

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

С.В. Солёный

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«17» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Проектирование бортовой кабельной сети»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	13.05.02
Наименование направления подготовки/ специальности	Специальные электромеханические системы
Наименование направленности	Электромеханические системы специальных устройств и изделий
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург – 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«17» февраля 2025 г, протокол № 5

Заведующий кафедрой № 32

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Проектирование бортовой кабельной сети» входит в образовательную программу высшего образования – программу специалитета по направлению подготовки/ специальности 13.05.02 «Специальные электромеханические системы» направленности «Электромеханические системы специальных устройств и изделий». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность принимать участие в проектировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с проектированием систем электроснабжения гражданских летательных аппаратов малой и средней авиации, принципов работы силовых установок, электротехнических и электроэнергетических устройств летательных аппаратов и их специальных электромеханических систем.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: *лекции, лабораторные работы, самостоятельная работа обучающегося.*

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является развитие у обучающихся способностей принимать участие в проектировании систем электроснабжения гражданских летательных аппаратов малой и средней авиации, знаний принципов работы силовых установок, электротехнических и электроэнергетических устройств летательных аппаратов и их специальных электромеханических систем.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способность принимать участие в проектировании электротехнических и электроэнергетических устройств, специальных электромеханических систем в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	ПК-1.3.1 знает методику проведения расчетов схем и параметров элементов оборудования; расчетов режимов работы объектов профессиональной деятельности ПК-1.У.1 умеет собирать и анализировать данные для проектирования, составления конкурентноспособных вариантов технических решений ПК-1.У.2 умеет применять современные программные комплексы и системы автоматизированного проектирования с учетом требований промышленной, пожарной и взрывобезопасности, охраны труда ПК-1.В.1 владеет навыками подготовки предпроектной документации на основе типовых технических решений

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Электротехника;
- Электрические машины и аппараты;
- Электроснабжение объектов отрасли;
- Специальные электромеханические системы.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Техническое обслуживание и ремонт специальных электромеханических систем;
- Производственная практика научно-исследовательская работа;
- Производственная преддипломная практика.

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№9
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 9					
Раздел 1. Классификация летательных аппаратов и источников электрической энергии на воздушных судах					
Тема 1.1. Типы летательных аппаратов и их классификация.	4		4		5
Тема 1.2. Источники электроэнергии на различных типах летательных аппаратов					
Тема 1.3. Вспомогательные и резервные источники электроэнергии					

Раздел 2. Авиационные генераторы Тема 2.1 Принцип работы генераторов переменного тока. Тема 2.2 Основные характеристики генераторов переменного тока. Управление генератором переменного тока. Тема 2.3 Авиационные генераторы постоянного тока Тема 2.4 Типы генераторов постоянного тока Тема 2.5 Управление генераторами постоянного тока	3		4		5
Раздел 3. Авиационные аккумуляторы Тема 3.1 Состав и устройство типовых аккумуляторных батаей Тема 3.2 Основные характеристики аккумуляторных батарей Тема 3.3 Общая классификация и типы авиационных аккумуляторов Тема 3.4 Способы соединения аккумуляторов Тема 3.5 Способы заряда авиационных аккумуляторов	4		5		10
Раздел 4. Другие основные элементы электрической системы однодвигательного самолета Тема 4.1 Авиационные инверторы Тема 4.2 Способы защиты электрических систем Тема 4.3 Внешняя силовая цепь. Электрическая схема авиационного стартера Тема 4.4 Цепь управления шасси Тема 4.5 Системы освещения самолетов	4		2		10
Раздел 5. Параллельное подключение генераторов постоянного тока летательного аппарата Тема 5.1 Распределение мощности на многомоторном летательном аппарате. Электрическая система с отдельными шинами Тема 5.2 Типы проводов и кабельных линий для самолетов	2		2		8
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17	0	17	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	1. Классификация летательных аппаратов и источников электрической энергии на воздушных судах Тема 1.1. Типы летательных аппаратов и их классификация. Тема 1.2. Источники электроэнергии на различных типах летательных

	аппаратов Тема 1.3. Вспомогательные и резервные источники электроэнергии
2	2. Авиационные генераторы Тема 2.1 Принцип работы генераторов переменного тока. Тема 2.2 Основные характеристики генераторов переменного тока. Управление генератором переменного тока. Тема 2.3 Авиационные генераторы постоянного тока Тема 2.4 Типы генераторов постоянного тока Тема 2.5 Управление генераторами постоянного тока
3	3. Авиационные аккумуляторы Тема 3.1 Состав и устройство типовых аккумуляторных батаей Тема 3.2 Основные характеристики аккумуляторных батарей Тема 3.3 Общая классификация и типы авиационных аккумуляторов Тема 3.4 Способы соединения аккумуляторов Тема 3.5 Способы заряда авиационных аккумуляторов
4	4. Другие основные элементы электрической системы однодвигательного самолета Тема 4.1 Авиационные инверторы Тема 4.2 Способы защиты электрических систем Тема 4.3 Внешняя силовая цепь. Электрическая схема авиационного стартера Тема 4.4 Цепь управления шасси Тема 4.5 Системы освещения самолетов
5	5. Параллельное подключение генераторов постоянного тока летательного аппарата Тема 5.1 Распределение мощности на многомоторном летательном аппарате. Электрическая система с отдельными шинами Тема 5.2 Типы проводов и кабельных линий для самолетов

