределения электрической энергии, анализу режимов их работы, особенностям конструктивного исполнения, а также практические навыки эксплуатации систем электроснабжения воздушных судов (ВС), необходимые для дальнейшего изучения и эксплуатации авиационной техники.

Задачи изучения дисциплины. Приобретение общепрофессиональных компетенций, направленных на *эксплуатационно-технологическую* и о*рганизационно-управленческую* профессиональную деятельность, к которым готовятся выпускники, освоившие программу бакалавриата.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины, наименование индикатора достижения, результаты обучения.

общепрофессиональные:

ОПК-3 - Способен применять теорию технической эксплуатации и основы конструкции и систем воздушных судов; электрических и электронных источников питания; приборного оборудования и систем индикации воздушных судов; систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования.

ИД-8$_{\text{опк-3}}$ исследовать объекты и процессы эксплуатации АЭС на основе профессиональных базовых знаний.

Результаты обучения:

знать:

ОПК-3.1.28 - теоретические положения, лежащие в основе принципов действия систем электроснабжения ВС как объектов процессов технической эксплуатации;

уметь:

ОПК-3.2.19 - исследовать объекты и процессы технической эксплуатации систем электроснабжения ВС;

владеть:

ОПК-3.3.11 - навыками исследования АЭС в процессах технической эксплуатации;

ИД-14$_{опк-3}$ анализировать работу функциональных систем, авиадвигателей ВС и АЭСиПНК в целях проведения контроля, диагностирования технического состояния.

Результаты обучения:

знать:

ОПК-3.1.52 - назначение, принцип действия, устройство и работу систем электроснабжения ВС;

уметь:

ОПК-3.2.41 - осуществлять контроль, диагностирование и прогнозирование технического состояния систем электроснабжения ВС;

владеть:

ОПК-3.3.18 - навыками анализа работы функциональных систем, авиадвигателей ВС и АЭСиПНК в целях проведения контроля, диагностирования технического состояния.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина ***Системы электроснабжения воздушных судов*** относится к учебным дисциплинам обязательной части учебного плана образовательной программы направления подготовки 25.03.02 Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, квалификация (степень) – бакалавр.

Для успешного освоения данной дисциплины обучающийся должен владеть знаниями, умениями и навыками, сформированными по дисциплинам:

Б1.ОД.10 Высшая математика;
Б1.ОД.12 Физика;
Б1.ОД.13 Электротехника;
Б1.ОД.14 Основы электроники;
Б1.ОД.15 Авиационные электрические машины;
Б1.ОД.20 Электрорадиоизмерения;
Б1.ОД.24 Автоматика и управление;
Б1.ОД.25 Моделирование систем и процессов;
Б1.ОД.36 Теория электромагнитного поля4
Б1.ОД.38 Введение в профессию.

в частности:

знать:

- основные понятия и методы математического анализа;
- фундаментальные физические законы, описывающие процессы и явления в природе;
- основные законы электротехники;
- элементную базу современных электронных устройств;
- принципы работы устройств аналоговой и цифровой схемотехники;
- основы автоматики и управления;
- принцип действия и устройство и характеристики авиационных машин и аппаратов;

уметь:

- применять методы высшей математики в рамках дисциплины и при решении профессиональных задач;
- применять физические законы для объяснения функционирования механизмов, явлений природы;
- рассчитывать электрические и магнитные цепи в установившихся и переходных режимах;
- исследовать замкнутые системы автоматического управления;
- рассчитывать простейшие электронные устройства;
- моделировать электрические машины;

владеть:

- навыками применения физических законов для проведения оценок значений параметров физических систем;
- аппаратом и методами теории автоматического управления;
- методами оценки качества устройств автоматики и автоматического управления;
- методами чтения и выполнения чертежей и электрических схем изделий;
- аппаратом и методами моделирования систем и процессов.

Освоение дисциплины **Системы электроснабжения воздушных судов** необходимо для последующих дисциплин:

Б1.ОД.30 Электрифицированное оборудование воздушных судов;

Б1.ВД.М.1.2 Авиационные электросистемы самолетов;

Б1.ВД.М.2.2 Авиационные электросистемы вертолетов.

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет ___5__ зачетных единиц, _180__ часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля
			Л	Пр	Лаб	СРС	
1	**РАЗДЕЛ 1. Системы генерирования и преобразования электроэнергии.**	**5,6**	**6**		**8**	**94**	
2	Тема1.1.Введение. Основные понятия. Структуры СЭС. Электрический самолет.	5	2			10	
3	Тема 1.2. Химические источники электрической энергии.	5				14	
4	Тема 1.3. Регулирование частоты тока синхронных генераторов.	5	2			10	
5	Тема 1.4. Регулирование напряжения авиационных генераторов.	5,6			4	18	Защита отчета по лабораторной работе №1
6	Тема 1.5. Автоматизация распределения нагрузок при параллельной работе генераторов	6				12	
7	Тема 1.6. Преобразователи рода тока.	5,6	2		4	30	Защита отчета по лабораторной работе №2
8	**РАЗДЕЛ 2. Система распределения электрической энергии. Автоматизация управления каналами генерирования.**	**5,6**	**2**		**4**	**66**	
9	Тема 2.1. Системы распределения электрической энергии.		2			20	
10	Тема 2.2. Автоматизация управления каналами генерирования.				4	14	Защита отчета по лабораторной работе №3
11	Тема 2.3. Защиты систем электроснабжения.					12	
12	**Контрольная работа**	6				***20***	Защита контрольной работы
12	**Форма промежуточной аттестации** – ***экзамен***	6					
13	**ИТОГО:**		**8**		**12**	**160**	

