

1. Учебный план дисциплины

Дисциплина “Системы электроснабжения воздушных судов” изучается на V курсе.

Всего часов по учебному плану –180,

из них:

лекции - 10 ч., лабораторные занятия – 16 ч.,

самостоятельная работа – 154 ч.

Контрольная работа -8ч.

Форма контроля – экзамен.

2. Основные сведения о дисциплине

2.1. Предмет и цели дисциплины

Предметом дисциплины являются системы электроснабжения воздушных судов. Дисциплина является базовой в системе подготовки инженеров электриков.

Дисциплина имеет цель дать студентам знания по 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, необходимые для дальнейшего изучения и эксплуатации авиационной техники.

Дисциплина основывается на знаниях студентами дисциплин: "Теоретические основы электротехники", "Авиационные электрические машины", "Электроника", «Автоматика», «Моделирование систем и процессов». Знания в области «Систем электроснабжения воздушных судов» определяют уровень подготовки для изучения дисциплины «Электрифицированное оборудование воздушных судов».

2.2. Задачи изучения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен

2.2.1. Знать:

- технические требования к системам электроснабжения летательных аппаратов;
- принцип действия, особенности конструкции и эксплуатационные характеристики элементов систем электроснабжения;
- влияние состояния системы электроснабжения на безопасность полетов;
- состав, размещение и особенности эксплуатации систем электроснабжения;

- методы анализа процессов, происходящих в авиационных системах генерирования и преобразования электрической энергии.

2.2.2. Уметь:

- проводить анализ состояния и причин отказов систем электроснабжения;

- производить настройку и регулировку систем электроснабжения и их элементов;

- проводить анализ статических характеристик, устойчивости и качества переходных процессов в системах генерирования;

- оценивать соответствие систем электроснабжения требованиям авиационных правил и ГОСТам.

2.2.3. Иметь представление:

- о критериях оценки систем электроснабжения;

- о методах расчета электрических сетей;

- о системах электроснабжения зарубежных воздушных судов;

- о истории и перспективах развития электроснабжения воздушных судов.

3. Рекомендуемая литература

Основная учебная литература.

1. Синдеев И.М. Савелов А.А. Системы электроснабжения воздушных судов. М.: Транспорт, 1990г.

Литература по выполнению лабораторных работ

2. Савелов А.А. Системы электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению лабораторных работ. Ч.1. - М.: МГТУГА, 2014.

3. Савелов А.А. Устройства систем электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению лабораторных работ. - М.: МГТУГА, 2011.

4. Савелов А.А. Устройства систем электроснабжения воздушных судов. Пособие по изучению дисциплины. - М.: МГТУГА, 2011.

Дополнительная литература.

5. Брускин Д.Э. Синдеев И.М. Электроснабжение летательных аппаратов. М.: Высшая школа, 1988г.

Регламентирующая литература.

6. ГОСТ 53074-2010

Литература для выполнения контрольной работы.

7. Савелов А.А. Системы электроснабжения воздушных судов. Пособие по выполнению контрольной работы для студентов направления 162500 заочного обучения. - М.: МГТУ ГА, 2014.

8. Иващенко Н.Н. Автоматическое регулирование. Теория и элементы систем. М.: Машиностроение, 1978.

4. Электронные средства информации.

4.1. Ресурсы Интернета

Главным производителем систем электроснабжения и различного электрооборудования для отечественных воздушных судов является Аэроэлектромаш <http://aeroem.ru/>

Сайты зарубежных производителей элементов систем электроснабжения воздушных судов. 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 ESE концерна Zodiac www.ece.zodiac.com размещается в Париже и производит: коммутационную аппаратуру, системы распределения энергии, светосигнальное оборудование. Оборудование этой фирмы установлено на самолетах и вертолетах: Boeing, Airbus, Bombardier, Eurocopter и др.

5. Электронный адрес кафедры для консультаций

etiaeo@[mstuca.ru](mailto:etiaeo@mstuca.ru)

6. Структура дисциплины

Дисциплина разбита на два раздела: системы генерирования (электроэнергетические узлы) и системы распределения электрической энергии. В первом разделе рассматриваются источники электрической энергии и аппаратура управления ими. Во втором разделе изучается оборудование для передачи и распределения электрической энергии от источников к приемникам, а также аппаратура защиты и управления каналами генерирования. Такое деление дисциплины обусловлено тем, что систему электроснабжения на самолете принято подразделять на систему генерирования и систему распределения электрической энергии.