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 9				
1	Исследование и расчет схемы управления генератором постоянного тока	4		1,2
2	Расчёт параметров батареи в бортовой	4		1,3

	кабельной сети			
3	Разработка блок-схемы электрической системы для многомоторного самолета	5		1,5
4	Расчет и анализ характеристик зависимого инвертора	2		1,4
5	Проектирование системы электроснабжения внутреннего и наружного освещения среднегабаритного самолета	2		1,4,5
Всего		17		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы
Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся
Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 9, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	30	30
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	6	6
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	2	2
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения
для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
https://repo.ssau.ru/bitstream/Uchebnye-izdaniya/Sistemy-elektrosnabzheniya-	<i>Мрыкин, С. В.</i> Системы электроснабжения самолётов:	-

samoletov-104081/1/978-5-7883-1908-7_2023.pdf	учебное пособие / <i>С.В. Мрыкин.</i> – Самара: Издательство Самарского университета, 2023. – 64 с. : ил.	
--	---	--

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
https://profstandart.rosmintrud.ru	База профессиональных стандартов
https://lib.guap.ru/jirbis2/index.php	Электронная библиотека ГУАП

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
2	Мультимедийная лекционная аудитория	31-03 или 31-04 (Большая Морская 67) или 418 (Московский пр-т 149 ВА)

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов для экзамена	Код индикатора
-------	--------------------------------	----------------

1-9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Приведите основные расчетные формулы основных параметров генератора переменного тока (напряжение, ток, активная и реактивная мощность). 2. Приведите основные расчетные формулы основных параметров генератора постоянного тока (напряжение, ток, активная и реактивная мощность). 3. Опишите структуру системы электроснабжения самолёта, указав основные компоненты (источники питания, сеть передачи, потребители, преобразователи, регуляторы) и их функциональное назначение. 4. Расскажите о классификации систем электроснабжения по признакам: по типу тока, напряжению, частоте, а также по источнику энергии (первичная, вторичная) и по питанию потребителей. 5. Объясните разницу между первичной и вторичной системами электроснабжения на самолёте, приведите примеры их применения. 6. Опишите принцип работы авиационного генератора переменного тока, уделив внимание роли процесса возбуждения и поддержанию стабильности напряжения. 7. Перечислите и охарактеризуйте ключевые особенности работы генераторов постоянного тока в авиации, в том числе особенности схемы подключения с общим минусом. 8. Объясните, как работают системы защиты генераторов (от перегрева, короткого замыкания, несимметричного распределения нагрузки и т.д.) и почему они необходимы для безопасности полёта. 9. Расскажите о принципах формирования внешней и внутренней характеристик генераторов, а также о значении регулирования тока возбуждения для их корректной работы. 	ПК-1.3.1
10-18	<ol style="list-style-type: none"> 10. Сравните различные источники электроэнергии, используемые на самолётах (генераторы, аккумуляторы, топливные элементы), и охарактеризуйте их преимущества и недостатки с точки зрения надежности и условий эксплуатации. 11. Проанализируйте роль вспомогательных и резервных источников питания в системах электроснабжения самолётов и обоснуйте необходимость их использования при отказе основных агрегатов. 12. Сравните различные способы возбуждения генераторов (самовозбуждение, независимое возбуждение от постоянного тока, возбуждение от возбудителя) и охарактеризуйте влияние каждого способа на эксплуатационные характеристики генератора. 13. Обсудите влияние характеристик нагрузки на работу генераторов в самолёте и какие факторы следует учитывать при выборе элементов электросистемы для обеспечения стабильности и надежности работы. 14. Сравните проектные решения для создания централизованных и децентрализованных (или 	ПК-1.У.1