Матрица соотнесения тем/разделов учебной дисциплины и формируемых в них универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций

Разделы дисциплины, темы (наименования)	*Колич. часов*	*Компетенции (знания, умения, навыки)*						
		ОПК-3.1.28	ОПК-3.1.52	ОПК-3.2.19	ОПК-3.2.41	ОПК-3.3.11	ОПК-3.3.18	*Σ общее количество компетенций*
РАЗДЕЛ 1. Системы генерирования и преобразования электроэнергии	**108**	+	+	+	+	+	+	1
Тема1.1.Введение. Основные понятия. Структуры СЭС. Электрический самолет.	10	+						1
Тема 1.2. Химические источники электрической энергии.	16	+						1
Тема 1.3. Регулирование частоты тока синхронных генераторов.	12	+	+					1
Тема 1.4. Регулирование напряжения авиационных генераторов.	22	+	+	+			+	1
Тема 1.5. Автоматизация распределения нагрузок при параллельной работе генераторов	12	+			+			1
Тема 1.6. Преобразователи рода тока.	36	+	+			+	+	1
РАЗДЕЛ 2 Система распределения электрической энергии. Автоматизация управления каналами генерирования	**72**	+	+	+		+	+	1
Тема 2.1. Системы распределения электрической энергии.	20	+	+					1
Тема 2.2. Автоматизация управления каналами генерирования.	20						+	1
Тема 2.3. Защиты систем электроснабжения.	12	+					+	1
Контрольная работа	**20**		+	+		+		1
Итого:	**180**							**1**

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

РАЗДЕЛ 1. СИСТЕМЫ ГЕНЕРИРОВАНИЯ И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ (108 часа)

Лекция 1 (2 часа).

Тема 1.1 Введение. Основные понятия. Структуры СЭС. Электрический самолет. Тема 1.2. Химические источники электрической энергии

Основные понятия и определения курса. Гост Р54073-2017, типы систем электроснабжения самолетов (СЭС), структуры СЭС. Полностью электрический самолет (ПЭС), концепция, преимущества, проблемы.

Основные характеристики химических источников тока (ХИТ). Назначение, электрохимические системы, электрические характеристики: ЭДС, напряжение, внутреннее сопротивление, емкость, саморазряд, удельные характеристики. Топливные элементы.

Литература: [осн: 1, 2].

Самостоятельная работа студента (24 часа). Проработка теоретического материала лекции, Темы для самостоятельного изучения: Типы СЭС современных самолетов. Гибридные СЭС. Взлетная масса СЭС.

Свинцовые аккумуляторные батареи (АБ): конструкция, характеристики. Особенности эксплуатации. Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи. Устройство, электрические характеристики. Особенности эксплуатации. Тепловой разгон АБ. Серебряно-цинковые АБ. Бортовые устройства для заряда АБ. Литий-ионные аккумуляторы, характеристики, особенности заряда, балансировка. Сравнение ХИТ различных систем. Типы топливных элементов: щелочные, твердооксидные, с протонобменной мембраной. Устройство, электрические характеристики. Особенности эксплуатации. Применение ТЭ в авиации.

Литература: [осн: 1,2, учебно-методическая 1-5].

Лекция 2 (2 часа).

Тема 1.3. Регулирование частоты тока синхронных генераторов. Тема 1.4. Регулирование напряжения авиационных генераторов.

Привод авиационных генераторов. Классификация приводов. Принцип действия и характеристики пневмомеханических приводов. Принцип действия и уравнение механической характеристики гидромеханического привода, особенности интегральных приводов.

Гост Р54073-2017, требования к точности поддержания напряжения. Типы регуляторов напряжения. Измерительные органы регуляторов напряжения и схемы их включения. Транзисторные регуляторы напряжения.

Литература: [осн: 1, 2].

Самостоятельная работа студента (28 часов). Проработка теоретического материала лекции. Темы для самостоятельного изучения: Непосредственный

привод генераторов от авиадвигателей. Кинематическая схема подключения стартер-генератора, Недостатки пневомеханических приводов. Регулирование угловой скорости и частоты тока синхронных генераторов. Требования к точности стабилизации частоты. Уравнение регулятора угловой скорости. Уравнение корректора частоты. Статика и динамика процессов регулирования частоты. Уравнение привода как объекта регулирования частоты. Структурная схема регулирования частоты. Устойчивость и качество процессов регулирования частоты.