Первый раздел включает следующие темы:

- химические источники тока;
- регулирование частоты тока синхронных генераторов;
- регулирование напряжения авиационных генераторов постоянного и переменного тока;
- автоматизация распределения нагрузок при параллельной работе генераторов.
- преобразователи рода тока;

Второй раздел состоит из тем:

- системы распределения электрической энергии;

- автоматизация управления каналами генерирования.
- защиты систем электроснабжения;
- надежность систем электроснабжения.

7. Учебная программа и методические указания к изучению тем программы

В дисциплине “Системы электроснабжения воздушных судов” рассматриваются принципы действия и теория рабочих процессов отдельных элементов, входящих в системы электроснабжения, взаимодействие между ними в процессе функционирования и системы электроснабжения летательных аппаратов в целом.

Особое внимание уделяется вопросам технической эксплуатации. При этом подчеркивается, что основу технической эксплуатации составляют хорошие знания электроэнергетического оборудования и рабочих процессов, протекающих в нем. Уделяется также внимание перспективам развития систем электроснабжения летательных аппаратов гражданской авиации.

Изучение курса рекомендуется проводить в такой последовательности.

Сначала нужно подробно ознакомиться с программой курса и обеспечить себя рекомендуемой литературой. После этого можно приступить к проработке материала в соответствии с программой, причем необходимо вести подробный конспект проработанного материала.

Наибольшее внимание следует уделить уяснению физической сущности изучаемых явлений и процессов, описанию их на базе проработанных ранее дисциплин математическими уравнениями и соотношениями. Не следует стремиться к запоминанию конечных соотношений и выражений, необходимо лишь четко представлять логическую последовательность, на основании которой они получены, и знать основные выводы, вытекающие из конечных соотношений.

После изучения соответствующего раздела курса следует ответить на вопросы для самопроверки.

Программой предусмотрено, что некоторые, наиболее трудно усваиваемые вопросы будут изложены на лекциях и разъяснены на консультациях.

Учебником, соответствующим программе курса, является [1].

Дополнительным учебным пособием является [4,5].

При изучении курса необходимо пользоваться не только рекомендуемыми учебными пособиями, но и техническими описаниями отдельных агрегатов электрооборудования, а также описаниями самолетов и вертолетов.

Тема00. Введение к курсу

Лекция 1. Вводная.

Основные понятия и определения дисциплины и методика ее изучения. Рекомендуемая литература. Предъявляемые требования. Технологии «полностью электрического самолета (ПЭС)». Структуры типовых систем электроснабжения, Системы электроснабжения самолетов А380, В787, тенденции развития СЭС.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 00

Краткая история развития электрооборудования воздушных судов (ВС). Роль отечественных ученых в развитии авиационного электрооборудования. Требования к СЭС: ГОСТ 53074-2010 , АП. Полетная масса систем электроснабжения.

Методические указания.

Литература [1] с.5...10

При изучении вводной части курса студент должен четко представлять, как сильно увеличилась значимость электрооборудования летательных аппаратов в течение последних десятилетий и насколько тесно связано электрооборудование с теми функциями, которые возлагаются на летательный аппарат в целом.

Необходимо четко усвоить, что понятие полетной массы учитывает свойства планера и силовой установки летательного аппарата.

Особенно большое внимание следует обратить на специальные условия работы и требования, которые характерны для электрооборудования, предназначенного работать на борту летательного аппарата.

7.1. Системы генерирования электроэнергии

Тема 1. Химические источники тока.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 1

Основные характеристики химических источников тока. Назначение, электрохимические системы, электрические характеристики: ЭДС, напряжение, внутреннее сопротивление, емкость, саморазряд, удельные характеристики. Свинцовые аккумуляторные батареи: конструкция, характеристики. Никель-кадмиевые аккумуляторные батареи (АБ). Устройство, электрические характеристики. Тепловой разгон АБ. Серебряно-цинковые АБ. Литий ионные аккумуляторные батареи, особенности заряда. Бортовые устройства для заряда АБ. Эксплуатация аккумуляторных батарей.

Методические указания.

Литература [1] с.160...183.

Основные вопросы темы: электрохимические системы, эдс, емкость, саморазряд аккумуляторов. Характеристики свинцовых, никель-кадмиевых аккумуляторов. Правила эксплуатации.

При изучении химических источников электрической энергии необходимо уяснить особенности физических и химических процессов, протекающих в аккумуляторах. Обратить особое внимание на зависимость емкости от величины разрядного тока, сравнительные характеристики кислотных и щелочных аккумуляторов и особенности их эксплуатации, методы контроля степени заряженности.

Вопросы для самоконтроля.