	раздельных) сетей электроснабжения в самолётах, выделив основные достоинства и ограничения каждого подхода.	
	<p>15. Опишите, как современные системы автоматизированного проектирования (САД-системы) могут быть использованы для моделирования схемы электроснабжения самолёта и проверки соответствия нормативным требованиям.</p> <p>16. Расскажите о процессе создания цифровой модели системы электроснабжения самолёта с использованием специализированного программного обеспечения, от разработки схем до анализа работы системы.</p> <p>17. Объясните, какую роль играют симуляционные программы при анализе поведения авиационных генераторов при различных режимах нагрузки и как результаты моделирования влияют на выбор технических решений.</p> <p>18. Опишите подходы к оптимизации компоновки кабельных линий и распределительных устройств с помощью современных программных инструментов, учитывая требования по снижению массы и увеличению надежности.</p>	ПК-1.У.2
19-25	<p>19. Сформулируйте свод требований к предпроектной документации системы электроснабжения самолёта. Включите в этот раздел нормативно-технические документы, типовые решения по каждому из рассмотренных разделов (1–5) и обоснуйте, как данные требования способствуют повышению конкурентоспособности и безопасности проекта.</p> <p>20. Принципиальная схема и графики характеристик серийного электродвигателя постоянного тока? Применение на самолёте?</p> <p>21. Принципиальная схема и графики характеристик шунтового электродвигателя постоянного тока? Применение на самолёте?</p> <p>22. Виды аккумуляторных батарей, применяемые на летательных аппаратах. Параллельное последовательное и смешанное (комбинированное) соединение аккумуляторных батарей. Приведите основные расчетные формулы для параметров (емкость, ток, внутр. сопротивление).</p> <p>23. Виды преобразователей электрической энергии (выпрямители, инверторы), применяемые на летательных аппаратах и их основные расчетные соотношения и формулы?</p> <p>24. Электропривод механизмов, агрегатов и органов управления летательных аппаратов?</p> <p>25. Типовая упрощенная схема управления выпуском шасси.</p>	ПК-1.В.1

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.
Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код
-------	---	-----

		индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
<p>1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа</p>		
1.1	<p>Какой параметр синхронного генератора переменного тока определяется формулой $E = c \cdot \omega \cdot \Phi$, где c – конструктивная постоянная, ω – угловая скорость вращения, а Φ – магнитный поток?</p> <p>а) Напряжение на зажимах генератора б) Электродвижущая сила (ЭДС) генератора в) Ток короткого замыкания г) Ток нагрузки</p>	ПК-1.3.1 ПК-1.У.1 ПК-1.У.2 ПК-1.В.1
1.2	<p>Какое из следующих утверждений наиболее точно характеризует особенности параллельной работы генераторов в системах электроснабжения самолётов?</p> <p>а) Нагрузка распределяется равномерно без необходимости корректировки настроек. б) Параллельная работа требует точной настройки регуляторов напряжения для компенсации различий в настройках и равномерного распределения нагрузки. в) Каждый генератор работает автономно без влияния на баланс общей системы. г) Параллельная работа снижает риск возникновения ударных токов короткого замыкания.</p>	
<p>2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов</p>		

2.1	<p>Какие меры применяются для повышения надёжности систем электроснабжения самолётов? Выберите все правильные ответы.</p> <p>a) Резервирование источников питания b) Применение однопроводной системы для снижения массы проводки c) Установка дополнительных регуляторов напряжения d) Регулярное техническое обслуживание оборудования</p>	ПК-1.3.1 ПК-1.У.1 ПК-1.У.2 ПК-1.В.1										
2.2	<p>Какие параметры необходимо учитывать при выборе электрооборудования для системы электроснабжения самолёта? Выберите два правильных ответа.</p> <p>a) Масса оборудования b) Энергоэффективность c) Внешний вид оборудования d) Условия эксплуатации</p>											
<p>3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце</p>												
3.1	<p>Установите соответствие между типами нарушений в работе энергосистемы и их причинами.</p> <table border="0" data-bbox="319 1003 1273 1328"> <thead> <tr> <th data-bbox="319 1003 694 1041">Методы возбуждения</th> <th data-bbox="702 1003 1273 1041">Особенности</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="319 1048 694 1126">1. Самовозбуждение от постоянного магнита</td> <td data-bbox="702 1048 1273 1126">a. Простота конструкции, но ограниченная мощность</td> </tr> <tr> <td data-bbox="319 1133 694 1211">2. Возбуждение через выпрямитель</td> <td data-bbox="702 1133 1273 1211">b. Обеспечивает более стабильное регулирование напряжения</td> </tr> <tr> <td data-bbox="319 1218 694 1328">3. Независимое возбуждение от сети постоянного тока</td> <td data-bbox="702 1218 1273 1328">c. Использование возбудителя для повышения надёжности</td> </tr> </tbody> </table>	Методы возбуждения	Особенности	1. Самовозбуждение от постоянного магнита	a. Простота конструкции, но ограниченная мощность	2. Возбуждение через выпрямитель	b. Обеспечивает более стабильное регулирование напряжения	3. Независимое возбуждение от сети постоянного тока	c. Использование возбудителя для повышения надёжности	ПК-1.3.1 ПК-1.У.1 ПК-1.У.2 ПК-1.В.1		
Методы возбуждения	Особенности											
1. Самовозбуждение от постоянного магнита	a. Простота конструкции, но ограниченная мощность											
2. Возбуждение через выпрямитель	b. Обеспечивает более стабильное регулирование напряжения											
3. Независимое возбуждение от сети постоянного тока	c. Использование возбудителя для повышения надёжности											
3.2	<p>Установите соответствие между типами электродвигателей и источниками питания их основными характеристиками.</p> <table border="0" data-bbox="319 1451 1273 1776"> <thead> <tr> <th data-bbox="319 1451 694 1489">Тип электродвигателя</th> <th data-bbox="702 1451 1273 1489">Особенность</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="319 1496 694 1534">1. Синхронный двигатель</td> <td data-bbox="702 1496 1273 1534">a. Работает с нулевым скольжением</td> </tr> <tr> <td data-bbox="319 1541 694 1619">2. Асинхронный двигатель</td> <td data-bbox="702 1541 1273 1619">b. Характеризуется наличием скольжения</td> </tr> <tr> <td data-bbox="319 1626 694 1704">3. Двигатель постоянного тока</td> <td data-bbox="702 1626 1273 1704">c. Часто используется для точного регулирования</td> </tr> <tr> <td data-bbox="319 1711 694 1776">4. Аккумуляторная батарея</td> <td data-bbox="702 1711 1273 1776">d. Независимая ЭДС</td> </tr> </tbody> </table>	Тип электродвигателя	Особенность	1. Синхронный двигатель	a. Работает с нулевым скольжением	2. Асинхронный двигатель	b. Характеризуется наличием скольжения	3. Двигатель постоянного тока	c. Часто используется для точного регулирования	4. Аккумуляторная батарея	d. Независимая ЭДС	
Тип электродвигателя	Особенность											
1. Синхронный двигатель	a. Работает с нулевым скольжением											
2. Асинхронный двигатель	b. Характеризуется наличием скольжения											
3. Двигатель постоянного тока	c. Часто используется для точного регулирования											
4. Аккумуляторная батарея	d. Независимая ЭДС											
<p>4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности</p> <p>Инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо</p>												
4.1	<p>Установите последовательность этапов проектирования</p>	ПК-1.3.1										