Регулятор напряжения на магнитных усилителях (БРН-208), схема подключения к генератору серии ГТ, принцип действия, передаточная функция. Тиристорный регулятор напряжения (БРН-120): принцип действия. Регулятор РНТ-115. Принцип действия и основные соотношения угольного регулятора напряжения. Цифровые регуляторы напряжения. Структурная схема. Анализ основных характеристик: частота квантования АЦП, допустимое запаздывание цифрового регулятора, оценка разрядности АЦП.

подготовка к лабораторной работе №1

Литература: [осн: 1,2, учебно-методическая 1-5].

Лабораторная работа №1 (4 часа). Изучение и исследование систем регулирования напряжения авиационных генераторов. Непрерывные регуляторы.

Литература: [осн: 1,2, учебно-методическая 1-5].

Тема 1.5. Автоматизация распределения нагрузок при параллельной работе генераторов

Самостоятельная работа студента (12 часов). Темы для самостоятельного изучения: Требования по точности распределения нагрузок между генераторами при параллельной работе. Методы распределения нагрузок: метод мнимого статизма, статических характеристик. Включение уравнительных обмоток генераторов постоянного тока. Влияние не идентичности агрегатов и параметров сети на равномерность распределения нагрузок при параллельной работе генераторов. Параллельная работа синхронных генераторов (СГ). Активная и реактивная мощности генератора, угловые характеристики. Перевод активной и реактивной мощностей, U-образные характеристики синхронной машины. Структурная схема параллельной работы двух СГ. Автоматизация включения генераторов на параллельную работу. Пассивные и активные синхронизаторы. Датчики активных и реактивных токов генераторов. Схемы включения уравнительных цепей регуляторов напряжения и частоты.

Литература: [осн: 2].

Лекция 3 (2 часа).

Тема 1.6. Преобразователи рода тока

Статические преобразователи постоянного тока в переменный, типы, структурная схема. Инвертор: работа, улучшение формы кривой выходного напряжения, шим модуляция. Двухтактный конвертор, принцип действия,

основные соотношения. Регулирование напряжения в статических преобразователях. Схема Скотта. Трехфазный мостовой инвертор: схема, работа с длительностью управляющих импульсов 180 и 120 градусов Многоуровневые инверторы.

Литература: [осн: 1, 2].

Самостоятельная работа студента (30 часа). Изучение материалов лекции. Темы для самостоятельного изучения: Статические преобразователи переменного тока в постоянный. Схемы однофазных и трехфазных выпрямителей, их основные показатели. Параллельное включение выпрямителей, схемы авиационных ВУ. Работа трансформаторно-выпрямительных блоков под нагрузкой. Автотрансформаторные ВУ. Способы стабилизации напряжения выпрямителей.

Трехфазный преобразователь на трех инверторах. Стабилизаторы вторичных источников электропитания. Непрерывные стабилизаторы постоянного тока. Импульсные стабилизаторы без гальванической развязки: стабилизаторы понижающего (повышающего) типов, принцип действия, основные соотношения. Многофазные стабилизаторы. Обратноходовой преобразователь.

Статические преобразователи переменного тока нестабильной частоты в переменный ток стабильной частоты. Типы преобразователей. Способы искусственной коммутации тиристоров. Преобразователи частоты с промежуточным звеном постоянного тока. Преобразователи частоты циклоконверторного типа. Схемы, временные диаграммы, законы регулирования. Пример построения авиационного преобразователя.

Подготовка к лабораторной работе №2.

Литература: [осн: 1, 2].

Лабораторная работа №2 (4 часа). Изучение однофазных и трехфазных мостовых инверторов.

Литература: [осн: 1,2, учебно-методическая 3].

РАЗДЕЛ 2. СИСТЕМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ. АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КАНАЛАМИ ГЕНЕРИРОВАНИЯ (72 часов)

Лекция 4 (2 часа).

Тема 2.1. Системы распределения электрической энергии. Тема 2.2. Автоматизация управления каналами генерирования. Тема 2.3. Защиты систем электроснабжения.

Состав системы распределения. Падение и потеря напряжения в сети. Коммутационная и защитная аппаратура электрических сетей.

Системы распределения современных самолетов. Бесконтактные аппараты защиты и коммутации (БАЗК): функции, устройство, характеристики. Ключи переменного тока. Смарт контакторы (ELCU).

Управление источниками электроэнергии постоянного тока: ДМР АЗУ. Управление вторичной системой электроснабжения (блок БЗУВУ). Блок БКНА: функции, логические уравнения

Виды ненормальных режимов в системах электроснабжения. Требования, предъявляемые к защите. Виды защит. Защита от повышения и понижения напряжения. Структурная схема защит от повышения (понижения) напряжения. Дифференциальные токовые защиты энергоузлов.