1. Перечислите основные характеристики аккумуляторных батарей. Укажите, как влияет на них температура окружающей среды?
2. Какие существуют виды саморазряда и каковы причины его возникновения?
3. Что такое сульфатация пластин кислотных аккумуляторов, каковы причины ее возникновения и способы устранения?
4. Каковы преимущества и недостатки щелочных аккумуляторов по сравнению с кислотными?
5. Почему емкость кислотных аккумуляторов в большей степени зависит от разрядного тока, чем у щелочных?
6. Что такое «тепловой разгон» аккумуляторов?
7. Перечислите преимущества и недостатки Li ion –ых аккумуляторов.

Тема 2. Регулирование частоты тока синхронных генераторов.

Лекция 2. Регулирование частоты синхронных генераторов.

Привод авиационных генераторов. Принцип действия и характеристики пневмомеханических приводов.

Уравнение привода как объекта регулирования частоты. Структурная схема регулирования частоты. Устойчивость и качество процессов регулирования частоты.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 2

Классификация приводов, непосредственный привод генераторов от авиадвигателей. Принцип действия и уравнение механической характеристики гидромеханического привода, особенности интегральных приводов. Регулирование угловой скорости и частоты тока синхронных генераторов. Требования к точности стабилизации частоты. Уравнение регулятора угловой скорости. Уравнение корректора частоты.

Методические указания.

Литература [1] с.11...43.

Основные вопросы темы: Назначение привода синхронного генератора. Принципы регулирования частоты в приводах. Механические характеристики приводов. Принцип действия регуляторов грубого и точного каналов. Уравнение грубого канала регулирования частоты. Уравнение корректора частоты.

Материалы данной темы являются основой для выполнения контрольной работы.

Необходимо усвоить, что для стабилизации частоты тока синхронных генераторов необходимо стабилизировать частоту вращения вала генератора независимо от режимов работы авиадвигателя. Это требование достигается путем вращения вала генератора от привода постоянной частоты вращения. Следует обратить внимание на преимущества дифференциальных приводов постоянной частоты вращения (ППО) перед приводами прямого потока энергии.

Надо уяснить понятие “жесткость механической характеристики” и выявить факторы, влияющие на жесткость. Ознакомиться с конструкцией пневмомеханических и гидромеханических приводов, уравнениями их механических характеристик. Ознакомиться с устройством интегральных приводов. Необходимо уделить внимание роли жесткой обратной связи в регуляторах частоты гидравлических и пневматических приводов и четко представлять назначение корректоров частоты. Следует подробно разобраться в принципе действия и устройстве корректора частоты.

При проработке этой темы следует уделить внимание понятиям статической устойчивости агрегата переменного тока стабильной частоты и коэффициенту самовыравнивания агрегата.

Понятие коэффициента самовыравнивания привода является очень важным. Необходимо четко представлять его физический смысл.

Следует уяснить, с помощью каких средств повышается точность регулирования частоты и расширяется область устойчивой работы. Особенно большое внимание следует уделить взаимодействию грубого и точного каналов регулирования частоты и отчетливо представлять два этапа регулирования частоты: быстропротекающий процесс регулирования с помощью центробежно-гидравлического регулятора частоты вращения и сравнительно медленный процесс коррекции частоты тока.

Вопросы для самоконтроля.

1. Чем вызвана неравномерность вращения генератора при непосредственном приводе его от авиационного двигателя и к каким последствиям она приводит?

2. Чем отличается дифференциальный привод от привода с полным преобразованием энергии?

3. Какие факторы определяют жесткость механической характеристики гидравлического и пневматического приводов?

4. В чем преимущества приводов интегрального исполнения.

5. Чем определяется статизм регулятора угловой скорости?

6. Чем вызвана необходимость в применении корректора частоты и от чего зависит погрешность в его работе?

7. Изменится ли статическая ошибка регулирования угловой скорости, если устранить связь поршней золотника гидравлическим сервомотором?

8. Что такое коэффициент самовыравнивания агрегата переменного тока и от чего он зависит?

9. Какой элемент центробежно-гидравлического регулятора частоты вращения делает этот регулятор статическим?

10. Почему точный канал регулирования частоты тока является астатическим регулятором?

11. От каких факторов и как зависит устойчивость и статическая ошибка системы регулирования частоты?

Тема 3. Регулирование напряжения авиационных генераторов постоянного и переменного тока.

