

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА

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

**Кафедра технической эксплуатации авиационных электросистем
и пилотажно-навигационных комплексов**

В.П. Зыль, А.А. Савелов

**ЭЛЕКТРО И ПРИБОРНОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

ПОСОБИЕ
по изучению дисциплины

*для студентов V курса
направления 162107
заочной формы обучения*

Москва - 2013

ББК 0562
396

Рецензент канд. техн. наук, проф. В.Д. Константинов

Зыль В.П., Савелов А.А.

396 Электро и приборное оборудование воздушных судов: пособие по изучению дисциплины. – М.: МГТУ ГА, 2013. – 28 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Электро и приборное оборудование воздушных судов» по Рабочему учебному плану для студентов V курса направления 162107 заочной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 20.10.13 г. и методического совета 29.10.13 г.

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электро и приборное оборудование» читается двумя кафедрами: «Технической эксплуатации авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов» и «Электротехники и авиационного электрооборудования». Данное пособие содержит материал, читаемый обеими кафедрами.

Настоящие методические указания содержат перечень целей и задач дисциплины, последовательность изучения, а также основные требования к контрольной работе, выполняемой студентами.

Для облегчения изучения дисциплины материал разбит на 2 раздела:

- электрооборудование;
- приборное оборудование.

Разделы содержат несколько тем, каждая из которых состоит из методических указаний по изучению и контрольных вопросов для самопроверки.

В процессе изучения материала для его закрепления выполняется контрольная работа. Контрольная работа пишется чернилами или пастой, допускается печатный текст с оставлением полей для замечаний. Все выполняемые чертежи и схемы должны соответствовать ГОСТам и ЕСКД.

Общий объем контрольной работы не должен превышать 15-20 страниц печатного текста шрифтом 12 или 14.

В процессе проведения лекционно-лабораторной сессии студенты выполняют лабораторные работы, по которым необходимо получить зачет.

ВНИМАНИЕ! К экзамену допускаются студенты, имеющие зачет по лабораторным работам и защитившие прорецензированные контрольные работы.

1. Учебный план дисциплины

Дисциплина «Электро и приборное оборудование» изучается студентами заочного факультета на пятом курсе. Согласно учебному плану общий объём часов на дисциплину – 180, из них:

- | | |
|--------------------------|-------------|
| - лекции | - 10 часов; |
| - лабораторные занятия | - 16 часов; |
| - самостоятельная работа | - 154 часа. |

Кроме этого, студенты выполняют контрольную работу на пятом курсе и сдают экзамен. Основной упор при заочном обучении, естественно, сделан на самостоятельную работу студентов с литературой, приведённой в третьем разделе данного пособия. В последние годы с учётом новых интернет-технологий у студентов заочного обучения появились возможности консультаций через электронный адрес кафедры, который приведён в пятом разделе данного пособия.

2. Основные сведения о дисциплине

2.1. Дисциплина «Электро и приборное оборудование» является специальной дисциплиной в системе подготовки специалиста по специальности 162107 «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов и аэропортов». Знания и навыки, полученные при изучении данной дисциплины, помогут будущему специалисту грамотно эксплуатировать авиационную технику.

2.2. Цель преподавания дисциплины

Целью изучения рассматриваемой дисциплины является формирование знаний о физических основах работы, назначении, принципах действия, устройстве, конструкциях и схемах, особенностях эксплуатации авиационного оборудования будущего специалиста по эксплуатации транспортного радиооборудования.

2.3. Задачи изучения дисциплины (необходимый комплекс знаний и умений)

2.3.1. Иметь представление о методах эксплуатации авиационного оборудования, а также средствах контроля и диагностики, применяемых в процессе эксплуатации.

2.3.2. Знать физические основы работ, назначение, принцип действия, устройство, основные конструктивные и схемные особенности, основные принципы эксплуатации:

- авиационного электрооборудования;
- пилотажно-навигационных приборов и систем управления;

- бортовых пилотажно-навигационных комплексов (БПНК).

2.3.3. Уметь производить техническое обслуживание электро и приборного оборудования:

- использовать эксплуатационную и техническую документацию на указанное оборудование;
- анализировать причины отказов и неисправностей авиационного оборудования.

