

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ

_____ А.С. Матвеев
«__» _____ 2021 г.

МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Методические указания к выполнению курсового проекта
по курсу «Мехатронные системы летательных аппаратов»
для студентов IV курса, обучающихся по направлению
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Составитель **Н.Ю. Сипайлова**

Томский политехнический университет

2021

Мехатронные системы летательных аппаратов: методические указания к выполнению курсового проекта по курсу «Мехатронные системы летательных аппаратов» для студентов IV курса, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / сост. Н.Ю. Сипайлова; Томский политехнический университет. – Томск: Томский политехнический университет, 2021. – 25 с.

Руководитель ОЭЭ _____ *А.С. Иващенко*

Руководитель ООП _____ *П.В. Тютева*

Рецензент

Доктор технических наук, профессор ОЭЭ ИШЭ
А.Г. Гарганеев

© Составление. ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2021
© Сипайлова Н.Ю., составление, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	4
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ	5
1.1. Понятие и виды проектирования	5
1.2. Требования, предъявляемые к электротехническим объектам и системам, и принципы проектирования	7
2. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	12
3. ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА	16
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	18
ПРИЛОЖЕНИЕ I	23
ПРИЛОЖЕНИЕ II	24

ПРЕДИСЛОВИЕ

В связи с увеличением потребления электроэнергии на летательных аппаратах (ЛА) создание различного рода электротехнического оборудования, в том числе мехатронных систем, является важной практической задачей.

Разработка новых материалов и технологических процессов, результаты научных исследований, развитие и применение новых методов расчета позволяют проектировать более совершенное электрооборудование.

Разработка как в целом мехатронных систем ЛА, так и отдельных элементов таких систем, представляет собой творческий процесс, целью которого является создание объекта, удовлетворяющего требованиям технического задания и соответствующего по своим технико-экономическим показателям современному уровню развития науки и техники, а также технологии и организации производства. Проектирование мехатронных систем представляет сложную задачу, успех решения которой во многом определяется пониманием физических процессов, происходящих в системе, и правильным учетом реальных характеристик элементов.

Выполнение курсового проекта формирует у студента компетенции инженерного проектирования, помогает расширить и углубить знания, полученные на лекциях, лабораторных занятиях и при самостоятельном изучении дисциплины «Мехатронные системы летательных аппаратов».

Вопросы проектирования элементов мехатронных систем достаточно широко представлены в литературе [3-5, 7, 10-12, 14, 16, 18-21, 24, 25, 39, 41, 44-46, 48, 51-53, 57, 60-62]. Также имеется большое количество учебников и учебных пособий, посвященных рассмотрению физических процессов в электромеханических и статических преобразователях энергии и содержащих необходимые расчетные формулы [1, 2, 6, 8, 9, 13, 15, 17, 22, 23, 26, 27-32, 38, 40, 42, 43, 47, 49, 50, 54-56, 58, 59, 61].

Цель настоящих указаний – сформировать у студентов общее представление о процессе инженерного проектирования и помочь организовать работу над учебным курсовым проектом по дисциплине «Мехатронные системы летательных аппаратов».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЕКТИРОВАНИИ

1.1. Понятие и виды проектирования

Под **проектированием** (**проектирование** – от лат. Projectus – брошенный вперёд) понимается процесс создания **проекта**, т.е. прототипа (прообраза возможного объекта), достаточного для организации его производства и эксплуатации.

Проект технического объекта, таким образом, представляет собой совокупность данных и описаний, дающих необходимую информацию для изготовления и эксплуатации объекта.

Проектирование предполагает создание нового объекта, который обладает наилучшими или заранее обусловленными параметрами, свойствами и технико-экономическими показателями. При проектировании, с одной стороны, используются новые научно-технические идеи и знания, а с другой – элементы прежних решений в новом целом.

Проектирование базируется на следующих общих **принципах**:

1) **иерархичности** (разбиение на уровни описания – система – подсистемы – агрегаты – узлы – конструктивные элементы);

2) **декомпозиции** (разбиение соответствующего уровня описания объекта на составные части с целью их отдельного проектирования);

3) **многоэтапности** (подразделение на стадии, этапы, проектные процедуры и операции);

4) **типизации и унификации** проектных решений, методологии и средств проектирования (выбор таких составляющих объекта проектирования и методик его расчета которые применимы для возможно более широкого класса объектов и процедур);

5) **итерационности** (повторение проектных процедур с целью достижения наилучшего результата).

Различают **промышленное** и **учебное** проектирование.

В соответствии с принципом многоэтапности в **промышленном проектировании** выделяются несколько стадий (табл. 1).

