

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

"Утверждаю"
Проректор по УМР

_____ В.В. Криницин
" 27 " марта 2008 г.

РАБОЧАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Авиационные электрические машины

СД.03

(Наименование, шифр по ГОС)

Специальность (специализация) _____ 160903 _____
(Шифр по ГОС)

Факультет _____ Авиационных систем и комплексов _____

Кафедра _____ Электротехники и авиационного электрооборудования _____

Курс _____ 3, 4 _____ Форма обучения _____ Очная _____ Семестры _____ 6, 7 _____

Общий объем учебных часов _____ 120 _____ (ч.)

Лекции	36	(ч.)
Практические занятия	8	(ч.)
Лабораторные занятия	24	(ч.)
Самостоятельная работа	52	(ч.)
Курсовой проект	4, 7	(курс, семестр)
Курсовая работа	-	(курс, семестр)
Контрольное домашнее задание (контрольная работа для заочной формы обучения)	-	(курс, семестр)
Зачет	-	(курс, семестр)
Экзамен	3, 6	(курс, семестр)

Москва, 2008 г.

Рабочая программа составлена на основании примерной учебной программы дисциплины и в соответствии с Государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности 160903.

Рабочую программу составил:

Сапожникова Е.Ж., доцент, к.т.н. _____

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры,
протокол № 5 от " 22 " января 2008 г.

Заведующий кафедрой:

Артеменко Ю.П., доцент, к.т.н. _____

Рабочая программа одобрена методическим советом по специальности 160903
"Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов".

Протокол № 4 от " 27 " марта 2008 г.

Председатель методического совета:

Константинов В.Д., профессор, к.т.н. _____

Рабочая программа согласована с Учебно-методическим управлением (УМУ).

Начальник УМУ:

Логачев В.П. _____

1. Цель и задачи дисциплины

1.1. Цель преподавания дисциплины

Дисциплина "Авиационные электрические машины" (АЭМ) имеет цель дать студентам знания в области теории, принципов построения конструкций, а также практические навыки эксплуатации авиационных электрических машин, необходимые для дальнейшего изучения и эксплуатации авиационной техники.

Дисциплина базируется на глубоком знании студентами физики, высшей математики и электротехники. В конце изучения дисциплины студенты выполняют курсовой проект, имеющий целью углубить, расширить и систематизировать знания студентов в области электромагнитных расчетов и конструирования электрических машин и трансформаторов.

Дисциплина АЭМ определяет профиль подготовки инженера по специальности 160903 "Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов"

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

В результате изучения дисциплины студент должен:

1.2.1. Иметь представление

- о принципах оптимального проектирования электрических машин;
- об основных свойствах материалов, применяемых в современном электромашиностроении;
- о методах анализа свойств авиационных электрических машин, основанных на применении вычислительной техники.

1.2.2. Знать

- технические требования, предъявляемые к авиационным электрическим машинам;
- влияние авиационных электрических машин на безопасность полетов;
- принцип действия, особенности конструкции всех используемых типов авиационных электрических машин;
- особенности эксплуатации и ремонта авиационных электрических машин;
- основные методы анализа свойств авиационных электрических машин.

1.2.3. Уметь

- производить настройку и регулировку машин и аппаратов;
- распознавать неисправности при различного рода отказах и устранять основные неисправности, возникающие в процессе эксплуатации;
- производить лабораторные испытания машин и получение их рабочих характеристик;
- прогнозировать возможные неисправности и отказы, принимать решения по их устранению;
- оценивать соответствие машин и аппаратов требованиям ЕНЛГ-С и ГОСТ 19705-89.

2. Содержание дисциплины

2.1 Наименования разделов (тем), объем в часах. Содержание лекций

00.00. Введение.

Содержание дисциплины АЭМ и методика ее изучения. Рекомендуемая литература. Предъявляемые требования.

Роль знаний и интеллектуальной деятельности в повышении экономической мощи государства.

Роль и значение электрических машин в авиационной технике. Краткая история развития авиационных электрических машин. Роль отечественных ученых в развитии авиационных электрических машин. Области применения и общая характеристика основных типов авиационных электрических машин. Место авиационных электрических машин в системе современного оборудования воздушных судов.