3. Литература

Основная

1. Синдеев И.М., Савелов А.А. Системы электроснабжения воздушных судов. - М: Транспорт, 1990.
2. Савелов А.А. Энергосиловое оборудование аэропортов. - М.: МГТУ ГА, 2000.
3. Савелов А.А. Электро и приборное оборудование воздушных судов: пособие по выполнению лабораторных работ. - М.:МГТУ ГА, 2008.
4. Савелов А.А. Системы электроснабжения воздушных судов: пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2011.
5. Вольдек А.И. Электрические машины. - Л.: Энергия, 1974.
6. Электрооборудование воздушных судов / под ред. С.А. Решетова. -М.: Транспорт, 1991.
7. Авиационные приборы и измерительные системы / под ред. В.Г. Воробьева. - М.: Транспорт, 1981.
8. Воробьев В.Г., Зыль В.П., Кузнецов С.В. Комплексы цифрового пилотажно-навигационного оборудования. - М., МГТУ ГА, 1998. – Ч. 1, 2.
9. Воробьев В.Г., Глухов В.В., Зыль В.П., Кузнецов С.В. Основные принципы построения базового комплекса стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования. - М.: МИИГА, 1988.
10. Михайлов О.И., Козлов Н.М., Гергель Ф.С. Авиационные приборы. –М.: Машиностроение, 1977.
11. Браславский Д.А., Логунов С.С., Пельпор Д.С. Авиационные приборы и автоматы. - М.: Машиностроение, 1978.
12. Руководство по технической эксплуатации самолета Super jet-100. 2008.
13. ГОСТ Р 54073-2010. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии.

Учебно-методическая

14. Савелов А.А. Системы электроснабжения воздушных судов. Лабораторные работы. - М.: МГТУ ГА, 2011.

15. Зыль В.П. Электро и приборное оборудование воздушных судов: пособие по выполнению лабораторных работ. – М.: МГТУ ГА, 2013.

Дополнительная

16. Воробьев В.Г., Зыль В.П., Кузнецов С.В. Основы теории технической эксплуатации пилотажно-навигационного оборудования. – М.: Транспорт, 1999.

4. Электронные средства информации

Электронный тренажер ПНО-154.
Процедурный тренажер по самолету А330.
Процедурный тренажер по самолету В747.

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

<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 Аэроэлектро-маш (<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.

Программы моделирования электрических и электронных цепей: Electronics WorkBench, Multisim 2001.

5. Электронный адрес кафедр

TEAESPnk@mstuca.ru

etiaeo@mstuca.aero.ru

При выполнении контрольной работы или при изучении дисциплины, если возникают проблемы, студент может связаться по данному адресу с преподавателем и получить необходимую консультацию.

6. Структура дисциплины

Учебная дисциплина «Электро и приборное оборудование воздушных судов» включает в себя два раздела и 17 тем. В каждой теме изучение материала рекомендуется по следующей схеме:

- назначение прибора, агрегата, системы;
- принцип действия;
- основные технические данные;
- устройство и принципиальная схема;
- основные особенности и вопросы эксплуатации.

Раздел 1. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Данный раздел состоит из 9 тем:

Тема 1. Электрические машины постоянного тока.

Тема 2. Электрические машины переменного тока.

Тема 3. Стабилизация частоты тока и напряжения синхронных генераторов.

Тема 4. Параллельная работа авиационных генераторов.

Тема 5. Управление каналами генерирования.

Тема 6. Преобразователи рода тока.

Тема 7. Система передачи и распределения электрической энергии

Тема 8. Авиационные аккумуляторы.

Тема 9. Электрифицированные системы управления агрегатами и устройствами воздушных судов.

Раздел 2. ПРИБОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Этот раздел состоит из 8 тем:

Тема 1. Общая характеристика приборного оборудования.

Тема 2. Мембранно-анероидные приборы.

Тема 3. Гироскопические приборы.

Тема 4. Курсовые приборы и системы, системы навигации.

Тема 5. Автопилоты. Автоматические бортовые системы управления.

Тема 6. Бортовые пилотажно-навигационные комплексы.

Тема 7. Базовый комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования.

Тема 8. Навигационное обеспечение БКСЦПНО.

7. Учебная программа дисциплины

Раздел 1. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Тема 1. Электрические машины постоянного тока

Генераторы постоянного тока. Конструкция машин постоянного тока. Типы обмоток. ЭДС холостого хода, реакция якоря. Уравнение электрического равновесия. Характеристики генераторов постоянного тока. Условия самовозбуждения. Электромагнитный момент в машинах постоянного тока. Типы электродвигателей постоянного тока. Характеристики двигателей последовательного и параллельного возбуждения. Коэффициент полезного действия. Способы управления частотой вращения электродвигателей. Пуск и торможение электродвигателя. Литература: [2; 5].

Методические указания

При изучении вводной части дисциплины необходимо ознакомиться с принципами действия электрических машин постоянного тока, особенностями конструкции авиационных машин. Необходимо усвоить процесс образования электродвижущей силы в обмотках якоря. Изучить основные типы обмоток якоря: волновые и петлевые.

Обратите внимание на обратимость электрических машин, возможность их работы в двигательном и генераторном режимах. Важную роль в понимании характеристик электрических машин играет реакция якоря и уравнение электрического равновесия. Особое внимание следует обратить на образование результирующего магнитного поля машины, на искажение формы кривой результирующего поля под влиянием реакции якоря, на способы компенсации реакции якоря.

Следует уяснить, что области применения авиационного привода определяются характером механических характеристик двигателей. Важно также разобраться со способами регулирования частоты вращения двигателей, их достоинствами и недостатками.