При **учебном проектировании** выполняется **курсовой проект**, подразумевающий проектирование одного из элементов мехатронных систем – например электромеханического или статического преобразователя, электрического или электронного аппарата и т.д., предусмотренного техническим заданием (ТЗ).

Таблица 1

Стадии промышленного проектирования

Название стадии	Цель	Сущность и содержание	Результат
Техническое задание (ТЗ)	Постановка задачи проектирования	Установление назначения, технических характеристик, показателей качества и требований, предъявляемых к разрабатываемому изделию.	Вариант технического задания.
Техническое предложение (предварительное проектирование)	Выбор прототипов и их сравнительный анализ	Отбор из нескольких (в пределе одного) вариантов, подлежащих дальнейшей разработке.	Информация о целесообразных проектных решениях, принимаемых к рассмотрению.
Эскизное проектирование	Выбор окончательного варианта	Детальная проработка возможностей создания изделия, удовлетворяющего ТЗ. Уточнение и корректировка ТЗ задания и предложения. Более точная оценка характеристик проектируемого объекта. Расчетные и экспериментальные работы.	Эскизный проект (комплект документов, содержащих конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия).
Техническое проектирование	Выбор окончательного варианта конструктивного исполнения объекта	Точные расчеты и экспериментальные исследования характеристик объекта и узлов, установление режимов функционирования и порядка эксплуатации, анализ технологических процессов, уточнение оценки экономической эффективности.	Комплект технической документации на изделие, включая конструкторскую, программную, технологическую и эксплуатационную.
Рабочее проектирование	Разработка рабочей документации	Выбор технологических процессов по изготовлению узлов, деталей и компоновка объекта проектирования в целом, уточнение конструктивного оформления и определение показателей, оформление полной проектной документации.	Комплект рабочей документации.

Задачами учебного проектирования являются: 1) выбор прототипа; 2) расчет основных частей, узлов и деталей объекта с обоснованием принимаемых решений; 3) выполнение чертежа общего вида с разрезами и чертежей узлов и деталей, предусмотренных ТЗ; 4) оформление расчетно-пояснительной записки.

1.2. Требования, предъявляемые к электротехническим объектам и системам, и принципы проектирования

Спроектированный электротехнический объект должен удовлетворять ряду **требований**, предъявляемых к техническим изделиям, которые формулируются в стандартах, технических условиях и заданиях.

1. Функционально-технические требования.

1.1. Нагревостойкость частей изделия при нормальном рабочем и аварийном режимах.

1.2. Электрическая прочность изоляционных частей и промежутков при продолжительном максимальном рабочем напряжении и наилучших условиях эксплуатации (атмосферные осадки, пыль и т.д.), а также при коммутационных и грозовых перенапряжениях.

1.3. Механическая прочность и износостойкость частей в пределах гарантируемого срока службы при нормальном рабочем и аварийном режимах.

1.4. Коммутационная способность при нормальном рабочем и аварийном режимах (для коммутирующих аппаратов).

1.5. Специфические требования для отдельных видов объектов.

1.6. Простота конструкции, малые массы и габариты.

2. Эксплуатационные требования.

2.1. Учет влияния окружающих условий.

2.2. Надежность.

2.3. Долговечность.

2.4. Ремонтопригодность (простота и удобство осмотра, замены частей).

2.5. Малые эксплуатационные расходы.

3. Социальные требования.

3.1. Облегчение условий труда обслуживающего персонала.

3.2. Безопасность производства, монтажа и эксплуатации.

3.3. Эстетичность конструкции.

4. Экономические требования.

4.1. Низкая себестоимость.

4.2. Низкие капиталовложения при монтаже и эксплуатации.

4.3. Низкие эксплуатационные расходы.

5. Технологические требования.

5.1. Технологичность конструкции.

6. Производственные требования.

6.1. Учет производственных возможностей.

6.2. Учет возможности модификации, встраивания в комплектные устройства, серийности производства.

При проектировании необходимо учитывать место установки (категория размещения), механические воздействия, параметры окружающей среды (температура, высота над уровнем моря).

Основные принципы проектирования, вытекающие из предъявляемых требований, представлены в таблице 2.