Лекция 3. Регулирование напряжения авиационных генераторов. Требования к точности поддержания напряжения. Измерительные органы регуляторов напряжения и схемы их включения. Регулятор напряжения на магнитных усилителях (БРН-208): принцип действия, передаточная функция. Тиристорный регулятор напряжения (БРН-120) . Транзисторные регуляторы напряжения. Структурная схема. Регулятор РНТ-115.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 3

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.

Генератор переменного тока как объект регулирования напряжения (основные уравнения). Структурная схема системы регулирования напряжения. Условия устойчивости, статическая ошибка системы регулирования напряжения. Генератор постоянного тока как объект регулирования напряжения. Анализ статики и динамики процессов регулирования напряжения генераторов постоянного тока на примере угольного регулятора напряжения. Методы повышения точности и устойчивости системы регулирования.

Методические указания.

Литература [1] с.44...84.

Основные вопросы темы: Измерительные органы с одним, двумя стабилитронами. Работа принципиальных схем угольного, тиристорного, транзисторного регуляторов, а также регулятора на магнитных усилителях. Астатическая, статическая настройка регуляторов. Уравнение генератора постоянного тока, уравнение регулятора напряжения. Составление структурной схемы системы стабилизации напряжения. Анализ устойчивости системы, определение статической ошибки.

Методика анализа динамики и статики процессов регулирования напряжения аналогична методам, которые применялись при изучении системы стабилизации частоты.

При изучении регуляторов напряжения особенно большое внимание следует уделить тому, как обеспечивается в регуляторах напряжения управление значительной мощностью в цепи возбуждения.

Наиболее перспективными в настоящее время являются транзисторные регуляторы, поэтому им следует уделить наибольшее внимание.

Весьма ответственным элементом регуляторов напряжения является измерительный орган. Точность работы регулятора напряжения определяется точностью эталона напряжения, на котором построен измерительный орган регулятора.

При изучении регуляторов напряжения большое внимание следует уделить понятиям “статического” и “астатиического” регуляторов и умению находить интегрирующее звено в астатических регуляторах напряжения. Большое внимание следует уделить дискретному и фазоимпульсному принципам регулирования напряжения, на которых построены тиристорные и транзисторные регуляторы.

Необходимо четко себе представлять, что статика и динамика процессов регулирования напряжения тесно взаимосвязаны, причем чаще всего улучшение статических свойств системы регулирования напряжения влечет за собой ухудшение динамических характеристик. Поэтому улучшение свойств системы регулирования напряжения должно производиться с учетом статических и динамических характеристик. Большое внимание следует уделять понятию статическая устойчивость работы генератора постоянного тока. Необходимо также знать, от каких факторов зависит статическая ошибка регулирования напряжения.

При изучении динамики процессов регулирования напряжения следует обратить внимание на причины, которые вызывают неустойчивость процессов регулирования напряжения и методы расширения областей устойчивости.

Необходимо усвоить назначение диода в цепи стабилизирующего сопротивления, а также стабилизирующих трансформаторов в цепях регуляторов напряжения постоянного и переменного токов.

Следует обратить внимание на наличие у регуляторов напряжения уравнительных обмоток, с помощью которых можно осуществлять управление возбуждением генераторов при параллельной работе.

Необходимо усвоить, как влияет частота вращения генератора и его нагрузка на устойчивость системы регулирования напряжения.

Вопросы для самоконтроля.

1. Почему наличие двух стабилитронов вместо одного позволяет увеличить чувствительность измерительного органа регулятора напряжения?

2. Как изменится скважность управляющих импульсов в транзисторном регуляторе при отключении нагрузки генератора?

3. Зависит ли частота переключений исполнительного органа релейного регулятора напряжения от частоты вращения генератора?

4. Как изменится напряжение генератора при обрыве фазного провода питающего измерительный орган регулятора.

5. Как изменится напряжение генератора при пробое выходного транзистора регулятора напряжения.

6. Как зависит коэффициент статической устойчивости генератора постоянного тока от нагрузки и частоты вращения?

7. Зависит ли статическая ошибка регулирования напряжения генератора постоянного тока от величины стабилизирующего сопротивления угольного регулятора напряжения?

8. В каком случае требуется больший диапазон изменения тока возбуждения, когда регулируется напряжение генератора переменного тока стабильной частоты или генератора переменного тока нестабильной частоты?

9. Каково назначение диода, шунтирующего обмотку возбуждения, при импульсном регулировании напряжения генераторов с помощью полупроводниковых приборов?

10. Как зависит коэффициент статической устойчивости генератора постоянного тока от нагрузки и частоты вращения?