Условия работы и технические требования, предъявляемые к авиационным электрическим машинам и критерии их оценки: требования ЕНЛГ-С, требования ГОСТ 19705-89, требования по надежности, критерий взлетной массы, технико-экономические критерии. Действующие стандарты и терминология.

Современные тенденции и перспективы развития авиационного электромашиностроения.

Раздел 01. Авиационные электрические машины постоянного тока.

Тема 01.01. Принцип действия, конструкция, условия эксплуатации авиационных электрических машин постоянного тока (2 часа).

Лекция 01.01.01. Основные типы, особенности конструкции. Образование продольной и поперечной реакции якоря в авиационных электрических машинах постоянного тока. Л [3.3.1, гл.1, гл.2 (2.1, 2.2), гл.3]

Основные элементы конструкции авиационных электрических машин постоянного тока, их назначение, особенности, условия эксплуатации.

Поперечная и продольная реакция якоря в ненасыщенной и насыщенной машинах. Особенности реакции якоря в авиационных электрических машинах постоянного тока. Компенсационная обмотка.

Тема 01.02. Авиационные генераторы постоянного тока (4 часа).

Лекция 01.02.02. Основные соотношения, характеристики, область применения авиационных генераторов постоянного тока. Л [3.1.1, гл.7]

Номинальные данные генераторов, основные соотношения, характеризующие их работу. Условия и процесс самовозбуждения генератора с параллельным возбуждением. Характеристики генератора. Короткое замыкание на зажимах генератора параллельного возбуждения. Серии авиационных генераторов постоянного тока, их основные технические и эксплуатационные данные.

Лекция 01.02.03. Параллельная работа авиационных генераторов постоянного тока. Л [3.3.1, гл.7.3]

Цель и условия параллельного включения генераторов на общую сеть. Параллельная работа в режиме внешней и регулировочной характеристик. Переход генератора параллельного возбуждения в режим двигателя. Особенности параллельной работы авиационных генераторов постоянного тока.

Тема 01.03. Авиационные двигатели постоянного тока. Специальные электрические машины постоянного тока (4 часа).

Лекция 01.03.04. Классификация авиационных двигателей постоянного тока, их технические и эксплуатационные характеристики. Пуск, торможение, регулирование частоты вращения. Л [3.1.1, гл.8 (8.1, 8.3, 8.6)]

Серии авиационных двигателей постоянного тока, их основные технические и эксплуатационные данные. Основные соотношения, характеризующие их работу.

Способы пуска авиационных двигателей постоянного тока. Характеристики авиационных двигателей постоянного тока параллельного, последовательного и смешанного возбуждения. Условия устойчивой работы.

Понятия о методах регулирования частоты вращения, торможения и реверсирования авиационных двигателей постоянного тока.

Лекция 01.03.05. Специальные авиационные электрические машины постоянного тока. Л [3.3.1, гл. 8, (8.2, 8.5), гл.9]

Микромашины постоянного тока. Перспективы развития бесколлекторных машин постоянного тока. Тахогенераторы постоянного тока. Электрические машины постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов.

Раздел 02. Авиационные трансформаторы.

Тема 02.04. Авиационные однофазные и трехфазные трансформаторы (4 часа).

Лекция 02.04.06. Устройство и элементы конструкции авиационных трансформаторов. Основные технические и эксплуатационные требования. Переходные и установившиеся режимы работы однофазного авиационного трансформатора. Л [3.1.1, гл.10]

Классификация авиационных трансформаторов. Устройство и основные конструктивные элементы. Условия работы и основные технические и эксплуатационные данные.

Переходные режимы работы трансформаторов. Включение трансформатора на сеть при разомкнутой вторичной цепи. Уравнение переходного процесса. График изменения магнитного потока при включении трансформатора в сеть при холостом ходе.

Внезапное короткое замыкание. Уравнения переходного процесса. График изменения тока.

Лекция 02.04.07. Несимметричные режимы работы авиационных трехфазных трансформаторов.

Метод и условия анализа несимметричных режимов. Несимметричная нагрузка и двухполюсное короткое замыкание в системе $Y/Y-0$. Однофазное короткое замыкание в системе Y/Y_n-0 . Соединение $\Delta/Y-11$, обрыв фазы.