	системы электроснабжения самолёта: а) Выбор оборудования б) Определение требований к системе в) Разработка схемы распределения г) Расчёт нагрузок и параметров	ПК-1.У.1 ПК-1.У.2 ПК-1.В.1
4.2	Установите последовательность действий при восстановлении системы электроснабжения после отказа основного источника питания: а) Выявление неисправности б) Переключение на резервный источник питания в) Оценка состояния оборудования г) Проведение ремонтных работ	
5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом Инструкция: Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ или напишите пропущенное слово/словосочетание		
5.1	Опишите процесс формирования и распределения электрической энергии в системе электроснабжения самолёта, учитывая роль основных компонентов (источников питания, сети передачи и распределительных устройств).	ПК-1.3.1 ПК-1.У.1 ПК-1.У.2 ПК-1.В.1
5.2	Объясните принципы работы авиационных генераторов переменного тока и методы регулирования напряжения, используемые для обеспечения стабильности параметров электроснабжения.	

Примечание: СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ.

1-й тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2-й тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3-й тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца).

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

4-й тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр.

Полное совпадение с верным ответом – 1 балл.

Если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5-й тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте.

Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла.

Если допущена одна ошибка\неточность\ответ правильный, но не полный – 1 балл.

Если допущено более 1 ошибки\ответ неправильный\ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

Структура предоставления лекционного материала:

Лекционный материал демонстрируется с применением мультимедийных инструментов для показа слайдов и анимации, структура лекционного материала преподается согласно таблице 4.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Лабораторная работа №1 Расчет схемы управления генератором постоянного тока

Цель задания - спроектировать простую схему автоматического регулирования напряжения генератора постоянного тока на основе угольного регулятора и реле обратного тока. Выполните расчёты для регулировки выходного напряжения генератора и поймёте принципы работы системы при изменении нагрузки.

Основные задачи для ЛР представлены ниже.

1. Изучить принцип работы генератора постоянного тока с параллельной обмоткой (шунтирующей) и угольного регулятора. Понять, как изменение тока возбуждения через угольный реостат влияет на выходное напряжение генератора.
2. Нарисовать схему системы автоматического регулирования напряжения, которая должна включать генератор, параллельную обмотку (шунтирующую), угольный реостат, нагрузку и реле обратного тока.
3. Выполнить расчёты для регулировки напряжения генератора:
 - рассчитать ток возбуждения и начальное сопротивление угольного реостата.
 - рассчитать, как изменяется сопротивление реостата при увеличении и уменьшении нагрузки, чтобы поддерживать номинальное напряжение.
4. Описать работу реле обратного тока, объяснив, как оно защищает генератор от обратного тока при снижении напряжения ниже заданного порога.
5. Построить график зависимости сопротивления угольного реостата от тока возбуждения и проанализировать его.

Исходные данные

Генератор постоянного тока с параллельной обмоткой (шунтирующая обмотка).

Номинальное напряжение генератора: 28 В.