Тема 4 Автоматизация распределения нагрузок при параллельной работе генераторов

Вопросы для самостоятельной работы по теме 4

Требования по точности распределения нагрузок между генераторами при параллельной работе. Методы распределения нагрузок: метод мнимого статизма, статических характеристик. Включение уравнительных обмоток генераторов постоянного тока. Параллельная работа генераторов постоянного тока (схема включения). Влияние неидентичности 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.

Датчики активных и реактивных токов генераторов. Схемы включения уравнительных цепей регуляторов напряжения и частоты. Автоматизация включения генераторов на параллельную работу. Пассивные и активные синхронизаторы

Методические указания.

Литература [1] с.95..124.

Основные вопросы темы: Условия включения генераторов постоянного и переменного токов на параллельную работу. Методы мнимостатических и статических характеристик. Способы включения уравнивающих цепей генераторов постоянного тока. Параллельная работа двух генераторов постоянного тока. Поперечный ток. Распределение токов между генераторами при неравенстве: настройки регуляторов напряжения, балластных сопротивлений, сопротивлений плюсовых цепей. Перевод активной и реактивной мощности синхронного генератора, угловая характеристика генератора. Датчики активного и реактивного токов и способы их включения для реализации метода мнимостатических характеристик. Работа активного и пассивного синхронизаторов.

Перед проработкой материала этой темы целесообразно повторить основные положения курса “Электрические машины” в части условий включения генераторов на параллельную работу.

Следует иметь в виду, что методы автоматического распределения нагрузок между генераторами являются общими как для генераторов постоянного, так и для генераторов переменного тока.

Необходимо уяснить роль уравнивающих обмоток при распределении нагрузок между генераторами по методу мнимого статизма.

Необходимо обратить внимание, что один и тот же датчик может измерять как активный так и реактивный токи в зависимости от способа его подключения к генератору.

Также необходимо понять, что выводы по влиянию неидентичности параметров генераторов на равномерность их нагрузки при параллельной работе, полученные для генераторов постоянного тока, в равной мере справедливы и для случаев распределения активных и реактивных нагрузок между работающими параллельно синхронными генераторами

Вопросы для самоконтроля.

1. По какому методу будет распределяться нагрузка между параллельно работающими генераторами постоянного тока, если произойдет обрыв уравнивающей цепи?

2. Каковы условия включения синхронного генератора на параллельную работу?

3. Почему при параллельной работе генераторов постоянного тока особенно тщательно должно быть обеспечено равенство сопротивлений в минусовых цепях генераторов?

4. Каковы условия включения синхронного генератора на параллельную работу?

5. Укажите достоинства и недостатки параллельной работы синхронных генераторов.

6. В чем особенности параллельной работы синхронных генераторов соизмеримой мощности?

7. Что необходимо сделать, чтобы увеличить активную (реактивную) мощность синхронного генератора?

8. Нарушится ли равномерность распределения активной (реактивной) мощностей между генераторами при несимметричной по фазам нагрузке генератора?

9. Что такое синхронизирующая мощность генератора?

10. В чем недостаток режима самосинхронизации для авиационных генераторов?

11. В чем недостаток пассивных синхронизаторов?

12. Для чего вводится «угол опережения» в активных синхронизаторах?

Тема 5 Преобразователи рода тока

Лекция 4. Статические преобразователи постоянного тока в переменный. Инвертор: работа, улучшение формы кривой выходного напряжения. Регулирование напряжения в статических преобразователях. Трехфазные преобразователи.

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 ПСПЧ.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 5

Электромашинные преобразователи постоянного тока в переменный. Пуск преобразователя. Схемы стабилизации частоты и напряжения.

Статические преобразователи переменного тока в постоянный. Схемы однофазных и трехфазных выпрямителей, их основные показатели. Параллельное включение выпрямителей, схемы авиационных выпрямительных устройств.

Работа трансформаторно-выпрямительных блоков под нагрузкой. Способы стабилизации напряжения выпрямителей.

Стабилизаторы вторичных источников электропитания. Непрерывные стабилизаторы постоянного тока. Импульсные стабилизаторы понижающего и повышающего типов. Многофазные стабилизаторы.

Методические указания.

Литература [1] с.86...94,125...159; [4] с.11-30.

Основные вопросы темы: Инвертор, конвертор, способы улучшения формы кривой, способы стабилизации напряжения статических преобразователей. Устройство трехфазных преобразователей. Системы ПСПЧ. Характеристики выпрямительных схем, внешняя характеристика выпрямителя. Стабилизаторы вторичных источников электропитания, линейные, импульсные с гальванической и без гальванической развязки.