Специальные типы авиационных трансформаторов. Трансформаторы выпрямительных устройств. Л [3.3.1, гл.10.4]

Классификация специальных типов трансформаторов. Автотрансформаторы. Многообмоточные трансформаторы. Уравнения ЭДС и МДС, векторные диаграммы, схемы замещения.

Особенности работы трансформаторов на выпрямительную нагрузку. Авиационные трансформаторно-выпрямительные блоки.

Раздел 03. Авиационные асинхронные машины.

Тема 03.05. Авиационные трехфазные асинхронные двигатели (2 часа).

Лекция 03.05.08. Конструкции и основные характеристики авиационных трехфазных асинхронных двигателей, пуск и регулирование частоты вращения. Работа авиационных асинхронных машин при условиях, отличных от номинальных.

Л [3.3.1, гл.12 (12.2), гл.14 (14.1)]

Особенности конструкции авиационных асинхронных машин, основные характеристики трехфазных авиационных асинхронных двигателей.

Способы пуска в ход трехфазных асинхронных двигателей. Пусковой ток и его влияние на бортовую сеть.

Регулирование частоты вращения трехфазных асинхронных двигателей (изменением частоты, изменением напряжения, изменением числа полюсов, изменением сопротивления цепи ротора, импульсный метод регулирования).

Работа асинхронных двигателей при повышении и понижении напряжения и частоты, при несимметрии напряжений. Влияние высших гармоник поля на механическую характеристику асинхронной машины.

Тема 03.06. Авиационный асинхронный генератор.(2 часа).

Лекция 03.06.09. Конструкция, способы возбуждения, основные характеристики авиационного асинхронного генератора. Л [3.1.2, гл.5 (5.15, 5.16)]

Тормозной и генераторный режимы работы асинхронной машины с короткозамкнутым ротором. Асинхронные генераторы, перспективы их использования как основных источников энергии переменного тока на борту ВС, общие положения, основные уравнения. Схема замещения асинхронного генератора с независимым возбуждением, векторная диаграмма. Физические соотношения. Условия самовозбуждения автономного асинхронного генератора. Схемы замещения асинхронного генератора с самовозбуждением. Частота генерируемых колебаний. Характеристики автономного асинхронного генератора. Потери и КПД.

Тема 03.07. Авиационные асинхронные машины специального применения (2 часа).

Лекция 03.07.10. Авиационные асинхронные специальные машины и микромашины. Основные соотношения, технические и эксплуатационные данные.

Л [3.3.1, гл.16 (16.1,16.2), гл. 17]

Однофазные авиационные асинхронные и конденсаторные двигатели. Области применения, устройство, принцип действия, элементы конструкции, электрическая схема, основные соотношения, способы пуска в ход, механические характеристики.

Двухфазный двигатель. Способы регулирования частоты вращения. Двигатель с полым ротором, элементы конструкции и характеристики.

Гироскопические асинхронные двигатели, коррекционные двигатели. Основные технические и эксплуатационные данные авиационных асинхронных машин специального применения, КПД. Опыт эксплуатации.

Тема 03.08. Авиационные индукционные машины систем синхронной связи (2 часа).

Лекция 03.08.11. Вращающиеся трансформаторы. Сельсины. Л [3.1.1, гл.18.1]

Применение индукционных систем синхронной связи в авиационной технике.

Вращающиеся трансформаторы: общие сведения, устройство, классификация, принцип действия и область применения в авиационном оборудовании. Конструктивное выполнение. Работа вращающегося трансформатора в режиме синусно-косинусного, линейного вращающегося трансформатора и в режиме преобразования координат. Первичное и вторичное симметрирование. Технические и эксплуатационные данные.

Однофазные индукционные системы синхронной связи. Область применения их в авиации. Однофазные индикаторные сельсины, общие сведения, классификация, устройство, конструктивное выполнение, назначение, принцип работы, схемы включения, основные уравнения. Зависимость момента от угла рассогласования.