Ток возбуждения (первоначально): $I_{\text{возб}} = 1,2 \text{ А}$

Ток нагрузки: $I_{\text{наг}} = 30 \text{ А}$

Сопротивление угольного реостата: $R_{\text{уг}} = 0,5 \text{ Ом}$

Методика выполнения

Шаг 1. Основы работы генератора и угольного регулятора

1. Генератор постоянного тока с параллельной обмоткой имеет обмотку возбуждения, подключённую параллельно якорю и нагрузке. Регулирование выходного напряжения происходит за счёт изменения тока возбуждения, который управляется угольным реостатом.

2. Угольный реостат автоматически меняет своё сопротивление в зависимости от нагрузки. При снижении напряжения генератора сопротивление реостата автоматически уменьшается, увеличивая ток возбуждения, что восстанавливает напряжение до номинального уровня. При увеличении напряжения выше нормы реостат увеличивает своё сопротивление, снижая ток возбуждения и стабилизируя напряжение.

Шаг 2. Схема системы автоматического регулирования напряжения

Схема должна содержать:

- Генератор постоянного тока;
- Шунтирующую (параллельную) обмотку возбуждения;
- Угольный реостат (регулятор напряжения);
- Нагрузку (например, лампы или другую электронику);
- Реле обратного тока (для защиты генератора от обратного тока от аккумулятора).

Шаг 3. Расчёт регулирования напряжения

3.1. Рассчитайте общее сопротивление цепи возбуждения:

Используйте номинальные параметры:

$$R_{\text{общ}} = U_{\text{ном}} / I_{\text{возб}} = 28\text{В} / 1,2\text{А} = 23,33\text{Ом}.$$

3.2. Рассчитайте сопротивление обмотки возбуждения генератора:

Обмотка возбуждения и угольный реостат соединены последовательно.

Тогда:

$$R_{\text{возб}} = R_{\text{общ}} - R_{\text{уг}} = 23,33\text{ Ом} - 0,5\text{ Ом} = 22,83\text{ Ом}$$

3.3. Проверьте падение напряжения на элементах цепи возбуждения:

- На реостате:

$$U_{\text{уг}} = I_{\text{возб}} \times R_{\text{уг}} = 1,2\text{ А} \times 0,5\text{ Ом} = 0,6$$

- На обмотке возбуждения:

$$U_{\text{возб}} = I_{\text{возб}} \times R_{\text{возб}} = 1,2\text{ А} \times 22,83\text{ Ом} = 27,4$$

Проверка (сумма падений напряжения должна равняться номинальному напряжению генератора):

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{возб}} + U_{\text{уг}} = 27,4\text{ В} + 0,6\text{ В} = 28\text{ В}$$

Шаг 4. Расчёт изменения сопротивления угольного реостата при изменении нагрузки

Пример расчёта при увеличении нагрузки:

- Пусть нагрузка возрастает с 30А до 40А, напряжение падает ниже номинального уровня (например, до 25В).
- Для восстановления номинального напряжения реостат уменьшает сопротивление (идеально близко к нулю), увеличивая ток возбуждения:

$$I_{\text{возб макс}} = U_{\text{ном}} / R_{\text{возб}} = 28\text{ В} / 22,83\text{ Ом} = 1,23\text{ А}$$

Таким образом, угольный реостат должен иметь возможность снизить сопротивление практически до нуля, чтобы увеличить ток возбуждения до необходимого уровня и вернуть напряжение генератора к номиналу (28 В).

Шаг 5. Описание работы реле обратного тока

Реле обратного тока защищает генератор от обратного тока со стороны аккумулятора:

- При снижении напряжения генератора ниже напряжения аккумулятора (например, ниже 24 В), контакты реле размыкаются.
- Генератор отключается от сети, предотвращая его повреждение и разряд аккумулятора.

Шаг 6. Построение и анализ графиков

Постройте график зависимости сопротивления угольного реостата от тока возбуждения генератора:

- по оси X отложите ток возбуждения $I_{\text{возб}}$ (например, от 1,0 до 1,3 А);
- по оси Y отложите сопротивление реостата $R_{\text{уг}}$ (от 0 до 1 Ом);
- проанализируйте график, сделайте выводы о диапазоне изменения сопротивления реостата и влиянии на стабильность напряжения генератора.

Шаг 7. Подготовка отчёта о выполненной работе:

Отчёт должен включать:

- краткую теорию работы схемы;
- электрическую принципиальную схему;
- подробные расчёты с пояснениями;
- описание работы реле обратного тока;
- построенный график и его анализ;
- выводы по результатам работы.

Лабораторная работа №2

Расчёт параметров батареи в бортовой кабельной сети

Для беспилотного летательного аппарата (БЛА) требуется аккумуляторная батарея, способная обеспечить питание основных систем в течение определённого времени. Необходимо выбрать подходящую конфигурацию батареи на основе последовательного, параллельного или комбинированного соединения аккумуляторов.