Таблица 2

Принципы проектирования

Принцип	Достижимая цель	Средство достижения цели	Количественные показатели оценки результата
Прогрессивность – техническое совершенство конструкции.	Повышение технического уровня объекта, увеличение производительности и улучшение условий труда.	Принципиально новые конструктивные решения, автоматизация управления, применение более совершенных материалов.	Достигнутые технические параметры (сопоставляются с ранее имеющимися).
Конструктивность – простота и целесообразность конструкции, минимизация массы и габаритов, блочность конструкции.	Получение высоких технико-экономических показателей, облегчение производства и эксплуатации.	Критический анализ аналогичных конструкций, вариантное проектирование, использование нормализованных деталей и узлов, выбор материалов и конструкций, оптимизация.	Материалоемкость (масса и габариты). Количество сборочных узлов, оригинальных и заимствованных деталей. Коэффициент конструктивной преемственности.
Экономичность – высокая эффективность конструкции в производстве и эксплуатации.	Получение минимальных себестоимости и эксплуатационных расходов.	Определение технико-экономических показателей и их корректировка при проектировании, оптимизация по принципу минимума суммарных затрат.	Себестоимость. Эксплуатационные расходы. Экономический эффект. Экономическая эффективность. Срок окупаемости.

Принцип	Достигаемая цель	Средство достижения цели	Количественные показатели оценки результата
Технологичность – простота и удобство изготовления, сборки и регулировки деталей, узлов и конструкции в целом, технологическая преемственность изделия в производстве.	Уменьшение трудоемкости изготовления деталей и сборки изделия, возможность применения наиболее производительных технологических процессов и их типизация.	Привлечение технологов к участию в разработке конструкции с начальной стадии проектирования.	Общая трудоемкость и трудоемкость по видам работ. Средневзвешенный класс точности изготовления деталей. Средний разряд работ. Коэффициент технологической преемственности.
Надежность – высокие эксплуатационные качества изделия, четкость работы при нормальных и ненормальных режимах работы, долговечность. Простота и безопасность монтажа и обслуживания.	Обеспечение длительной бесперебойной работы, увеличение срока службы, обеспечение требования техники безопасности и производственной санитарии.	Учет при проектировании и конструировании эксплуатационных требований, опыта эксплуатации и аварийной статистики по объектам аналогичного назначения.	Срок службы. Критерии надежности.
Эстетичность – цельность, соразмерность, выразительность формы изделия, наилучшее ее соответствие функции и назначению изделия.	Создание наиболее благоприятных условий для работы обслуживающего персонала, повышение культуры обслуживания.	Привлечение к конструированию дизайнеров.	Рост производительности труда.
Эргономичность – удобство обслуживания и ремонта.	Создание оптимального режима работы человека в системе «человек-машина».	Учет при проектировании человеческого фактора.	Рост производительности труда.

В соответствии с принципом декомпозиции проектируемый объект разбивается на **элементы**.

Составными элементами являются **детали, узлы и группы**.

Деталь – элементарная часть изделия, изготовленная из целого куска материала без применения сборочных операций.

Узел (сборочная единица) – разборное или неразборное соединение двух или большего числа деталей (в узел также могут входить один или несколько мелких узлов). Узел, с которого начинается сборка изделия, называется базовым.

Группа – соединение узлов и деталей, являющееся одной из основных составных частей объекта, а также совокупность узлов и деталей, объединенных общностью выполняемых ими функций.

Например, классифицировать **части** наиболее распространенных аппаратов можно следующим образом.

1. Проводники токоведущего контура и их контактные соединения.
2. Коммутирующие контакты.
3. Дугогасительные устройства.
4. Механизмы.
5. Электромагниты.
6. Электроизоляционные детали и узлы.
7. Корпусные детали, оболочки и резервуары.

Детали и узлы аппаратов классифицируются по конструктивно-технологическим признакам, следующим образом.

1. Корпусные детали, оболочки и резервуары.
 - 1.1. Корпусы, рамы, каркасы и другие основания аппаратов.
 - 1.2. Шкафы, ящики, коробки, кожухи и другие оболочки.
 - 1.3. Масляные баки, воздушные и другие резервуары.
2. Детали механизмов.
 - 2.1. Валики, валы, подшипники, втулки, рычаги, шестерни, зубчатки, кулачки, кулачковые шайбы и др.
 - 2.2. Держатели контактов, якоря магнитопроводов и другие детали контактных и электромагнитных механизмов.
 - 2.3. Цилиндры, поршни, корпуса вентиляей, детали пневматических и гидравлических механизмов.
 - 2.4. Оси, керны, опоры, основания, платы, детали зацепления и другие детали электромеханизмов.
 - 2.5. Пружины.
3. Детали и узлы токоведущих частей.
 - 3.1. Коммутирующие контакты и контактные детали.
 - 3.2. Катушки из меди большого сечения.
 - 3.3. Жесткие и гибкие электрические соединения и шунты.
 - 3.4. Многовитковые катушки.
 - 3.5. Элементы резисторов.
 - 3.6. Биметаллические элементы.