Вопросы для самопроверки

1. Каковы особенности конструкции авиационных электрических машин?
2. Нарисуйте графики основных характеристик генераторов постоянного тока.
3. Каковы преимущества и недостатки генераторов параллельного возбуждения в сравнении с генераторами независимого возбуждения?
4. Перечислите условия самовозбуждения генератора параллельного возбуждения.

5. Каково назначение добавочных полюсов?
6. Нарисуйте механические характеристики двигателей последовательного и параллельного возбуждения.
7. Укажите способы регулирования частоты вращения двигателей.

Тема 2. Электрические машины переменного тока

Синхронные генераторы. ЭДС обмотки переменного тока. Устройство однофазных и трехфазных синхронных генераторов. Реакция якоря. Уравнение синхронного генератора, векторная диаграмма. Характеристики синхронных генераторов. Условия включения генераторов на параллельную работу. Конструкция бесконтактного генератора.

Двигатели переменного тока. Магнитное поле одно, двух и трехфазной обмотки переменного тока. Принцип действия и конструкция трехфазного асинхронного двигателя. Уравнения асинхронного двигателя, схема замещения. Потери и КПД асинхронного двигателя, механическая характеристика. Регулирование частоты вращения двигателей переменного тока. Литература: [2; 5].

Методические указания

Машины переменного тока получили преимущественное распространение на современных воздушных судах как в качестве генераторов, так и приводов. Необходимо уяснить построение однофазных и трехфазных генераторов и факторы, определяющие величину э.д.с. обмотки переменного тока. При изучении этого раздела следует обратить внимание на особенность реакции якоря синхронных машин – её зависимость от характера нагрузки. Сравните классическую синхронную машину и авиационный бесконтактный синхронный генератор серии ГТ.

Основой машин переменного тока является наличие кругового магнитного поля, обратите внимание на условия его формирования в однофазных и трехфазных машинах. Обратите внимание на особенности механической характеристики асинхронного двигателя и его схемы замещения. При изучении способов регулирования частоты вращения следует учесть, что наиболее перспективным способом является частотное регулирование.

Вопросы для самопроверки

1. Принцип действия генераторов переменного тока.
2. При каком характере нагрузки у синхронного генератора будет наибольший ток возбуждения при неизменном напряжении?
3. Чем определяется частота тока синхронного генератора?
4. В чем достоинства и недостатки авиационных электромашинных преобразователей?

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

6. В чем преимущества бесконтактных синхронных генераторов?

7. Укажите способы регулирования частоты вращения асинхронного двигателя.

Тема 3. Стабилизация частоты тока и напряжения синхронных генераторов

Типовые системы электроснабжения самолетов (СЭС) ВС. Стабилизация частоты тока синхронных генераторов. Привод синхронных генераторов. Пневмомеханический привод: устройство, уравнение механической характеристики. Гидромеханический привод: устройство, уравнение механической характеристики. Регулирование напряжения синхронных генераторов. Требования к точности поддержания напряжения. Измерительные органы регуляторов напряжения. Типы регуляторов напряжения. Литература: [1; 13].

Методические указания

При изучении этой 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 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.

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. Следует подробно разобраться в принципе действия и устройстве регулятора и корректора частоты.

Изучить построение измерительных органов регуляторов, способы повышения точности и устойчивости систем регулирования. Большое внимание следует уделить дискретному принципу регулирования напряжения, на котором построены полупроводниковые регуляторы напряжения.

При проработке вопросов стабилизации напряжения генераторов следует уделить внимание требованиям ГОСТ 54073-2010 к параметрам качества электрической энергии. Необходимо изучить: измерительные органы с одним, двумя стабилитронами, работу принципиальных схем тиристорного и транзисторного регуляторов. Методы повышения устойчивости регулирования напряжения. Литература: [1; 13].

Вопросы для самопроверки

1. Чем отличается дифференциальный привод от привода с полным преобразованием энергии?
2. Какие факторы определяют жесткость механической характеристики гидравлического и пневматического приводов?
3. В чем преимущества приводов интегрального исполнения?
4. Чем определяется статизм регулятора угловой скорости?
5. Чем вызвана необходимость в применении корректора частоты?
6. Почему наличие двух стабилизаторов вместо одного позволяет увеличить чувствительность измерительного органа регулятора напряжения?
7. Как изменится скважность управляющих импульсов в транзисторном регуляторе при отключении нагрузки генератора?
8. Как изменится напряжение генератора при обрыве фазного провода, питающего измерительный орган регулятора?

Тема 4. Параллельная работа авиационных генераторов

Требования по точности распределения нагрузок между генераторами при параллельной работе. Методы распределения нагрузок: метод мнимого статизма, статических характеристик. Включение уравнивательных обмоток генераторов постоянного и переменного тока. Литература: [1].

Методические указания

Студенты должны изучить требования к равномерности распределения нагрузок между авиационными генераторами при их параллельной работе. Особое внимание следует уделить методу мнимого статизма, так как данный метод положен в основу организации параллельной работы самолетных генераторов. Необходимо так же изучить требования к источникам при работе их по методу статических характеристик, так как по этому методу работают неуправляемые источники - выпрямители, аккумуляторы.