Конструктивное оформление, принцип включения и использование трансформаторных сельсинов в однофазных индукционных системах синхронной связи. Дифференциальные сельсины, бесконтактные сельсины. Общие сведения о магнелинах, область их применения в авиации. Технические и эксплуатационные данные авиационных сельсинов. Проявления отказов, возможные последствия.

Раздел 04. Авиационные синхронные машины.

Тема 04.09. Авиационные синхронные машины, основные параметры и характеристики авиационных трехфазных синхронных генераторов (2 часа).

Лекция 04.09.12. Принцип работы авиационной синхронной машины, конструктивное исполнение, особенности количественного учета реакция якоря, основные параметры авиационного синхронного генератора. Л [3.1.1, гл.12.3]

Принцип действия авиационной синхронной машины. Назначение и области применения. Основные конструктивные типы и особенности авиационных синхронных машин.

Особенности количественного учета МДС реакции якоря в авиационных явнополюсных машинах при насыщенной и ненасыщенной магнитной системах.

Синхронные индуктивные сопротивления. Параметры авиационных синхронных генераторов в относительных единицах. Характеристики трехфазного генератора при симметричной нагрузке в установившемся режиме работы: внешняя, регулировочная, нагрузочная и трехфазного короткого замыкания. Изменение напряжения при сбросе нагрузки. Построение реактивного треугольника по опытам холостого хода и короткого замыкания. Отношение короткого замыкания (ОКЗ). Построение характеристик с помощью реактивного треугольника.

Тема 04.10. Синхронные машины при несимметричной нагрузке. Однофазный синхронный генератор (2 часа).

Лекция 04.10.13. Несимметричные установившиеся режимы работы трехфазного синхронного генератора. Однофазный генератор. Л [3.3.1, гл.20 (20.2... 20.4)]

Несимметричная установившаяся нагрузка трехфазного синхронного генератора и ее анализ методом симметричных составляющих. Параметры синхронной машины при несимметричной нагрузке: сопротивления прямой, обратной и нулевой последовательностей и их опытное определение. Значения этих параметров для авиационных синхронных машин. Установившееся двухполюсное короткое замыкание и однофазное короткое замыкание на корпус. Значения установившихся токов однофазного и двухфазного короткого замыкания.

Однофазный синхронный генератор. Область применения. Особенности реакции якоря. Гашение обратного поля. Сравнительная оценка однофазного и трехфазного синхронных генераторов.

Влияние несимметрии нагрузки на энергетические показатели синхронного генератора. Основные технические и эксплуатационные данные трехфазных и однофазных авиационных генераторов.

Тема 04.11. Параллельная работа авиационных синхронных генераторов (4 часа).

Лекция 04.11.14. Параллельная работа авиационных синхронных генераторов. Статическая устойчивость. Л [3.3.1, гл.21 (21.1,21.2)]

Параллельная работа синхронных генераторов на борту ВС. Условия включения на параллельную работу и методы синхронизации. Электромагнитная мощность и момент синхронного генератора. Угловые характеристики. Статическая устойчивость синхронной машины, перегрузочная способность. Синхронизирующие мощность и момент. Коэффициенты синхронизирующей мощности и момента. Реактивный момент.

Генераторный и двигательный режимы работы синхронной машины. Перевозбуждение и недовозбуждение.

Лекция 04.11.15. Характерные режимы при параллельной работе синхронных генераторов. Синхронный двигатель. Л [3.3.1, гл.21.3]

Работа синхронного генератора при постоянной активной мощности и изменении тока возбуждения. V-образные кривые синхронной машины. Работа синхронной машины при потере возбуждения.

Работа синхронного генератора при постоянном токе возбуждения и переменной активной мощности. Перевод нагрузки с одного генератора на другой.

Понятие о способах пуска синхронных двигателей. Режим синхронного компенсатора. Реактивный синхронный двигатель.

Тема 04.12. Внезапное короткое замыкание на зажимах синхронного генератора. Свободные и вынужденные колебания (2 часа).

Лекция 04.12.16. Внезапное трехфазное симметричное короткое замыкание на зажимах синхронного генератора. Л [3.1.1, гл.24]

Внезапное трехфазное короткое замыкание на зажимах синхронного генератора при $\psi_0 = 0$ и $\psi_0 = \psi_{\max}$. Физическая картина явлений. Основные уравнения. Сверхпереходные и переходные реактивности и их опытное определение. Ударные токи и механические усилия. Влияние успокоительной обмотки. Постоянные времени обмоток при внезапном коротком замыкании.