- 4. Магнитопроводы.
 - 4.1. Магнитопроводы аппаратов постоянного тока.
 - 4.2. Магнитопроводы аппаратов переменного тока.
 - 4.3. Постоянные магниты.
- 5. Электроизоляционные детали и узлы.
 - 5.1. Детали из пластмассы.
 - 5.2. Детали, получаемые механической обработкой из изоляционных материалов и дерева.
 - 5.3. Детали, имеющие намотанную и слоистую изоляцию.
 - 5.4. Детали из керамики.
 - 5.5. Детали и узлы с литой изоляцией.

2. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект представляет собой письменную самостоятельную учебно-исследовательскую работу студента, предназначен для систематизации, закрепления теоретических знаний и практических навыков при решении конкретных задач, а также для развития умения аналитически оценивать, защищать и обосновывать полученные результаты.

Курсовой проект – учебная работа, содержащая результаты выполнения задачи, сформулированной в техническом задании (ТЗ), включает текстовую документацию (расчетно-пояснительная записка) и графический материал (сборочный чертеж спроектированного изделия).

Объем расчетно-пояснительной записки должен составлять 30–35 страниц рукописного текста. В ней должны быть приведены:

- титульный лист;
- задание;
- реферат;
- содержание работы (оглавление);
- введение;
- основные разделы, выполненные в соответствии с ТЗ;
- заключение;
- перечень использованных источников;
- приложения.

Титульный лист является первым листом пояснительной записки и оформляется по форме, регламентируемой СТО ТПУ [64]. Пример оформления титульного листа представлен в прил. I.

Задание (техническое задание) на курсовое проектирование является документом, в котором формулируется тема курсового проекта с указанием исходных данных в виде номинальных параметров, характеристик объекта проектирования и режимов работы, указывается содержание пояснительной записки (текстового документа) и графической части. При учебном проектировании задание, оформленное соответствующим образом преподавателем и утвержденное руководителем ООП, выдается каждому студенту. Пример оформления задания представлен в прил. II.

Пояснительная записка должна в краткой и четкой форме раскрывать тему курсового проекта.

Тема курсового проекта формулируется на основе следующих тематик.

1. Проектирование электромеханического преобразователя мехатронной системы.

2. Проектирование полупроводникового преобразователя мехатронной системы.

3. Проектирование электрического или электронного аппарата мехатронной системы.

Во введении приводятся общие сведения об исследуемом объекте (назначение, область применения, классификация, устройство, принцип действия, схема подключения), отмечаются основные проблемы при разработке и усовершенствовании изделий и пути их решения.

Основная часть включает выбор прототипа, обоснование выбора конструктивных форм и расчеты отдельных узлов объекта. Обоснование выбора прототипа осуществляется на основе сравнительного анализа нескольких вариантов объектов. При этом описываются технические параметры и характеристики, их достоинства и недостатки.

Например, требуется спроектировать дистанционную передачу угла с заданной точностью. Известно, что такая задача может быть реализована с помощью сельсинов, поворотных трансформаторов, редуктосинов, микросинов, индуктосинов и т.д. Обоснованное заключение может быть сделано на основе анализа достигнутого уровня точности каждого вида передачи и ряда других показателей.

Схему выпрямления обычно выбирают на основе сравнительного анализа нескольких вариантов в зависимости от назначения выпрямителя, требований к качеству электропитания потребителя, а также массогабаритных и стоимостных показателей. Выпрямители для питания маломощных устройств, как правило, выполняются однофазными. Выпрямители средней и большой мощности, питающиеся от трехфазных электрических сетей общепромышленного назначения или от трехфазных автономных источников электроэнергии (например, синхронного генератора, приводимого во вращение дизелем), выполняются чаще всего по трехфазной мостовой схеме

Заключение должно содержать краткие выводы по результатам выполненной работы, оценку полноты решений поставленных задач, разработку рекомендаций по конкретному использованию результатов работы.

В **перечень использованных источников** включаются только те, на которые имеются ссылки в пояснительной записке.

Изложение материала в проектной записке ведется по разделам и пунктам. Порядок пунктов зависит от выбранного метода расчета и вида проектируемого изделия.

Несмотря на большое разнообразие электротехнических объектов можно наметить общий ориентировочный **порядок расчета** для отдельных групп электротехнических изделий, который подходит к учеб-

ному проектированию. При промышленном проектировании порядок изменяется вследствие разделения его на эскизный, технический и рабочий этапы.