Самостоятельная работа студента (46 часов). Изучение материалов лекции.
Темы для самостоятельного изучения: Состав системы распределения. Классификация электрических сетей. Самолетные провода. Расчет электрической сети по критерию минимальной массы проводникового материала. Аппаратура максимально-токовых защит, ампер-секундные характеристики плавких предохранителей и тепловых автоматов защиты. Локальные центры управления нагрузками: устройство, функции. Алгоритмы управления нагрузками.

Управление каналом генерирования переменного тока, логические уравнения включения возбуждения и контактора нагрузки. Подключение наземных источников к бортсети.

Ударные и установившиеся токи КЗ в системах постоянного тока и их расчет. Короткие замыкания синхронных генераторов. Автоматы защиты от перенапряжения в системах электроснабжения постоянного тока. Защита от повышения и понижения частоты. Структурная схема защиты от повышения (понижения) частоты. Логические уравнения защит и их дискриминаторов. Формирователи сигналов f↑, f↓. Защита по небалансу полного тока. Защита от обрыва фаз и несимметрии фазных напряжений.
Подготовка к лабораторной работе №3.

Литература: [осн: 1,2].

Лабораторная работа №3 (4 часа). Изучение первичной системы электроснабжения самолета ТУ-154.

Литература: [осн: 1,2, учебно-методическая 1].

Контрольная работа (20часов)
Задания к контрольной работе:

Задача 1

Система стабилизации частоты канала генерирования самолета включает в свой состав: привод постоянной частоты ППО40 с встроенным регулятором частоты, корректор частоты, синхронный генератор ГТ40ПЧ6. По заданным параметрам выполнить:

а) построить границу области устойчивости системы регулирования частоты одиночно работающего агрегата ППО40 в координатах:

Y - коэффициент усиления центробежно-гидравлического регулятора частоты (Kν), X - постоянная времени корректора частоты (T_ξ);

б) в области устойчивости выбрать произвольную точку и построить переходный процесс при единичном ступенчатом воздействии;

в) построить структурную схему системы регулирования частоты.

Задача 2

Рассчитать электрическую сеть постоянного тока напряжением 28,5В.

Допустимая потеря напряжения для концов всех участков сети равна 2В.

Расчет выполнить по критерию минимальной массы проводникового материала. Материал проводов медь.

Литература: [осн: 1,2, учебно-методическая 6].

Для выполнения контрольной работы следует повторить темы:

Регулирование угловой скорости и частоты тока синхронных генераторов. Требования к точности стабилизации частоты. Уравнение регулятора угловой скорости. Уравнение корректора частоты. Статика и динамика процессов регулирования частоты. Уравнение привода как объекта регулирования частоты. Структурная схема регулирования частоты. Устойчивость и качество процессов регулирования частоты.

Расчет электрической сети по критерию минимальной массы проводникового материала.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине ***Системы электроснабжения воздушных судов*** представлено учебниками, учебно-методическими пособиями, дополнительной литературой: Литература: [осн: 1-2, учебно-методическая 1-6, дополнительная 1,2].

Самостоятельная работа со студентами заочной формы обучения методически организуется таким образом, чтобы компенсировать отсутствие контакта с преподавателем. Набор заданий, перечень контрольных вопросов должны обеспечивать возможность индивидуального выбора и определения объема материала, необходимого для достижения учебной цели. Задания, предназначенные для самостоятельной работы, должны носить активный и творческий характер, стимулировать поиск самостоятельных решений. Овладение приемами самостоятельной работы является обязательным условием развития навыков самообразования.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине ***Системы электроснабжения воздушных судов*** способствует более глубокому усвоению

изучаемого курса, ориентирует студента на умение применять полученные теоретические знания на практике и проводится в следующих видах:

- проработка лекционного материала;
- подготовка к выполнению и защите лабораторных работ;
- защита контрольной работы;
- подготовка к экзамену.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

6.1 Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль является формой системы контроля результатов усвоения обучаемыми дисциплины Системы электроснабжения на основании промежуточных форм отчетности.

Целью текущего контроля успеваемости является качественное освоение дисциплины в течение учебного семестра, повышение уровня текущей успеваемости и активизация самостоятельной деятельности студентов.