Данная тема является одной из основных при изучении систем электроснабжения современных и перспективных воздушных судов и потому при изучении дисциплины ей необходимо уделить большое внимание.

При изучении выпрямительных устройств необходимо ознакомиться с характеристиками типовых схем выпрямления: однофазных, трехфазных, одно и двухполупериодных. Усвоить причины снижения напряжения выпрямителей под нагрузкой. В разделе стабилизаторы вторичных источников наибольшее внимание уделите принципам работы импульсных стабилизаторов, как наиболее быстро развивающимся в последние годы.

Элементная база электронных преобразовательных устройств существенно изменилась, что привело к новым конструктивным решениям самих статических преобразователей.

Вопросы для самоконтроля.

1. Чем характеризуется значение пульсаций выпрямленного тока?
2. Каковы причины уменьшения напряжения на выходе трансформаторно-выпрямительного блока (ТВБ) при росте нагрузки?
3. Каково назначение уравнивающих реакторов в ТВБ?
4. Как можно стабилизировать напряжение в ТВБ?
5. Чем определяются потери в линейных стабилизаторах напряжения?
6. Чем определяются потери в импульсных стабилизаторах напряжения?
7. Для чего вводится «пауза на нуле» в силовых инверторах?
8. Каким образом можно управлять выходным напряжением конвертора?
9. Перечислите способы улучшения формы кривой инвертора.
10. В чем особенности трехфазных инверторов?
11. Назовите достоинства и недостатки преобразователей с промежуточным звеном постоянного тока.
12. Для чего вводится пауза между включением и выключением анодной и катодной групп тиристоров в преобразователях с непосредственной связью?
13. Как стабилизируют напряжение в системах ПСПЧ?
14. В каком случае статический преобразователь переходит в инверторный режим работы?

7.2. Системы распределения электрической энергии. Автоматизация управления каналами генерирования

Тема 6. Системы распределения электрической энергии.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 6

Состав системы распределения. Классификация электрических сетей. Самолетные провода. Падение и потеря напряжения в сети. Расчет электрической сети по критерию минимальной массы проводникового материала.

Коммутационная и защитная аппаратура электрических сетей. Аппаратура максимально-токовых защит, амперсекундные характеристики плавких предохранителей и тепловых автоматов защиты. БАЗК: функции, устройство, характеристики. Смарт контакторы. Системы управления нагрузками.

Методические указания.

Литература [1] с.237...261.

Основные вопросы темы: Классификация систем распределения. Типы самолетных проводов. Потеря, падение напряжения в проводах. Выбор сечения проводов.

Амер-секундные характеристики предохранителей и тепловых автоматов защиты. Различия между предохранителями, а также между тепловыми автоматами. Обеспечение селективности в цепях с предохранителями и автоматами

При изучении электрических сетей необходимо обращать внимание на признаки, по которым производится их классификация. При изучении авиационных проводов следует особое внимание обратить на их конструктивные особенности, позволяющие использовать эти провода при широком диапазоне изменения параметров окружающей Среды, механических нагрузок и агрессивных сред. Большое внимание необходимо удалить методологии расчета электрических сетей. Следует четко представлять, что расчет электрической сети должен выполняться с учетом требований, диктуемых стремлением получить наилучшие характеристики летательного аппарата в целом, и ограничений, накладываемых требованиями термостойкости, механической прочности и высокого качества электрической энергии. В связи с этим необходимо иметь четкое представление о полной массе электрической сети.

При изучении максимально токовой аппаратуры защиты следует обратить внимание на особенности конструкции инерционно-плавких предохранителей и отличие автоматов защиты со свободным и без свободного расцепления.

Следует разобраться в работе дифференциальных защит трехфазного тока при различных видах короткого замыкания. Необходимо изучить схемы построения транзисторных ключей и функциональные возможности бесконтактных аппаратов защиты.

Вопросы для самоконтроля.

1. В чем заключается разница между магистральными и централизованными питательными сетями?
2. Почему провода меньшего сечения допускают большую плотность тока?
3. В чем заключается разница между потерей и падением напряжения?

4. Перечислите основные стадии технологического процесса ремонта элементов систем распределения.

5. Каково назначение буферных пружин в электромагнитных реле и контакторах?

6. Перечислите возможные виды ампер-секундных характеристик максимально токовых защит.

7. С помощью какого устройства осуществляется токовая отсечка в тепловых автоматах защиты?

8. Как влияет высота полета на ампер-секундные характеристики аппаратов максимальной токовой защиты?

Тема 7. Автоматизация управления каналами генерирования.