Для электрических аппаратов кинематической коммутации порядок расчета следующий.

1. Выбор и расчет электрической изоляции.
2. Проектирование проводников и контактных соединений токоведущего контура.
3. Проектирование коммутирующих контактов.
4. Проектирование дугогасительного устройства.
5. Расчет электродинамических усилий.
6. Проектирование механизма привода.
7. Проектирование корпусных и изоляционных деталей, оболочек, резервуаров.

Для электрических машин алгоритм расчета зависит от типа машины. Например, для асинхронного двигателя предлагается следующий порядок расчета.

1. Определение главных размеров (диаметр расточки и активная длина электрической машины).
2. Расчет обмотки и геометрии зубцовой зоны статора (выбор типа обмотки, расчет количества пазов, числа витков обмотки, сечения провода, размеров пазов).
3. Расчет ротора.
4. Расчет магнитной цепи и намагничивающего тока.
5. Определение параметров обмоток.
6. Расчет параметров номинального режима и рабочих характеристик.
7. Расчет параметров переходных процессов.
8. Расчет потерь и КПД.
9. Тепловой и вентиляционный расчет.
10. Механический расчет.

Для полупроводниковых преобразователей используется следующий алгоритм расчета.

1. Расчет трансформатора преобразователя производится по заданным параметрам сети переменного тока и мощности нагрузки, выбранной схемы выпрямления, а также КПД и коэффициента мощности выпрямителя.
2. Выбор трансформатора по справочнику на основании расчетных данных.
3. Выбор элементной базы (полупроводниковых приборов) по предельному значению тока, протекающего через прибор, и максималь-

ному значению обратного напряжения с учетом условий охлаждения и отличия формы тока от полусинусоиды.

4. Расчет и выбор сглаживающего реактора из условий обеспечения непрерывности тока во всем диапазоне нагрузок и изменения угла регулирования, а также ограничения пульсаций выпрямленного тока.

В расчетной части записки приводятся расчетные формулы в символическом виде и с числовыми значениями, а также результаты вычислений с указанием размерности. Все расчеты необходимо снабжать пояснениями и ссылками на литературу.

Оформление записки выполняется в соответствии с требованиями СТО ТПУ, действующими в данный период времени [64]. Записка должна быть подписана исполнителем с указанием даты ее окончания.

Графическая часть проекта включает чертеж общего вида изделия в 2-х или 3-х проекциях с необходимыми разрезами, чертежи наиболее важных узлов и деталей (в соответствии с ТЗ), а также спецификацию узлов и деталей с указанием материалов.

Выполненный курсовой проект предоставляется преподавателю для проверки и (в случае удовлетворительного исполнения) защищается студентом.

3. ВЫПОЛНЕНИЕ И ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель оценки выполнения курсового проекта – выявление степени готовности к самостоятельной деятельности с использованием информационных источников (сбору и обработке информации) и расчетных методик, и способности анализировать результаты и принимать решения.

Подготовленная курсовая работа подписывается студентом и представляется преподавателю на проверку в установленные календарным рейтингом-планом сдачи курсовой работы сроки. Проверка курсовых работ преподавателем осуществляется в течение трех дней после сдачи.

Преподаватель оценивает выполнение курсовой работы и соответствие календарному рейтингом-плану по 40-балльной системе.

Результат оценивается в соответствии с критериями, представленными в таблице 3.

Цель защиты курсового проекта – выяснение объема знаний и умений студента по курсу.

К защите допускаются студенты, выполнившие с требуемым качеством разделы задания и набравшие не менее 22 баллов по результатам проверки преподавателем содержания пояснительной записки.

Отметка о допуске делается на титульном листе пояснительной записки.

В соответствии с графиком студент защищает результаты курсового проектирования.

Вопросы формулируются в соответствии с темой работы и требованиями к знаниям и умениям по осуществлению деятельности проектирования.

Вопросы к защите могут быть сформулированы следующим образом.

1. Пояснить требования, предъявляемые к проектируемому объекту в целом (функционально-технические, эксплуатационные, технологические и т.д.) или конкретному узлу.
2. Пояснить теоретические основания расчетных методик.
3. Объяснить процедуру выбора прототипа.
4. Оценить качество спроектированного объекта.

Результат оценивается в соответствии с рейтингом-планом и шкалой оценочных мероприятий.

При получении менее 33 баллов проект считается не защищенным.