Необходимо изучить схемы включения уравнивательных обмоток при параллельной работе генераторов постоянного тока, а также характер распределения токов работающих генераторов при различии их сопротивлений в плюсовых цепях, балластных сопротивлений и при неодинаковой настройке регуляторов напряжения.

Вопросы для самопроверки

1. В чем достоинства и недостатки параллельной работы генераторов постоянного тока?

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

3. Каковы условия включения синхронного генератора на параллельную работу?

Тема 5. Управление каналами генерирования

Управление вторичной системой электроснабжения (блок БЗУВУ). Управление каналом генерирования, логические уравнения включения возбуждения и контактора нагрузки. Подключение наземных источников к бортсети. Блок БКНА: функции, логические уравнения, схемотехника защит от повышения и понижения напряжения. Литература: [1].

Методические указания

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

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

Необходимо отчетливо себе представлять принципы построения коробок защиты и управления, алгоритмы защит от повышения (понижения) напряжения и частоты. Необходимо разобраться с логическими уравнениями, описывающими работу блоков БЗУ, БРЗУ, БКНА.

Вопросы для самопроверки

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. Для чего вспомогательный разъем РАП имеет укороченную длину?
6. В чем отличие обратимых и необратимых защит блоков БКНА, БЗУВУ, БЗУ, БРЗУ?
7. Опишите этапы подключения генератора к ЦРУ.
8. Для чего вводится задержка срабатывания в защитах от повышения (понижения) напряжения, частоты?
9. Перечислите виды защит блоков БКНА и БРЗУ?
10. Опишите алгоритм подключения контактора нагрузки БРЗУ.

Тема 6. Преобразователи рода тока

Статические преобразователи постоянного тока в переменный. Инвертор: работа, улучшение формы кривой выходного напряжения. Регулирование напряжения в статических преобразователях. Трехфазные преобразователи. Импульсные встроенные источники питания. 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. Литература: [1].

Методические указания

Данная тема является одной из основных при изучении систем электропитания 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. При изучении статических преобразователей обратите внимание на методы формирования синусоидального напряжения. В разделе стабилизаторы вторичных источников наибольшее внимание уделите принципам работы импульсных стабилизаторов, как наиболее быстро развивающихся в последние годы.

Элементная база электронных преобразовательных устройств существенно изменилась, что привело к новым конструктивным решениям самих статических преобразователей. На новых зарубежных самолетах активно используются различные виды систем ПСПЧ.

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?

Тема 7. Система передачи и распределения электрической энергии

Состав системы распределения. Классификация электрических сетей. Самолетные провода. Падение и потеря напряжения в сети. Расчет электрической сети.

Коммутационная и защитная аппаратура электрических сетей. Аппаратура максимально-токовых защит, амперсекундные характеристики плавких предохранителей и тепловых автоматов защиты. БАЗК: функции, устройство, характеристики Системы управления нагрузками. Литература: [1].

Методические указания

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 уделить 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. Каково назначение буферных пружин в электромагнитных реле и контакторах?
5. Перечислите возможные виды ампер-секундных характеристик максимально токовых защит.
6. С помощью какого устройства осуществляется токовая отсечка в тепловых автоматах защиты?
7. Как влияет высота полета на ампер-секундные характеристики аппаратов максимальной токовой защиты?

Тема 8. Авиационные аккумуляторы

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. Литий ионные АБ. Бортовые устройства для заряда АБ. Эксплуатация аккумуляторных батарей. Литература: [1]. тв

Методические указания

При изучении химических источников электрической энергии необходимо уяснить особенности физических и химических процессов, протекающих в аккумуляторах. Обратит 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. Что такое саморазряд аккумулятора 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?

*Тема 9. Электрифицированные системы управления агрегатами
и устройствами воздушных судов*

Системы электропривода органов управления, стабилизатора, взлетно-посадочных устройств и механизации крыла. Основные принципы построения систем запуска авиадвигателей. Системы управления приводами РЛС.

Противообледенительные и противопожарные системы.

Светотехническое оборудование на воздушных судах. Назначение, классификация светотехнического оборудования. Краткие характеристики. Основные светотехнические единицы. Литература: [6].

Методические указания

При изучении электропривода органов управления стабилизатора и других систем целесообразно воспользоваться соответствующими техническими описаниями.

При изучении систем запуска авиадвигателей необходимо уяснить диаграмму изменения моментов в процессе запуска. Сопоставить электрические и воздушные системы запуска, особенности работы системы электрического зажигания.

Необходимо изучить состав противообледенительной системы воздушного судна, принципы действия сигнализаторов обледенения и способы удаления льда с поверхности воздушного судна. Особое внимание следует уделить способу скалывания льда с помощью электромагнитного поля.

Вопросы для самопроверки

1. Каким образом повышается надежность авиационного электропривода?
2. Каковы особенности электропривода подъемно-транспортного устройства?
3. Сколько этапов имеет процесс запуска газотурбинного двигателя?
4. Какие требования предъявляются к системам запуска?
5. Какие виды автоматов для запуска электродвигателей вы знаете?
6. С помощью каких огней осуществляется наружная световая сигнализация?