Лекция 5. Управление вторичной системой электроснабжения (блок БЗУВУ). Управление каналом генерирования, логические уравнения включения возбуждения и контактора нагрузки. Подключение наземных источников к бортовой сети. Блок БКНА: функции, логические уравнения, схемотехника защит от повышения и понижения напряжения

Вопросы для самостоятельной работы по теме 7

Описания блоков: БРЗУ115, БКНА.

Методические указания.

Литература [1] с.85...198; [4] с.30-45

Основные вопросы темы: ДМР, АЗУ. Подключение РАП (ШРАП). Функции БКНА, БЗУВУ, БЗУ, БРЗУ.

При изучении дифференциально-минимальных реле необходимо обратить внимание на отличия в различных модификациях этих электрических аппаратов.

Необходимо разобраться с логическими уравнениями, описывающими работу блоков БЗУ, БРЗУ, БКНА.

Вопросы для самоконтроля.

1. Перечислите функции ДМР.

2. Защищает ли дифференциально-минимальное реле типа ДМР генератора при перепутанной полярности аккумуляторной батареи?

3. Как маркируются авиационные реле?

4. Чем отличается поляризованное реле от обычного?

5. В чем заключаются преимущества импульсных контакторов?

6. Для чего вспомогательный разъем РАП имеет укороченную длину?

7. В чем отличие обратимых и необратимых защит блоков БКНА, БЗУВУ, БЗУ, БРЗУ?

8. Опишите этапы подключения генератора к ЦРУ.

9. Опишите алгоритм подключения контактора нагрузки БРЗУ.

Тема 8. Защиты систем электроснабжения.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 8

Виды ненормальных режимов в системах электроснабжения. Ударные и установившиеся токи короткого замыкания (к.з) в системах постоянного тока и их расчет. Короткие замыкания синхронных генераторов. Метод постоянства потокосцеплений Основные соотношения при расчетах токов к.з. в сетях переменного тока.

Требования, предъявляемые к защите. Виды защит СЭС. Дифференциальные токовые защиты энергоузлов. Защита по небалансу полного тока.

Защита от повышения и понижения напряжения в БКНА. Структурная схема защит от повышения (понижения) напряжения в БРЗУ, блоки измерения напряжения. Логические уравнения защит и их дискриминаторов. Автоматы защиты от перенапряжения в системах электроснабжения постоянного тока.

Защита от повышения и понижения частоты. Структурная схема защиты, логические уравнения. Формирователи сигналов $f > f_n$, $f < f_n$. Защита от обрыва фаз и несимметрии фазных напряжений.

Методические указания.

Литература [1] с.198...237.

Основные вопросы темы: виды ненормальных режимов, виды защит, защиты от коротких замыканий, защиты от повышения (понижения) напряжения (частоты), дифференциальные защиты. Расчет токов коротких замыканий и выбор аппаратов защиты.

При проработке материалов относящихся к расчетам токов короткого замыкания следует уяснить физическую природу ударных и установившихся токов коротких замыканий и влияние режимов работы генератора на величины этих токов. Обратите внимание как обеспечивается селективность действия защит на предохранителях и тепловых автоматах.

При изучении дифференциальных защит обратите внимание как достигается высокая селективность их действия.

Большинство защит имеет задержку срабатывания, чтобы исключить ложные отключения оборудования при переходных режимах работы системы электроснабжения. Следует также уяснить, что срабатывание большинства защит носит необратимый характер, так как защиты не устраняют причину аварийного режима, а только защищают оборудование от его последствий.

Защита это управление системой в ненормальных режимах, поэтому функции защиты и управления в нормальных режимах возлагают на единое устройство блок регулирования защиты и управления (БРЗУ). В параграфе 7.2 приведены дополнительные методические материалы по устройству, функциям и схемным решениям БРЗУ115 – основного блока защиты и управления современных воздушных судов.

Вопросы для самоконтроля.

1. Дайте классификацию возможных отказов в системах электроснабжения самолетов (СЭС)?

2. Приведите зависимость изменения тока генератора в процессе короткого замыкания.

3. Почему при расчетах установившихся токов короткого замыкания в системах постоянного тока расчетная э.д.с. и внутреннее сопротивление генератора отрицательные?

4. Каковы причины перевозбуждения генераторов?

5. Зачем нужна выдержка времени в защитах от перенапряжений?

6. Каково назначение дискриминаторов в защитах от изменения частоты?

7. Почему измерительный орган защиты от перенапряжения подключается не к зажимам генератора, а к обмотке возбуждения?