Исходные данные:

Напряжение одного аккумулятора: 12 В.

Ёмкость одного аккумулятора: 25 А·ч.

Требуемые параметры для бортовой системы БЛА:

Рабочее напряжение: 48 В.

Запас энергии (ёмкость): 200 А·ч.

Средний ток нагрузки: 20 А.

Дополнительно принять для расчётов (примерные данные, если не указано иное):

- Масса одного аккумулятора: **4 кг**
- Внутреннее сопротивление одного аккумулятора: **0,02 Ом**

Задачи

- 1) Определить оптимальный тип соединения аккумуляторов (последовательное, параллельное или комбинированное) для достижения заданных характеристик.
- 2) Рассчитать количество аккумуляторов и схему их соединения, чтобы достичь необходимых параметров напряжения и ёмкости.
- 3) Рассчитать итоговые параметры батареи и подтвердить, что они соответствуют требованиям БЛА.
- 4) Нарисовать схему соединения аккумуляторов (с указанием количества элементов в последовательных и параллельных ветвях).

- 5) Выбрать АКБ. Убедитесь, что выбранная батарея способна работать в условиях, соответствующих требованиям БЛА.
- 6) На основе выбранных аккумуляторов рассчитайте необходимые параметры батареи и подтвердите их соответствие требуемым характеристикам:
- Учет саморазряда через 180 суток хранения
 - Определение удельной емкости
 - Расчёт внутреннего сопротивления
 - Определение падения напряжения

Методика выполнения

Шаг 1: Определение оптимального типа соединения аккумуляторов

- Определите, какое соединение (последовательное, параллельное или комбинированное) позволит достичь заданных характеристик (напряжение и ёмкость).
- Поясните выбор: последовательное соединение — для увеличения напряжения, параллельное — для увеличения ёмкости.
- Комбинация последовательного и параллельного соединений позволяет одновременно достичь необходимой ёмкости и напряжения.

Шаг 2: Расчёт количества аккумуляторов

2.1. Последовательное соединение:

- Рассчитайте количество аккумуляторов, необходимых для достижения напряжения 48 В:

2.2. Параллельное соединение:

- Рассчитайте количество параллельных ветвей для достижения ёмкости 200 А·ч:

Последовательное соединение для достижения рабочего напряжения:

Требуемое напряжение: $U_{\text{треб}}=48 \text{ В}$

Напряжение одного аккумулятора: $U_{\text{акб}}=12 \text{ В}$

Рассчитаем число аккумуляторов, соединённых последовательно ($n_{\text{посл}}$):

$$n_{\text{посл}} = U_{\text{треб}}/U_{\text{аккумулятор}} = 48 \text{ В}/12 \text{ В} = 4$$

При последовательном соединении ёмкость цепи остаётся равной ёмкости одного аккумулятора (25 А·ч).

Для получения необходимой ёмкости 200 А·ч аккумуляторы соединяются в параллельные ветви.

Рассчитаем число параллельных ветвей ($n_{\text{пар}}$):

$$n_{\text{пар}} = Q_{\text{треб}}/Q_{\text{аккумулятор}} = 200 \text{ А·ч} / 25 \text{ А·ч} = 8$$

Получается схема, состоящая из **8 параллельных ветвей**, каждая из которых содержит **4 последовательно соединённых аккумулятора**.

Итого потребуется:

$$N_{\text{общ}} = n_{\text{пар}} \times n_{\text{посл}} = 8 \times 4 = 32 \text{ аккумулятора}$$

Шаг 3: Итоговые параметры батареи.

1. Общее количество аккумуляторов в батарее: для каждой параллельной ветви требуется 4 аккумулятора, а всего таких ветвей 8. Поэтому общее количество аккумуляторов:

$$n_{\text{общ}} = n_{\text{посл}} \times n_{\text{паралл}} = 4 \times 8 = 32$$

2. Итоговая ёмкость батареи при параллельном соединении ветвей:

$$Q_{\text{общ}} = Q_{\text{одного аккумулятора}} \times n_{\text{паралл}} = 25 \text{ Ач} \times 8 = 200 \text{ Ач}$$

3. Итоговое напряжение батареи при последовательном соединении аккумуляторов:

$$U_{\text{общ}} = U_{\text{одного аккумулятора}} \times n_{\text{посл}} = 12 \text{ В} \times 4 = 48 \text{ В}$$

Таким образом, собранная батарея будет иметь требуемые параметры: **напряжение 48 В** и **ёмкость 200 А·ч**.

Для обеспечения питания бортовой кабельной сети БЛА с заданными параметрами (48 В и 200 А·ч) необходимо собрать батарею из 32 аккумуляторов, соединённых в 8 параллельных ветвей по 4 аккумулятора в каждой ветви, соединённых последовательно.