Раздел 2. ПРИБОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Тема 1. Общая характеристика приборного оборудования

Параметры навигации и пилотирования. Классификация пилотажно-навигационных приборов и систем управления. Общие требования к пилотажно-навигационным приборам и системам управления.

Методические указания

Необходимо ознакомиться с назначением пилотажно-навигационных приборов и систем управления, выявить их роль в управлении полетом воздушного судна как перемещение твердого тела в пространстве заданных координат. Классифицировать приборы и системы по принципу действия. Выявить факторы Среды, влияющие на работу авиационных приборов и систем. Определить общие требования к ним.

Литература: [7; 10].

Вопросы для самопроверки

1. Перечислить параметры, характеризующие положение воздушного судна в пространстве заданных координат.
2. Классифицировать приборное оборудование по назначению.
3. Перечислить внешние факторы, влияющие на работу приборного оборудования.
4. Основные требования к приборному оборудованию воздушного судна.

Тема 2. Мембранно-анероидные приборы

Виды высот и методы их измерения. Высотомеры (механические, электромеханические). Методические и инструментальные погрешности высотомеров. Корректор-задатчик высоты типа КЗВ. Виды скоростей полета и методы их измерения. Измерители скоростей полета. Вариометры, корректоры скорости. Измерители углов атаки и скольжения. Их погрешности, возможные неисправности, основные принципы эксплуатации. Комплексное представление высотно-скоростных параметров. Системы воздушных сигналов, их особенности и преимущества перед отдельными измерителями. СВС самолета Super Jet-100. Датчики и модули СВС PITOT, STATIC, TAT, ADM, ADC, AOA их расположение на самолете.

Методические указания

Изучая высотомер, необходимо ознакомиться со строением земной атмосферы и ее параметрами. Далее следует изучить барометрическую и гипсометрическую зависимости между высотой и атмосферным давлением, по которым строятся высотомеры. Следует четко представлять, какие элементы механических и электромеханических высотомеров реализуют эти зависимости. Особое внимание следует уделить методическим и инструментальным погрешностям, а также методам борьбы с ними в различных приборах. Затем рассмотреть основные методы эксплуатации высотомеров.

По такой же схеме следует изучать все приборы мембранно-анероидной группы. В заключение требуется пояснить необходимость информационных комплексных измерителей высотно-скоростных параметров. Следует проанализировать работу функциональной схемы систем воздушных сигналов и уяснить преимущества, которыми обладают комплексные измерители. В руководстве по технической эксплуатации самолета Super Jet-100 в разделе 34 посмотреть расположение датчиков СВС.

Литература: [7; 10].

Вопросы для самопроверки

1. Виды высот, методы измерения высот.
2. Понятие об эшелонировании полетов воздушных судов.
3. Параметры стандартной атмосферы. Различие между барометрической и гипсометрической формулами.
4. Схема механического высотомера типа ВД.
5. Принцип работы и схема электромеханического высотомера.
6. Корректор-задатчик высоты типа КЗВ. Функциональная схема и описание ее работы.
7. Виды скоростей, методы их измерения.
8. Основные зависимости, по которым строятся приборы измерения скоростей.
9. Принцип действия и конструктивные особенности комбинированных указателей скорости.
10. Особенности измерителя числа М.
11. Принцип действия и устройство вариометра.
12. Основные функциональные зависимости для построения системы воздушных сигналов.
13. Функциональная схема системы воздушных сигналов.
14. Описать работу датчиков углов атаки и скольжения.
15. Основные принципы эксплуатации мембранно-анероидных приборов.
16. Сколько приемников STATIC на самолете Super Jet-100?

Тема 3. Гироскопические приборы

Физические основы гироскопических явлений. Гироскопический эффект. Гироскопический момент. Основные свойства гироскопов и особенности их технической реализации. Трех и двухстепенные гироскопы. Нутация. Приборы и датчики углов крена и тангажа. Авиагоризонты и гировертикали.

Методические указания

Необходимо изучить поведение свободного гироскопа и его свойства. Рассмотреть конструкцию и особенности работы приборов, созданных на основе двухстепенного гироскопа. Изучить принцип действия гировертикали и виды коррекций. Знать назначение жидкостного маятника. Иметь представление о силовой гироскопической стабилизации и ее применении в гировертикалях. Изучить гировертикаль типа ЦВГ или МГВ.

Литература: [7; 8; 10].

Вопросы для самопроверки

1. Изобразить гироскоп в кардановом подвесе и определить его поведение под действием постоянных и импульсных сил.
2. Напишите формулы для определения.
3. Определить основные свойства двухстепенного гироскопа.
4. Принцип работы и особенности схемы датчика угловых скоростей.
5. Анализ работы систем коррекции авиагоризонтов и их электрические схемы.
6. Рассмотреть принцип действия авиагоризонта АГД-1 на базе его электромеханической схемы.