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования

Форма текущего контроля	Типовые контрольные вопросы	Критерии оценивания
Защита отчета по лабораторной работе №1. Изучение и исследование систем регулирования напряжения авиационных генераторов. Непрерывные регуляторы	1. От каких факторов зависит статическая ошибка регулирования? 2. Что такое уставка регулятора? 3. Как классифицируются регуляторы напряжения? 4. Объясните метод фазоимпульсного регулирования. 5. Какой режим работы генератора обеспечивает наибольший запас устойчивости системы регулирования напряжения? 6. Что такое реверс в РН и в чем его достоинства? 7) Как зависит устойчивость системы регулирования напряжения от постоянных времени возбудителя, генератора?	«Защищено» ставится студенту при выполнении ЛР при выполнении следующих условий: - отчет соответствует требованиям, изложенным в Пособии по выполнению лабораторных работ; - студент владеет теоретическими знаниями по теме лабораторной работы; - в полном объеме выполнена экспериментальная часть работы; - проведена расчетная часть по итогам проведения эксперимента; - даны исчерпывающие ответы на вопросы при защите лабораторной
Защита отчета по лабораторной работе №2. Изучение однофазных и трехфазных мостовых инверторов	1.Для чего вводится «пауза на нуле» в однофазных преобразователях? 2.Как оценивается степень синусоидальности выходного напряжения преобразователя?	

	3.Перечислите способы снижения гармоник на выходе преобразователя. 4.В чем особенность многоуровневых преобразователей? 5. В чем особенность работы преобразователей на активно-индуктивную нагрузку? 6. Для чего транзисторы инверторов шунтируются диодами?	работы. Оценка «не защищено» ставится, когда полностью или частично не выполнены условия для защиты.
Защита отчета по лабораторной работе №3. Изучение первичной системы электроснабжения самолета ТУ-154.	1. Возможна ли длительная работа генератора при напряжении на его зажимах 190 В? 2. Каково назначение стабилизирующего трансформатора в БРН? 3. Почему магнитные усилители в БРН и измерительные цепи в БРЧ получают питание от подвозбудителя генератора? 4. Какой элемент БЗУ производит аварийное отключение генератора и что при этом отключается? 5. На что воздействует исполнительный орган регулятора частоты? 6. Предусмотрена ли совместная работа трех генераторов ГТ40ПЧ6 и генератора переменного тока ВСУ? 7. Будет ли получать питание шина навигационных потребителей при отказе генераторов 1 и 2?	
Защита контрольной работы (КР).	1. Поясните структурную схему стабилизации частоты авиационного генератора. 2.Обясните как строится кривая границы устойчивости системы. 3. Как влияет увеличение постоянной привода, регулятора на запас устойчивости системы? 4. Чему равна статическая ошибка по частоте в системе с корректором частоты? 5.Сформулируйте условия расчета электрической сети по критерию минимальной массы.	«Защищено» ставится студенту при выполнении следующих условий: - КР соответствует требованиям, и заданию изложенным в Пособии по выполнению КР; - в полном объеме выполнена расчетная часть работы; - студент владеет теоретическими знаниями по теме КР; - даны исчерпывающие ответы на вопросы при защите КР. Оценка «не защищено» ставится, когда полностью

		или частично не выполнены условия для защиты.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Текущий контроль осуществляется в форме учета выполненных лабораторных работ, защиты отчетов по лабораторным работам, защиты контрольной работы.

Обучающиеся готовятся к текущей аттестации на базе предварительно выданных им вопросов (заданий) из соответствующего раздела программы, пользуясь методической и учебной литературой.

Учет выполнения и защит лабораторных работ реализуется в ходе лабораторных занятий по расписанию и фиксируется в Журнале лабораторных работ.

Повторная сдача лабораторных работ также проводится во время, выделяемое для консультаций.

Студент заочной формы обучения выполняет контрольную работу, состоящую из двух задач. Задачи, входящие в состав контрольной работы, порядок их решения и оформления приведены в Пособии по выполнению контрольной работы. При выполнении контрольной работы необходимо придерживаться следующих рекомендаций:

1. Студент обязан выбрать исходные данные для решения задач контрольных работ из соответствующих таблиц Пособия. Исходной информацией является номер зачетной книжки студента. Работы, выполненные с нарушением данного указания, не рассматриваются.

2. Не следует приступать к выполнению контрольной работы, не изучив соответствующего раздела дисциплины и примеры решения задач, изложенные в Пособии. Несамостоятельно выполненное работы не дает возможности преподавателю - рецензенту вовремя заметить недостатки в работе студента. В результате студент не приобретает необходимых знаний и оказывается неподготовленным к промежуточному контролю.

3. Выполнение и оформление контрольной работы должно осуществляться в строгом соответствии с методическими указаниями.

4. Решение должно сопровождаться краткими, последовательными, без сокращения слов объяснениями.

Выполненная контрольная работа в установленные сроки сдается ведущему преподавателю на проверку. В случае ошибок в расчетах или некачественных выводов КР возвращается для устранения недостатков. Защита КР проводится по решению ведущего преподавателя в устной форме во время часов консультаций по дисциплине.

При отрицательных результатах текущего контроля обучающийся не допускается к промежуточной аттестации.

Оценка социальных характеристик студента рассматривается как неотъемлемый элемент учебно-воспитательного процесса. В число необходимых для включения в оценку параметров входят:

- посещаемость занятий;
- активность на занятиях;
- соблюдение Устава МГТУ ГА;
- уважительное и корректное отношение к преподавателям.