Таблица 3

Шкала оценивания выполнения курсового проекта

Критерий оценивания	Шкала оценивания		
	8 баллов	5 баллов	0 баллов
Своевременность представления работы	Работа сдана на проверку своевременно	Работа сдана на проверку с опозданием на 2-3 недели	Работа сдана на проверку значительно позже указанного срока
Качество оформления пояснительной записки к курсовому проекту	Оформление записки соответствует стандартам	Оформление записки характеризуется отклонениями от стандартов	Оформление записки не соответствует стандартам
Качество выполнения расчетов	Ошибки в расчетах отсутствуют	Имеются не принципиальные ошибки в расчетах	Имеются грубые ошибки в расчетах
Наличие выводов к разделам курсового проекта и заключения	Сделаны подробные выводы к каждому разделу курсового проекта и заключение	Выводы неполные и/или даны не для каждого раздела курсового проекта, либо отсутствует заключение	Выводы и заключение отсутствуют
Качество выполнения чертежа	Чертеж не содержит принципиальных ошибок и/или отступлений от стандартов	Чертеж содержит незначительные ошибки и/или характеризуется отклонениями от стандартов	Чертеж характеризуется наличием грубых ошибок и не соответствует стандартам
Максимум:	40 баллов	25 баллов	0 баллов доработать

При получении 33 и более баллов проект считается защищенным. Итоговая дифференцированная оценка за выполнение проекта рассчитывается преподавателем путем суммирования баллов, полученных по результатам проверки пояснительной записки и баллов, полученных на защите.

Преподаватель подписывает оформленную ведомость курсового проектирования и передаёт её в деканат

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Электрические аппараты

1. Буль Б.К. Основы теории электрических аппаратов / Б.К.
2. Буль и др.; под ред. Г.В. Буткевича. – М.: Высш. шк., 1970. – 599 с.
3. Буткевич Г.В. Задачник по электрическим аппаратам: учебное пособие / Буткевич Г.В., Дегтярь В.Г., Сливинская А.Г. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1987. – 232 с.
4. Виттенберг М.И. Расчет электромагнитных реле. – Л.: Энергия, 1975. – 413 с.
5. Гордон А.В. Электромагниты постоянного тока / А.В. Гордон, А.Г. Сливинская. – М.: Энергоиздат, 1972. – 446 с.
6. Грачёв А.С. Электрические аппараты: руководство по решению задач проектирования электрических аппаратов / Мар. гос. ун-т; А.С. Грачёв. – Йошкар-Ола, 2009. – 111 с.
7. Елкин В.Д. Электрические аппараты / В.Д. Елкин, Т.В. Елкина. – Минск : Дизайн-ПРО, 2003. – 76 с.
8. Жукова Г.А. Курсовое проектирование по низковольтным электрическим аппаратам / Г.А. Жукова, В.П. Жуков: Учеб. пособие – М.: Высш. шк., 2006. – 160 с.
9. Кляйн Р.Я. Электрические и электронные аппараты: учебное пособие. Ч. I: Физические явления в электрических аппаратах / Кляйн Р.Я. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2000. – 97 с.
10. Коновалов, О.А. Электрические и электронные аппараты: учеб. пособие / О.А. Коновалов, А.В. Пяталов. – Комсомольск-на-Амуре, 2003. – 145 с.
11. Литовченко В.В., Чумоватов А.И. Тяговые электрические аппараты: Методические указания к выполнению курсового проекта по дисциплине «Электрооборудование электроподвижного состава», раздел «Тяговые электрические аппараты». – М.: МИИТ, 2003. – 63 с.
12. Любчик М.А. Оптимальное проектирование силовых электромагнитных механизмов. – М.: Энергия, 1974. – 392 с.
13. Любчик М.А. Расчет и проектирование электромагнитов постоянного и переменного токов / М.А. Любчик. – М.: Госэнергоиздат, 1959. – 223 с.
14. Любчик М.А. Силовые электромагниты аппаратов и устройств автоматики постоянного тока / М.А. Любчик. – М.: Энергия, 1968. – 150 с.