Шаг 4. Нарисуйте электрическую схему соединения аккумуляторов

На схеме обозначьте:

- Количество аккумуляторов в последовательной ветви (4 шт.).
- Количество параллельных ветвей (8 ветвей).
- Обозначьте напряжение каждой ветви (48 В) и итоговую ёмкость (200 А·ч).

Шаг 5: Для проведения дальнейших расчётов необходимо найти характеристики аккумулятора, который соответствует исходным данным (12 В, 25 А·ч).

Шаг 6: Расчёт необходимых параметров батареи и подтверждение соответствия требованиям

Предположим, что коэффициент саморазряда выбранного аккумулятора составляет $C_{30_суток} = 1\%$.

Тогда через 180 суток ёмкость батареи уменьшится на:

$$C_{180_суток} = 6 \times 1\% \times 6 = 6\%$$

Теперь определим остаточную ёмкость батареи после 180 суток хранения:

$$Q_2 = Q_{общ} \cdot (1 - C_{180_суток} / 100)$$

Подставим значения:

$$Q_2 = 200 \text{ Ач} \cdot (1 - (6/100)) = 200 \cdot 0,94 = 188 \text{ Ач}$$

Таким образом, через 180 суток хранения (6 месяцев) батарея потеряет 6% ёмкости, и её остаточная ёмкость составит **188 А·ч**.

Определение удельной ёмкости (g_0)

Рассчитаем удельную ёмкость батареи, которая отражает соотношение ёмкости к массе батареи.

Сначала определим общую массу батареи, примем, что масса одного АКБ 4 кг:

$$m_{общ} = m_{акб} \times n_{общ} = 4 \text{ кг} \times 32 = 128 \text{ кг}$$

Теперь рассчитаем удельную ёмкость:

$$g_0 = Q_{общ} / m_{общ} = 200 / 128 = 1,56 \text{ А / кг}$$

Расчёт внутреннего сопротивления

Примем, что внутреннее сопротивление одного аккумулятора ($r_{внутр}$) составляет 0,02 Ом. Внутреннее сопротивление всей батареи рассчитывается на основе последовательного и параллельного соединений.

Последовательно соединение увеличивает сопротивление, параллельное — уменьшает.

- Последовательное соединение (4 аккумулятора):

$$R_{посл} = 4 \times r_{внутр} = 4 \times 0,02 \text{ Ом} = 0,08 \text{ Ом}$$

8 таких ветвей соединены параллельно:

$$R_{итог} = R_{посл} / n_{пар} = 0,08 \text{ Ом} / 8 = 0,01 \text{ Ом}$$

Определение падения напряжения на внутреннем сопротивлении:

Пусть средний рабочий ток нагрузки системы — 30 А.

Тогда падение напряжения на внутреннем сопротивлении батареи:

$$U_{пад} = I_{наг} \times R_{батареи} = 30 \text{ А} \times 0,08 \text{ Ом} = 2,4 \text{ В}$$

Лабораторная работа №3.

Разработка блок-схемы электрической системы для многомоторного самолета

Цель работы: разработать блок-схему электрической системы для многомоторного самолета с разделенной шиной, объяснив основные компоненты и принципы работы системы.

Задание.

- 1) Создайте блок-схему, изображающую электрическую систему многомоторного самолета с разделенной шиной. Разделите блок-схему на разделы, представляющие основные компоненты системы, такие как генераторы, шины нагрузки, резервные источники и управляющие устройства.
- 2) Добавьте в блок-схему два основных генератора переменного тока, каждый из которых подключен к своей шине нагрузки.
- 3) Включите резервный генератор как резервный источник энергии в случае отказа одного из главных генераторов.
- 4) Укажите реле трансфера, соединяющие генераторные шины с переходной шиной.
- 5) Обозначьте переходную шину, соединяющую генераторные шины.
- 6) Укажите шины нагрузки, к которым подключены электрические потребители.
- 7) Покажите, как ток может переходить между различными шинами в случае отказа генераторов.
- 8) Добавьте управляющие элементы, такие как переключатели, автоматические выключатели и реле, которые регулируют и защищают систему.
- 9) Укажите, как система переключает питание на резервный генератор в случае неисправности главных генераторов.
- 10) Напишите описание блок-схемы, объясняя работу каждого компонента и принципы переключения между различными источниками питания.
- 11) Объясните преимущества разделенной шины и как она обеспечивает надежность системы электропитания.

Успешным результатом выполнения задания является представление блок-схемы электрической системы для многомоторного самолета с разделенной шиной и описание схемы, в котором подробно объяснены компоненты, их взаимодействие и принципы работы системы.

Контрольные вопросы.

1. Какие принципы проектирования обеспечивают надежность электроэнергетических систем в многомоторных самолетах?
2. Почему важно иметь несколько источников питания для заданных нагрузок на самолете?
3. Каково значение питания критически важных нагрузок через несколько энергетических шин?
4. Какова роль генераторов постоянного тока в системе электропитания двухмоторных самолетов?
5. Какие другие технологические средства и элементы защиты могут быть включены в электрические системы самолетов для обеспечения безопасности и надежности?