Ответственный текущий контроль проводится при индивидуальном собеседовании со студентами.

Выполнение заданий контрольной работы и лабораторных работ является необходимым для формирования ряда навыков и умений практически всех компетенций данной дисциплины.

6.2 Промежуточная аттестация

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций по дисциплине

Промежуточная аттестации проводится в форме письменного ***экзамена*** по ***билетам***, состоящим из 3 вопросов, включающих 2 теоретических вопроса и 1 задачу (задание), определяющих сформированность компетенции ОПК-3.

Системы электроснабжения воздушных судов

Типовые контрольные вопросы	**Критерии оценивания**
ОПК-3 - *Способен применять теорию технической эксплуатации и основы конструкции и систем воздушных судов; электрических и электронных источников питания; приборного оборудования и систем индикации воздушных судов; систем управления воздушным судном и бортовых систем навигационного и связного оборудования.* 1.Основные требования к СЭС, понятие стартовой массы. 2.Статические преобразователи переменного тока в переменный ток, стабилизация частоты и напряжения. 3.Основные характеристики химических источников тока. 4.Защита от небаланса полного тока. 5. Напишите электрохимические системы свинцового и никель-кадмиевого аккумуляторов и укажите значения Э.Д.С. этих систем и плотность электролита.	При оценивании результатов освоения формируемой компетенции ***ОПК-3*** используется 4-х балльная система, при которой оценка **«отлично»** выставляется при следующих условиях: - даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные в экзаменационном билете; -правильно решены задачи и показано умение грамотно применять полученные теоретические знания в практических целях; -продемонстрировано знание принципов действия, конструкции и работы рассматриваемых устройств; - на примерах рассматриваемых вопросов показано умение исследовать объекты систем электроснабжения, контролировать и прогнозировать их состояние; -показано владение навыками исследования и анализа возможных отказов систем электроснабжения;

6.Защита от повышения (понижения) частоты в СЭС переменного тока. 7.Классификация приводов постоянной частоты вращения. 8.Защита от повышения (понижения) напряжения в СЭС переменного тока. 9.Принцип действия и основные характеристики пневмомеханических приводов. 10.Измерительные органы регуляторов напряжения. 11.Принцип действия и основные характеристики гидромеханических приводов. 12.Динамика и статика процессов регулирования частоты вращения генераторов переменного тока. 13.Продольная дифференциальная защита. 14.Регуляторы частоты вращения ППЧВ (грубый канал). 15.Принцип действия ДМР, АЗУ. 16.Принцип действия АЗП. 17.Корректоры частоты вращения ППЧВ (точный канал). 18.Аппараты защиты систем распределения эл. энергии: плавкие предохранители, тепловые автоматы защиты. 19.Бесконтактные коммутационные аппараты (БАЗК). 20.Транзисторный регулятор напряжения. 21.Классификация самолетных электрических сетей. Основные элементы систем распределения эл. энергии. 22. Напряжение на нагрузке при открытом транзисторе конвертора равно $U=U_п+2U_п$, при закрытом - $U_п$. Определить среднее значение напряжения на нагрузке при q=0.5 (коэффициент заполнения импульса), $U_п$=27 В. 23. Нарисуйте принципиальную схему и векторную диаграмму для трехфазного преобразователя, выполненного по схеме Скотта. 24. Токи параллельно работающих генераторов равны 100А и 120А. Определите поперечный ток. 25. Выражение для активной мощности явнополюсного генератора имеет вид: $P = mUc\left[\frac{E\,q\sin(\delta)}{Xd+Xq} + \frac{Uc}{2}\left(\frac{1}{Xd+Xc} - \frac{1}{Xq+Xc}\right)\sin(2\delta)\right]$. Найти для неявнополюсного генератора: синхронизирующую мощность; электромагнитный момент, создаваемый потоком возбуждения; реактивный момент. Дано: U_c = 120 В, E_q =220 В, X_d=l,8 Ом, X_c=0,2 Ом, δ=25°, W=628 рад/с.	-показано всестороннее и творческое овладение основной и дополнительной литературой; -ответы отличаются четкостью, мысли излагаются в необходимой логической последовательности. Оценка **«хорошо»** выставляется при следующих условиях: -даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы, поставленные в экзаменационном билете; -правильно решены задачи, но ход решения не является оптимальным; -даны полные, но недостаточно обоснованные ответы на дополнительные вопросы; -показано умение исследовать объекты систем электроснабжения, но не достаточно полно -показано умение контролировать и прогнозировать их состояние; -показано владение навыками исследования и анализа возможных отказов систем электроснабжения; -показаны глубокие знания основной и недостаточное знакомство с дополнительной литературой; -ответы в основном были четкими, но в них не всегда выдерживалась логическая последовательность. Оценка **«удовлетворительно»** выставляется при следующих условиях: -даны в основном правильные ответы на все вопросы экзаменационного билета, но без должной глубины и обоснования; - в решении задач допущены отдельные ошибки, не приведшие к большим отклонениям от правильного ответа; - не даны положительные ответы на некоторые дополнительные вопросы; -показано умение исследовать объекты систем электроснабжения, но не достаточно полно продемонстрировано умение контролировать и прогнозировать их состояние; -показано владение навыками исследования и анализа возможных отказов систем электроснабжения, но в ограниченном объеме. - показаны недостаточные знания основной литературы: - ответы были многословными, мысли излагались недостаточно четко и без должной логической последовательности Оценка **«неудовлетворительно»**

	выставляется в случаях, когда не выполнены условия, позволяющие поставить оценку «удовлетворительно».