15. Никитенко А.Г. Автоматизированное проектирование электрических аппаратов. – М.: Высш.школа, 1983. – 192 с.
16. Основы теории электрических аппаратов / под ред. И.С. Таева. – М.: Высшая школа, 1987. – 352 с.
17. Проектирование электрических аппаратов / Под ред. Г.Н. Александрова. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 449 с.
18. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
19. Сахаров, П.В. Проектирование электрических аппаратов / П.В. Сахаров. – М.: Энергия, 1971. – 558 с.
20. Сипайлова Н.Ю. Электрические и электронные аппараты. Проектирование: учебное пособие для прикладного бакалавриата / Н. Ю. Сипайлова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Москва: Юрайт, 2016. – 168 с.
21. Сотсков Б.С. Основы расчета и проектирования электромеханических элементов электрических аппаратов / Б.С. Сотсков. – М.: Энергия, 1965. – 574 с.
22. Ступель Ф.А. Расчет и конструирование электромагнитных реле – М.: Госэнергоиздат, 1950 – 332 с.
23. Таев И.С. Основы теории электрических аппаратов / И.С. Таев. – М.: Высш. шк., 1987. – 351 с.
24. Таев И.С. Электрические аппараты управления. – М.: Высш. школа, 1984. – 247 с.
25. Усатенко, С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД / С.Т. Усатенко и др. – М.: Изд-во Стандартов, 1989. – 324 с.
26. Фоков К.И. Электрические аппараты: метод. пособие к выполнению курсового проекта для специальности 1004 / К.И. Фоков. – Хабаровск : ДВГАПС, 1995. – 35 с.
27. Чунихин А.А. Электрические аппараты. Общий курс: учебник для вузов / Чунихин А.А. – 4-е изд., стер. – М.: Альянс, 2008. – 720 с.
28. Шеховцов В.П. справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению / В.П.Шехоцов. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2009. – 136 с.
29. Электрические аппараты высокого напряжения /Под ред. Г.Н. Александрова. – Л.: Энергоатомиздат, 1989. – 343 с.
30. Электрические аппараты. Учебник для вузов/ под ред. Ю.К. Розанова – 2-ое изд., испр. и доп. – М.: Информэлектро. 2001. – 420 с.
31. Электрические и электронные аппараты: учебник для вузов / под ред. Ю.К. Розанова. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 752 с.

32. Электромеханические аппараты автоматики / Под ред. Б.К.Буля и др. – М.: Высш. школа, 1988. – 303 с.
33. Электромеханические аппараты: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е. Г. Акимов и др.; под ред. А.Г.Годжелло, Ю.К.Розанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 352 с.
34. ГОСТ Р 50030.4.1-2002 (МЭК 60947-4-1-2000). Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 4-1. Контактторы и пускатели. Электромеханические контактторы и пускатели.
35. ГОСТ 11206-77 (2002). Контактторы электромагнитные низковольтные. Общие технические условия.
36. ГОСТ Р 51731-2001 (МЭК 61095-92). Контактторы электро-механические бытового и аналогичного назначения.
37. ГОСТ 14312-79. Контакты электрические. Термины и определения.
38. ГОСТ 2491-82. Пускатели электромагнитные низковольтные. Общие технические условия.

Электрические машины

39. Вольдек, А.И. Электрические машины: учебник для вузов / А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1978. – 832 с.
40. Ермолин, Н.П. Расчёт коллекторных машин малой мощности / Н.П. Ермолин. – Л.: Энергия, 1973. – 214 с.
41. Ермолин, Н.П. Электрические машины малой мощности / Н.П. Ермолин. – М.: Высшая школа, 1967. – 504 с.
42. Каасик, П.Ю. Расчет управляемых короткозамкнутых микродвигателей / П.Ю. Каасик, Е.Д. Несговорова, А.П. Борисов. – Л.: Энергоатомиздат, 1972.
43. Кацман М.М. Электрические машины: Учеб. для студентов сред. проф. учебных заведений. – 3-е изд., испр. – М.: Издательский центр «Академия»; 2001.
44. Копылов, И.П. Электрические машины: учебник для вузов / И.П. Копылов. – М.: Логос, 2000. – 608 с.
45. Лифанов, В.А. Расчёт исполнительных и моментных двигателей постоянного тока: учебное пособие / В.А. Лифанов, Г.Н. Мармелёв. – Челябинск: Изд-во ЧПИ. 1987. – 72 с.
46. Лифанов, В.А. Расчет электрических машин малой мощности: учебное пособие / В.А. Лифанов, Г.В. Помогаев, Н.П. Ермолин. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 127 с.
47. Лифанов, В.А. Расчет электрических машин малой мощности с возбуждением от постоянных магнитов: учебное пособие / В.А.

Лифанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 164 с.

48. Лифанов, В.А. Электрические машины систем автоматики и бытовой технике/ В.А. Лифанов. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 238 с.

49. Лопухина, Е.М. Автоматизированное проектирование электрических машин малой мощности / Е.М. Лопухина, Г.А. Семенчуков. – М.: Высшая школа, 2002. – 512 с.

50. Лопухина, Е.М. Асинхронные исполнительные микродвигатели для систем автоматики / Е.М. Лопухина. – М.: Высшая школа, 2002

51. Осин, И.Л. Электрические машины систем автоматики / И.Л. Осин, В.И. Юферов. – М.: Энергия, 2002.