Тема 4. Курсовые приборы и системы, системы навигации

Определение курса. Виды курсов. Методы определения курсов. Магнитный компас. Индукционный датчик (зонд). Принцип действия индукционного датчика. Гирополукомпас. Азимутальные и горизонтальные коррекции. Курсовые системы на примере КС-6. Аэрометрические, доплеровские и комплексные системы счисления пути. Инерциальные системы навигации.

Методические указания

При изучении курсов воздушного судна необходимо уяснить линии отсчетов, применяемые в авиации, обратить внимание на углы магнитного склонения, азимутальной поправки и условного магнитного склонения.

При изучении принципа действия "Зонда" необходимо понять, что назначение питающей обмотки - изменять магнитную проницаемость пермаллоевых сердечников.

При изучении гирополукомпаса необходимо понять физическую сущность азимутальной коррекции (кажущийся уход), понять назначение выключателя коррекции. При изучении систем навигации необходимо понять, какие навигационные параметры нужны для определения координат объекта. Знать достоинства и недостатки аэрометрических, доплеровских и комплексных систем навигации. При изучении инерциальных систем необходимо разобраться, в чем сложность измерения вертикальной составляющей скорости. Оценить преимущества инерциальных систем по отношению к аэрометрическим и доплеровским системам.

Понять физическую суть математического маятника Шулера и его техническую реализацию. Чувствительным элементом инерциальной системы является акселерометр.

При рассмотрении акселерометра нужно обратить внимание на его конструкцию, знать, как получается метациентр, какие функции выполняют датчик угла и датчик момента. Инерциальная система самолета Super jet-100 – IRS – состав и размещение на самолете.

Литература: [7; 8; 10; 11; 12].

Вопросы для самопроверки

1. Основные параметры частотно-ортодромической системы координат.
2. Постройте навигационный треугольник скоростей.
3. Нарисуйте блок-схему аэрометрической системы счисления пути.
4. Нарисуйте блок-схему доплеровской системы счисления пути.
5. Приведите алгоритмы, реализуемые в инерциальной системе.
6. Начертите графики пути, скорости и ускорения инерциальной системы.
7. Изобразите маятник Шулера и схему его технической реализации.
8. Что такое маятниковость акселерометра?
9. Основные технические параметры акселерометра.
10. Перечислите достоинства и недостатки аэрометрических, доплеровских и инерциальных систем навигации.
11. Сколько инерциальных систем на самолете Super jet-100?

Тема 5. Автопилоты. Автоматические бортовые системы управления (АБСУ)

Назначение автопилотов. Задачи, решаемые автопилотами. Блок-схема типового автопилота. Сервопривод. Триммерное устройство. Законы управления. Необходимость перехода от автопилотов к АБСУ.

АБСУ, назначение, решаемые задачи, блок схема АБСУ-154. Безопасность полетов, реализуемая в АБСУ-154.

Методические указания

Изучая автопилоты, необходимо обратить внимание на виды и техническую реализацию обратных связей. Надо четко понимать, что в каналах тангажа, крена и курса одного и того же автопилота могут применяться различные виды обратных связей (скоростная, изодромная или жесткая). Знать о назначении и физической сущности передаточных чисел. Уметь написать законы управления.

Понять объективную необходимость перехода от автопилотов к АБСУ. Разобраться в связях информационных датчиков с системой автоматического управления (на примере САУ-4). Понять преимущества триплексной схемы построения АБСУ.

Литература: [7; 8; 11].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется сервоприводом?
2. Датчики скоростной, жесткой и изодромной обратных связей.
3. Для чего нужно триммерное устройство?
4. Напишите закон стабилизации высоты.
5. Что такое кворум-элемент?
6. Нарисуйте блок-схему связей САУ-4 с датчиками информации.

Тема 6. Бортовые пилотажно-навигационные комплексы

Необходимость перехода от АБСУ к БПНК. Задачи, решаемые БПНК. Аналоговые БПНК. Цифровые БПНК. Аналогово-цифровые БПНК. Бортовые цифровые вычислительные машины. Необходимость применения БЦВМ в БПНК. Особенности технической эксплуатации аналоговых и цифровых бортовых пилотажно-навигационных комплексов.

Методические указания

При изучении данной темы необходимо понять, что переход от автоматических систем управления к бортовым пилотажно-навигационным комплексам, реализуемым на бортовых вычислительных машинах - это объективная реальность, обусловленная следующими факторами:

- рост объема функций, выполняемых БПНК;
- усложнение законов управления;
- постоянно повышающиеся требования к безопасности полетов.

Обязательно разобраться, почему существуют цифровые и аналогово-цифровые комплексы.

Литература: [8; 9; 12].

Вопросы для самопроверки

1. Сколько бортовых вычислительных машин в БКСЦПНО?
2. Что такое цифровой сервопривод?
3. В чем основные эксплуатационные преимущества цифровых комплексов перед аналоговыми?
4. Составьте схему аналогово-цифрового БПНК.
5. Почему часть сигналов целесообразно обрабатывать в аналоговом виде, а часть в цифровом?