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих формирование компетенций

На основании вопросов для подготовки к экзамену формируются билеты в количестве на 25-30% более списочного состава группы студентов. Билеты формируются из перечня вопросов, заранее выданных студентам. Билеты содержат 3 вопроса, включающих 2 теоретических вопроса и 1 задачу (задание), отражающие формируемую компетенцию.

Порядок подготовки и проведения промежуточной аттестации.

Подготовка к промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с утвержденной рабочей программой по дисциплине, содержащей перечень вопросов, выносимых на экзамен. По результатам текущего контроля формируется допуск студента к промежуточной аттестации - экзамену по дисциплине. Студент может быть допущен к сдаче экзамена по дисциплине, если он в результате текущего контроля в течение семестра по данной дисциплине отчитался за проведенные лабораторные занятия и защитил контрольную работу.

Экзамен для студентов проводится письменно. Накануне экзамена проводится консультация, где обучающийся может задать проблемные вопросы.

Экзамен является заключительным этапом процесса формирования компетенции обучающегося при изучении дисциплины и имеет целью проверку и оценку знаний студентов по теории и практике, полученных умений и навыков. При выставлении экзаменационной оценки учитывается уровень методической подготовленности студента, а также аккуратность и логическая последовательность письменного изложения ответов на вопросы экзаменационного билета. Каждый вопрос оценивается отдельно, с выставлением оценки. При получении за один из вопросов оценки «неудовлетворительно» итоговая оценка за промежуточную аттестацию может быть только «неудовлетворительно».

Пользоваться конспектами, учебной литературой, ноутбуками и гаджетами не разрешается. Для подготовки к ответу можно пользоваться плакатами и наглядными пособиями, размещенными в аудитории.

Неявка студента без уважительной причины на экзамен в день его проведения по расписанию, ведет к академической задолженности, и процесс последующей сдачи приравнивается к пересдаче.

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

а) основная литература:

1. Системы электроснабжения воздушных судов/ под ред. Халютина С.П.-М.: ВУНЦ ВВС, 2010.
2. Синдеев И.М. Савелов А.А. Системы электроснабжения воздушных судов. - М.: Транспорт, 1990.

б) дополнительная литература

1. Электрооборудование летательных аппаратов в 2-х т. Т.1 Системы электроснабжения летательных аппаратов / под ред. С. А. Грузкова. - Москва: Изд-во МЭИ, 2005.
2.ГОСТ Р54073-2017. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.

в) учебно-методическая литература для выполнения лабораторных работ:

1	Савелов А.А	Системы электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению лабораторных работ - М: МГТУ ГА, 2012.-62с.
2	Савелов А.А	Системы электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению лабораторных работ-М: МГТУ ГА, 2017.-48с.
3	Савелов А.А.	Электрифицированные комплексы воздушных судов. Пособие по выполнению лабораторных работ - М: МГТУ ГА, 2017.-52с.
4	Савелов А.А	Системы электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению лабораторных работ. ЧастьII - М.: ИД Академии Жуковского, 2018-44с.
5	Савелов А.А.	Системы электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению лабораторных работ ЧастьIII – Воронеж: ООО»Мир», 2019.- 36с.
6	Савелов А.А	Системы электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению контрольной работы. -М: МГТУ ГА, 2014.-13с.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ" (ДАЛЕЕ - СЕТЬ "ИНТЕРНЕТ"), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Интернет-ресурсы:
http://www.favt.ru/ - официальный сайт ФА ВТ
http://www.mstuca.ru/ - официальный сайт МГТУ ГА;
Сайты производителей элементов систем электроснабжения:
Головным производителем систем электроснабжения и различного электрооборудования для отечественных воздушных судов является Аэроэлектромаш (**http://aeroem.ru /);**
Сайты зарубежных производителей Фирма Hamilton Sundstrand (США) (http://www.hamiltonsundstrand.com) производит: генераторы, интегральные привод генераторы, стартер генераторы, статические преобразователи, системы управления распределением нагрузок, аварийные самолетные ветрогенераторы,

аппаратуру управления и защиты. Фирма ECE концерна Zodiac (**www.ece.zodiac.com)** размещается в Париже и производит: коммутационную аппаратуру, системы распределения энергии, светосигнальное оборудование.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине **Системы электроснабжения воздушных судов** проводится в соответствии с учебной программой и учебным планом и состоит из:

- самостоятельной работы;
- лекций;
- лабораторных занятий;
- защиты контрольной работы;
- экзамена.