52. Проектирование электрических машин. В 2-х кн./ И.П. Копылов, Б.К. Клоков, В.П. Морозкин, Б.Ф. Токарев; Под ред. И.П. Копылова. М.: Энергоатомиздат, 1993.

53. Столов, Л.И. О выборе геометрии микродвигателя постоянного тока / Л.И. Столов // Электричество. – 1968, №6.

54. Тазов, Г.В. Автоматизированное проектирование электрических машин малой мощности / Г.В. Тазов, В.В. Хрущёв. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 334 с.

55. Хрущёв, В.В. Электрические машины систем автоматики / Н.П. Хрущев. – Л.: Энергоатомиздат, 1985. – 364 с.

56. Хрущёв, В.В. Электрические микромашины переменного тока для устройств автоматики / Н.П. Хрущев. – Л.: Энергия, 1969. – 286 с.

57. Юферов, Ф.М. Электрические машины автоматических устройств / Ф.М. Юферов. – М.: Высшая школа, 1988. – 480 с.

Полупроводниковые преобразователи

58. Борисов П.А., Томасов В.С. Расчет и моделирование выпрямителей: учебное пособие по курсу «Элементы систем автоматики». – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. – 169 с.

59. Гельман М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009.

60. Попков О.З. Основы преобразовательной техники. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 200 с.

61. Расчет основных параметров и выбор элементов управляемых выпрямителей: методические указания / Е.В. Тумаева, Д.В. Горбунова. – Нижнекамск: Нижнекамский химико-технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «КНИТУ», 2014. – 16 с.

62. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1980. – 424 с., ил.

63. Силовые преобразователи в электроснабжении. Расчет режимов работы выпрямителя: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 140211 «Электроснабжение» Института дистанционного образования [Электронный ресурс] / Томский политехнический университет (ТПУ); сост. Б. В. Лукутин, И.О. Муравлев. – 1 компьютерный файл (pdf; 1.0 МВ). – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – Заглавие с титульного экрана. – Электронная версия печатной публикации. – Доступ из корпоративной сети ТПУ. – Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m443.pdf> (контент)

Документация

64. СТО ТПУ 2.5.01-2011. Система образовательных стандартов. Работы выпускные квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс] – Томск, 2011. – Режим доступа <http://standard.tpu.ru/standart.html>, свободный.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Форма титульного листа курсового проекта

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Инженерная школа энергетики

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

(тема курсового проекта)

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине:

«Мехатронные системы летательных аппаратов»

Студент, группа

И.О. Фамилия

(подпись)

Руководитель

(должность, ученая степень, звание)
(дата)

И.О.Фамилия

(подпись)

Томск – 20

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Образец задания

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет»

Инженерная школа энергетики Отделение электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

ФИО

« ____ » _____ 202 г.

Задание

на выполнение курсового проекта

студенту гр. № группы ФИО

1. **Тема проекта** Магнитный пускатель для пуска асинхронного двигателя

2. **Срок сдачи законченного проекта** _____

3. **Исходные данные к проекту**

Ном. мощность асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором $P_{2н} = 21$ кВт;
ном. напряжение $U = 220/380$ В; ном. частота $f = 50$ Гц; число фаз $m_l = 3$; число полюсов
 $2p = 2$; степень защиты IP 44; режим работы – длительный.

Категория применения пускателя – АСЗ.

4. **Содержание пояснительной записки:**

Титульный лист.

Задание на проектирование.

Содержание.

Введение.

Выбор прототипа.

Расчет токоведущего контура.

Расчет системы дугогашения.

Расчет механической характеристики.

Расчет электромагнитного привода.

Заключение.

Перечень использованных источников.

Приложения.

Спецификация к сборочному чертежу магнитного пускателя.

5. **Перечень графического материала:**

Сборочный чертеж магнитного контактора.

6. **Перечень обязательного графического материала в пояснительной записке:**

Эскизы токоведущего контура, дугогасительной системы, электромагнитного привода, механическая и тяговые характеристики

7. **Дата выдачи задания** _____

Руководитель проекта _____ (подпись)

Фамилия, Имя, Отчество

Задание к выполнению принял _____ (подпись студента)

Фамилия, Имя, Отчество

Учебное издание

МЕХАТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Методические указания к выполнению курсового проекта
по курсу «Мехатронные системы летательных аппаратов»
для студентов IV курса, обучающихся по направлению
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Составитель
СИПАЙЛОВА Надежда Юрьевна