Тема 7. Базовый комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (БКСЦПНО)

Назначение и решаемые задачи БКСЦПНО, устанавливаемого на Ил-96-300, Ту-204, Ил-114, Ту-334. Структурная схема БКСЦПНО, состав, назначение подсистем и пультов управления. Функции вычислительных систем ВСС, ВСУП, ВСУТ, СЭИ, СПКР, СППЗ.

Резервные приборы. Комплексный электронный резервный прибор IESI самолета Super jet-100. Принцип темной кабины. Цветовое кодирование. Приборные доски самолетов Ил-96-300, Ту-204, Super jet-100. Центральный процессор и модуль ввода-вывода (SPIOM) самолета Super jet-100.

Методические указания

При изучении БКСЦПНО обратить внимание на трехуровневый принцип построения средств контроля. Понять преимущества цифровых комплексов перед аналоговыми. Разобраться, почему некоторые вычислительные системы (например, ВСС) кроме «своих» вычислительных задач решают задачи смежных систем и когда это происходит. Изучить цветовое кодирование, знать и уметь объяснить принцип «темной кабины». Особое внимание обратить на многочисленность навигационного оборудования БКСЦПНО, надо уметь объяснить, зачем необходимо такое перенасыщение комплекса (требования ИКАО, необходимость полетов по зарубежным маршрутам и т.д.).

Понять особенности технической эксплуатации БКСЦПНО, чем она принципиально отличается от эксплуатации аналогового оборудования.

В разделе 34 руководства по технической эксплуатации самолета Super jet-100 ознакомиться с особенностями построения и эксплуатации центрального процессора SPIOM.

Литература: [8; 12].

Вопросы для самопроверки

1. Сколько маршрутов можно записать в БКСЦПНО Ил-96-300?

2. Сколько отказов может хранить система сборов и локализации отказов ССЛО после ее обесточивания?
3. Какие функции реализует ВСС?
4. Что означает голубой цвет на экране индикатора?
5. Сколько секунд отводится на парирование отказа при желтом цвете сигнала?
6. Есть ли центральная гировертикаль в БКСЦПНО?
7. Сможет ли осуществить посадку Ил-96-300 при полном отказе БКСЦПНО?
8. Одинаков ли объем задач, решаемых БКСЦПНО и ПНК Боинга 767?
9. Сможет ли техник, демонтировавший блок радиальной системы, по ошибке вставить его в этажерку с блоками другой системы (и почему)?
10. Сколько комплексных резервных приборов (IESI) на самолете SUPER JET-100?

Тема 8. Навигационное обеспечение БКСЦПНО

Навигация в безориентированных пространствах. Дальномерные навигационные системы. Навигационные системы. Навигация по ВОР, ДМЕ «ОМЕГА», «ЛОРАН». Спутниковые навигационные системы «GPS» «GLONASS», принцип действия, основные характеристики, перспективы применения.

Методические указания

Необходимо познакомиться с существующим уровнем навигационного обеспечения. Знать параметры современных трасс. Разобраться, как осуществляется навигация в Северной Атлантике (по трекам).

Понять принцип навигации по системам «ОМЕГА» и «ЛОРАН».

Уяснить, почему целесообразен переход на спутниковую навигацию и микроволновую систему посадки.

Литература: [8; 9; 12].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое трек?
2. Где расположены станции системы «ОМЕГА»?
3. Сколько радиомаяков ВОР в Западной Европе?
4. Возможна ли совместная работа системы «ОМЕГА» и РСДН-85?
5. Когда будет осуществлен переход на МСП?
6. В чем преимущества спутниковой навигации?
7. Сколько спутников в системах «GPS» и «GLONASS»?
8. Какова точность определения координат места нахождения объекта системами «GPS» и «GLONASS»?

8. Терминология (понятийный аппарат) Э и ПО

Раздел 1

Секция обмотки. Якорь. Статор. Ротор. Обмотка возбуждения. Якорная обмотка. Индуктор. Щетка. Коллектор. Характеристика холостого хода. Внешняя характеристика. Жесткость характеристики. Регулировочная характеристика. Механическая характеристика. Обратимость электрических машин. Реакция якоря. Система электроснабжения. Система распределения. Канал генерирования. Дифференциальный редуктор. ППЧВ. Интегральный привод. Потеря напряжения. Падение напряжения. Поляризованное реле. ДМР. РАП. Метод мнимого статизма. Угол коммутации диодов. Конвертор. Инвертор. Циклоконвертор. Электрохимическая система. Саморазряд. Сульфатация. Емкость аккумулятора. Коэффициент отдачи по емкости. Коэффициент отдачи по энергии. Тепловой разгон. Контрольно тренировочный цикл. Световой поток. Световая отдача. Яркость. Освещенность. Пороговая освещенность. Коэффициент отражения.

Раздел 2

Тема 1. Параметры воздушного судна как перемещаемого твердого тела в пространстве заданных координат. Классификация приборного оборудования. Внешние факторы. Угол рыскания. Угол тангажа. Угол крена.