В виду ограниченного числа лекций, на них рассматриваются базовые разделы курса и наиболее сложные для усвоения материалы. Поэтому на лекции нужно стараться сделать хотя бы ключевые заметки, которые впоследствии могут пригодиться при самостоятельной подготовке студента.

В процессе изучения дисциплины студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Необходимо широко использовать в самостоятельной работе над учебным материалом современные гаджеты и сеть Интернет. Их использование позволяет:

- расширить информационную базу студентов;
- повысить их активность;
- развивать способности к анализу и обобщению, улучшать связанность, широту и глубину мышления;
- облегчить усвоение абстрактного материала, представить его в виде конкретных образов;
- приучить студентов к точности, аккуратности, последовательности действий, развивать самостоятельность.

В целом организация учебного процесса студентов заочной формы обучения предполагает: проведение постоянных консультаций в онлайн режиме или через кафедральную электронную почту, качественную обеспеченность самостоятельной работы соответствующими учебно – методическими пособиями, доступность учебно – лабораторной базы.

Современные учебники и учебно-методические пособия по дисциплине, использование разработанных на кафедре учебных пособий, вопросов для

самоконтроля дают достаточно возможностей для самостоятельной работы студентов. В то же время для самостоятельного изучения тем дисциплины необходима определенная система, облегчающая процесс самостоятельного овладения обширным материалом и позволяющая его внутренне упорядочить. В процессе самостоятельного изучения тем дисциплины студентам рекомендуется:
- более глубоко изучить понятийно-категориальный аппарат (основные общие и частные понятия, с помощью которых описываются изучаемые явления);
- изучаемые вопросы точно классифицировать и выявить зависимости между ними;
- обобщать и представлять изучаемые вопросы в наиболее рациональном для восприятия и запоминания виде;
- закреплять знания в области изучаемой дисциплины практическим их применением при решении конкретных технических задач.

Подготовка к лекциям

Лекции проводятся в соответствии с расписанием. Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное и сделано это самим обучающимся. Не надо стремиться записать дословно всю лекцию. Такое «конспектирование» приносит больше вреда, чем пользы. Целесообразно вначале понять основную мысль, излагаемую лектором, а затем записать ее. Желательно запись осуществлять на одной странице листа или оставляя поля, на которых позднее, при самостоятельной работе с конспектом, можно сделать дополнительные записи, отметить непонятные места.

Конспект лекции лучше подразделять на пункты, соблюдая красную строку. Этому в большой степени будут способствовать вопросы плана лекции, предложенные преподавателям. Следует обращать внимание на акценты, выводы, которые делает лектор, отмечая наиболее важные моменты в лекционном материале замечаниями «важно», «хорошо запомнить» и т.п. Можно делать это и с помощью разноцветных маркеров или ручек, подчеркивая термины и определения.

Целесообразно разработать собственную систему сокращений, аббревиатур и символов. Однако при дальнейшей работе с конспектом символы лучше заменить обычными словами для быстрого зрительного восприятия текста.

Работая над конспектом лекций, всегда необходимо использовать не только учебник, но и ту литературу, которую дополнительно рекомендовал лектор. Именно такая серьезная, кропотливая работа с лекционным материалом позволит глубоко овладеть теоретическим материалом.

Подготовка к лабораторным работам.

В процессе подготовки к лабораторным работам, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы. При всей полноте конспектирования лекции в ней невозможно изложить весь материал из-за лимита аудиторных часов. Поэтому самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Подготовка к защите контрольной работы.

При подготовке к защите контрольной работы студенту необходимо повторить теоретический материал соответствующих разделов курса, используя рекомендуемую литературу. Представляемая к защите работа, должна быть оформлена аккуратно, небрежно выполненная КР к защите не допускается. Студент должен быть готов к ответам на уточняющие вопросы о порядке выполнения расчетов в задачах контрольной работы. Для этого ему следует повторить порядок и методы выполнения заданий КР.

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

Электронные ресурсы библиотеки Университета -электронные версии пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы.

Мультимедийное сопровождение лекций с использованием программ PowerPoint и Office Professional Plus 2007 Russian

Лабораторные работы по курсу **Системы электроснабжения воздушных судов** с элементами компьютерного моделирования в программе MS Excel.

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

комплект специализированной мебели,

мультимедийный проектор – 1 шт.;

персональный компьютер – 1 шт.;

экран; наборы демонстрационного оборудование, обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие рабочей учебной программе; учебно-наглядное пособие, соответствующее рабочей учебной программе.

Рекомендуемые программные средства, а также имеются установки для лабораторных работ и компьютерный класс *(10 шт. ЭВМ)* с возможностью демонстрации аудио- и видеоматериалов.