8. Что называется токами небаланса дифференциально-токовых защит?

9. Для чего защиты в СЭС выполняют необратимыми?

10. Как выбирают предохранители для защиты электрических сетей?

11. Перечислите функции, которые выполняет блок БРЗУ.

12. В чем достоинство дифференциальных защит?

Тема 9 Надежность систем электроснабжения.

Вопросы для самостоятельной работы по теме 9

Методы расчета надежности систем электроснабжения. Расчет показателей функциональной эффективности. Влияние надежности систем электроснабжения на безопасность полетов.

Методические указания.

Литература [1] с.271...281.

Основные вопросы темы: расчет показателей функциональной эффективности, влияние надежности систем электроснабжения на безопасность полетов.

При расчете надежности в качестве математической модели системы электроснабжения применяется марковский случайный процесс. Система электроснабжения может находиться в одном из дискретных состояний. Для нахождения вероятностей состояний используется каноническое уравнение надежности.

Вопросы для самоконтроля.

1. Что такое скрытые отказы в системах электроснабжения (СЭ)?

2. Почему при анализе надежности обычно не учитывают возможность возникновения более двух отказов?

3. В чем суть расчета надежности СЭ на основе канонического уравнения?

4. Как оценить влияние СЭ на безопасность полетов?

8. Терминология дисциплины

Основные понятия и термины, используемые в дисциплине, приведены в Л[1] с.5,6,160.

9. Перечень лабораторных работ

ЛР 1. Изучение и исследование процессов автоматического регулирования напряжения генераторов постоянного тока. (4 часа). Литература [2]. Теоретические сведения к работе изложены в теме 3.

Цель и содержание работы – практическое изучение систем регулирования напряжения. Анализ влияния режимов работы генератора на устойчивость регулирования напряжения. Изучение жесткой и гибкой обратных связей на устойчивость системы.

ЛР 2. Изучение коммутационной и защитной аппаратуры. (4 часа). Литература [2]. Теоретические сведения к работе изложены в теме 6.

Цель и содержание работы – снятие ампер-секундных характеристик тепловых аппаратов защиты и коммутации. Снятие вольт-секундных характеристик АЗП и характеристик ДМР.

ЛР 3. Изучение первичной системы электроснабжения самолета ТУ-154. (4 часа) Литература [2]. Теоретические сведения к работе изложены в темах 2,3,5,6,7,8.

Цель и содержание работы – изучение аппаратуры системы электроснабжения и режимов её работы для самолета ТУ-154.

ЛР 4. Изучение и исследование авиационных статических преобразователей постоянного тока в переменный (4 часа). Литература [2]. Теоретические сведения к работе изложены в теме 5.

Цель и содержание работы – практическое изучение устройства и характеристик авиационных статических преобразователей. Снятие осциллограмм рабочих процессов в различных модулях преобразователя ПТС250.

10. Контрольная работа.

Учебный план включает одну контрольную работу, которая состоит из двух задач. Контрольная работа (КР) по дисциплине имеет целью закрепление знаний студентов по соответствующим разделам учебной дисциплины. В ходе самостоятельного выполнения КР студенты более глубоко осваивают принципы работы оборудования и приобретают практические навыки анализа и расчета элементов систем электроснабжения.

Первая задача предполагает провести анализ устойчивости системы регулирования частоты канала генерирования. Построить переходный процесс при единичном ступенчатом воздействии. Система состоит из пневмомеханического привода, регулятора частоты и корректора частоты. Решение этой задачи рекомендуется после освоения темы 2.

Вторая задача направлена на изучение расчетов электрических сетей с минимальной массой. Решение этой задачи рекомендуется после освоения темы 6.

Общие методические указания, требования к оформлению КР, указания к выбору варианта и методические рекомендации к решению содержатся в пособии [7].

Затраты времени на выполнение КР – 8 часов самостоятельной работы.

Содержание

1. Учебный план дисциплины.....	3
2. Основные сведения о дисциплине.....	3
2.1. Предмет и цели дисциплины.....	3
2.2. Задачи изучения дисциплины.....	3
3. Рекомендуемая литература.....	4
4. Электронные средства информации.....	5
5. Электронный адрес кафедры для консультаций.....	5
6. Структура дисциплины.....	5
7. Учебная программа дисциплины и методические указания к изучению тем программы.....	6
7.1. Системы генерирования электроэнергии.....	7
7.2. Системы распределения электрической энергии. Автоматизация управления каналами генерирования.....	15
8. Терминология дисциплины.....	20
9. Лабораторные занятия.....	20
10. Контрольная работа.....	20