Тема 04.13. Авиационные синхронные машины специального применения.

(2 часа).

Лекция 04.13.17. Авиационные синхронные машины специального применения, их технические и эксплуатационные характеристики. Л [3.1.1, гл.22]

Синхронные машины с постоянными магнитами, их параметры и характеристики. Способы регулирования напряжения. Область применения на борту ВС.

Гистерезисный двигатель, принцип действия, асинхронный и синхронный режим работы, электромагнитная мощность и момент, область применения.

Серии авиационных преобразователей и область их применения.

2.2. Перечень тем практических (семинарских) занятий, их объем.

ПЗ 1. Магнитные цепи авиационных электрических машин и методы их расчета (2 часа).

ПЗ 2. Развернутые схемы обмоток якоря постоянного и переменного тока, их построение (2 часа).

2.3. Перечень лабораторных работ (занятий), их объем.

ЛР 1. Исследование авиационного генератора постоянного тока параллельного возбуждения (4 часа).

ЛР 2. Исследование авиационного двигателя постоянного тока параллельного возбуждения (4 часа).

ЛР 3 Исследование авиационного двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (4 часа).

ЛР 4. Исследование авиационного вращающегося трансформатора (4 часа).

ЛР 5. Исследование авиационного асинхронного двигателя с полым ротором (4 ч.).

ЛР 6. Снятие характеристик авиационного трехфазного синхронного генератора (4 часа).

2.4. Тематика курсовых проектов.

Курсовой проект по дисциплине «Авиационные электрические машины» выполняется студентом по индивидуальному заданию по одному из разделов: «Авиационные электрические машины постоянного тока», «Авиационные асинхронные машины», «Авиационные синхронные машины», «Авиационные трансформаторы».

Требования и методические указания к выполнению курсового проекта содержатся в методическом пособии. Л [3.1.5].

3. Учебно-методические материалы по дисциплине

3.1. Основная и дополнительная литература (эталонный комплект)

Основная литература.

- 3.1.1. Панасюк Г.И., Попов И.А., Привалов Г.В. Авиационные электрические машины. - М.:ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1985
- 3.1.2. Специальные электрические машины / Бертинов А.И., Бут Д.А. и др. - М.: Энергоиздат, 1982
- ЛЗ. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. - М.: Высшая школа, 1986

Литература по выполнению лабораторных работ

- 3.1.4. Сапожникова Е.Ж. Авиационные электрические машины. Пособие по выполнению лабораторных работ. Часть I, II, III, IV. - М.: МГТУ ГА, 2000-2002.

Литература по курсовому проектированию

- 3.1.5. Сапожникова Е.Ж. Авиационные электрические машины. Пособие к выполнению курсового проекта. –М.: МГТУ ГА

Дополнительная литература.

- 3.1.6. Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Электрические машины и микромашинны. - М.: Высшая школа, 1990
- 3.1.7. Торопцев Н.Д. Авиационные асинхронные генераторы. - М.: Транспорт, 1970
- 3.1.8. Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических устройств. - М.: Высшая школа, 1988

4. Рекомендуемые электронные учебные материалы по дисциплине (порталы и сайты в Интернет, компьютерные системы обучения и контроля знаний студентов, учебные материалы на CD,DVD и т.п.):

4.1. Программы моделирования электрических и электронных цепей:

Electronics WorkBench, Multisim 2001

4.2. Обучающая и контролирующая программа ASK.

4.3. Программа расчета характеристик асинхронного двигателя.

4.4. Программа расчета характеристик синхронного генератора.

4.5. Информатизированная автоматическая система расчета авиационных трансформаторов.

4.6. Программа, моделирующая переходные процессы в авиационном синхронном генераторе ГТ30НЖЧ12 с гидромеханическим приводом ГП-21 при симметричной и несимметричной статической, а также двигательной нагрузке.

4.7. Программа, моделирующая параллельную работу с сетью авиационного трехфазного синхронного генератора с гидромеханическим приводом.