Тема 2. Высоты: геопотенциальная, истинная, абсолютная, относительная. Барометрическая и гипсометрическая зависимости. Эшелонирование. Воздушная и приборная скорости полета. Приборы с частичной температурной компенсацией. Комбинированные указатели скоростей полета. Комплексные измерители высотно-скоростных параметров.

Тема 3. Кориолисово ускорение. Гироскопический эффект. Гироскопический момент. Силовая гироскопическая стабилизация. Вертикаль места. Прецессия, нутация. Центральные гировертикали.

Тема 4. Кориолисово ускорение. Гироскопический эффект. Гироскопический момент. Силовая гироскопическая стабилизация. Вертикаль места. Прецессия, нутация. Центральные гировертикали.

Аэрометрические, доплеровские, комплексные и инерциальные системы счисления пути. Ортодромия. Локсодромия. Эффект Доплера. Навигационный треугольник скоростей. Маятник Шулера. Маятниковость акселерометра. Метацентр.

Тема 5. Аэрометрические, доплеровские, комплексные и инерциальные системы счисления пути. Ортодромия. Локсодромия. Эффект Доплера. Навигационный треугольник скоростей. Маятник Шулера. Маятниковость акселерометра. Метацентр.

Тема 6. Бортовые пилотажно-навигационные комплексы (БПНК). Цифровые БПНК. Бортовые процессоры. Аналогово-цифровые БПНК.

Тема 7. Базовый комплекс стандартного цифрового пилотажно-навигационного оборудования (БКСЦПНО). Навигационное обеспечение. Принцип «Темной кабины». Цветовое кодирование. Слово-состояние. Система сбора и локализации отказов.

Тема 8. Трек. «ОМЕГА». «ЛОРАН». Навигация в безориентированном пространстве. Спутниковая навигация. Инструментальные и микроволновые системы посадок.

9. Названия лабораторных занятий и их объем в часах

Раздел 1

9.1. «Исследование генератора постоянного тока параллельного возбуждения» - 4 часа.

Целью работы является изучение характеристик генератора постоянного тока. Тема 1.

9.2. «Изучение и исследование статических преобразователей постоянного тока в переменный» - 4 часа.

Целью работы является изучение схем построения трехфазных статических преобразователей, снятие осциллограмм функциональных модулей преобразователя. Тема 6.

Раздел 2

9.3. «Исследование основных свойств гироскопа с тремя степенями свободы» - 4 часа.

Целью работы является изучение принципа действия и конструкции гироскопа с тремя степенями свободы, а также экспериментальное исследование его свойств и характеристик.

9.4. «Измерительный комплекс высотно-скоростных параметров ИКВСП 1-1 с КПА-1» - 4 часа.

Целью работы является закрепление полученных знаний по мембранно-анероидным приборам, измеряющим высотно-скоростные параметры воздушного судна, получение практических навыков при работе с реальной контрольно-проверочной аппаратурой и выполнение экспериментальных исследований основных параметров систем воздушных сигналов.

10. Контрольная работа

Для контроля проработки курса студенты выполняют контрольную работу по двум разделам: электрооборудование и приборное оборудование.

Контрольная работа должна быть выполнена в срок и прислана в институт за 10 дней до приезда студента на экзаменационно-зачетную сессию.

Работа выполняется и пишется чернилами или пастой, четко, без помарок, допускается печатный текст. На листах тетради оставляются поля для замечаний рецензента. В конце работы нужно привести перечень используемой литературы. Работа должна быть подписана. Без этого она считается недействительной и будет возвращена студенту без рассмотрения.

Все принципиальные блок-схемы, конструкторские чертежи выполняются в соответствии с ЕСКД и ГОСТ.

Общий объем контрольной работы не должен превышать 15-20 страниц печатного текста шрифтом 12 или 14.

Проработанный материал, который необходимо отразить в контрольной работе, должен быть изложен в произвольной форме согласно плану:

- назначение прибора, агрегата, системы;
- принцип действия (по схеме);
- основные технические данные;
- краткое устройство или принципиальная схема;
- основные вопросы эксплуатации прибора, агрегата, системы.

Выбор варианта задания осуществляется по приведенной таблице в пособии по выполнению контрольных работ.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
1. Учебный план дисциплины.....	4
2. Основные сведения о дисциплине.....	4
3. Литература.....	5
4. Электронные средства информации.....	6
5. Электронный адрес кафедры.....	6
6. Структура дисциплины.....	7
7. Учебная программа дисциплины.....	8
8. Терминология (понятийный аппарат) Э и ПО.....	24
9. Названия лабораторных занятий и их объем в часах.....	25
10.Контрольная работа.....	26

Редактор И.В. Вилкова

Печать офсетная	Подписано в печать 19.02.14 г.	
1,63 усл. печ. л.	Формат 60ч84/16	1,60 уч.-изд. л.
	Заказ № 1731/	Тираж 150 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20
Редакционно-издательский отдел
125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а