Лабораторная работа №4.

Расчет и анализ характеристик зависимого инвертора

Исходные данные:

Источник постоянного тока: $U_d = E_d$ В

Номинальный ток цепи переменного тока: I_{2N} А

Угол коммутации: γ (град)

Угол восстановления управляющей способности тиристора: $\delta_{\text{восст}}$ (град)

Предел изменения тока постоянного тока: $0 < I_d < I_{dN}$

Задание.

Рассчитайте следующие характеристики зависимого инвертора:

a) Напряжение цепи постоянного тока U_{d0} (В).

b) Номинальное значение тока цепи переменного тока I_{2N} (А).

c) Угол коммутации γ (град).

d) Угол, необходимый для восстановления управляющей способности тиристора $\delta_{\text{восст}}$ (град).

Постройте внешнюю характеристику зависимого инвертора $U_d = f(I_d)$ при заданных значениях угла $\beta = \beta_1, \beta = \beta_2, \beta = \beta_3$, и изменяя ток I_d в пределах $0 < I_d < I_{dN}$.

Постройте ограничительную характеристику зависимого инвертора $U_d = f(I_d)$ при значении $\delta_{\text{зmin}} = \delta_{\text{восст}}$ и для 4-5 заданных значений тока цепи постоянного тока I_d в пределах $0 < I_d < I_{dN}$.

Постройте зависимость коэффициента мощности зависимого инвертора χ для трех заданных значений угла β и изменяя ток I_d в пределах $0 < I_d < I_{dN}$.

Постройте зависимость коэффициента полезного действия зависимого инвертора η как функцию тока I_d для трех заданных значений угла β и изменяя ток I_d в пределах $0 < I_d < I_{dN}$.

Приведем программный код Python решения задания по параметрам, представленным для варианта №1.

```
from scipy.signal import savgol_filter
from google.colab import files
```

```
# Заданные значения
```

```
Id_N = 3.0
```

```
Uф2N = 115
```

```
mc = 3
```

```
кТ = 2
```

```
fc = 400
```

```
хф = 5.0
```

```
Rcx = 1.0
```

```
ΔUвпр = 1.5
```

```
tq = 50
```

```
β_values = [30, 45, 60]
```

```
# Рассчитать значения для варианта 1
```

```
Ud0 = mc · Uф2N / хф
```

```
I2N = Id_N / хф
```

```
γ_values = [calculate_γ(Id_N, Ud0, хф, кТ) for _ in β_values]
```

```
δз_min = calculate_δвосст(tq, fc)
```

```
# Построить характеристики
```

```
Id_values = np.linspace(0, Id_N, 100)
```

```
Ud_values = Ud0 · np.cos(np.radians(β_values[0])) + (Id_values · Rcx · хф · ΔUвпр)
```

```
limiting_Ud_values = Ud0 · np.cos(np.radians(β_values[0])) + (Id_values · Rcx · хф · ΔUвпр)
```

```
χ_values = np.cos(np.radians(β_values[0])) + (Id_values · Rcx · хф · ΔUвпр) / Ud_values
```

```
# Создание массивов для коэффициента мощности и КПД
```

```
χ_values = []
```

```

η_values = []

for β in β_values:
    Ud_values = Ud0 · np.cos(np.radians(β)) - (Id_values · Rcx · xφ · ΔUвпр) # Зависимость
    Ud от Id

    # Посчитать мощности
    Pd = Ud_values · Id_values
    P2 = (Id_values · 2) · Rcx · xφ · ΔUвпр
    # Избегаем деления на ноль
    P2[P2 == 0] = 1e-6 # Заменяем нули на маленькое значение

    # Рассчитать коэффициент мощности χ
    χ = np.cos(np.radians(β)) + (Id_values · Rcx · xφ · ΔUвпр) / Ud_values
    χ[χ > 0.998] = 0.998 # Ограничение коэффициента мощности

    # Рассчитать КПД
    η = Pd / (Pd + P2)
    η[η > 0.99] = 0.99 # Ограничение КПД

    χ_values.append(χ)
    η_values.append(η)

# Построить график коэффициента мощности
plt.figure(figsize=(12, 8))

for i, β in enumerate(β_values):
    plt.plot(Id_values, χ_values[i], label=f"β = {β}°")

plt.legend()
plt.title("Зависимость коэффициента мощности χ")
plt.xlabel("Id, A")
plt.ylabel("χ")
plt.grid()
plt.savefig("Power_Factor_χ.svg", format="svg")
files.download("Power_Factor_χ.svg")

# Построить график КПД
plt.figure(figsize=(12, 8))

for i, β in enumerate(β_values):
    plt.plot(Id_values, η_values[i], label=f"β = {β}°")

plt.legend()
plt.title("Зависимость коэффициента полезного действия η")
plt.xlabel("Id, A")
plt.ylabel("η")
plt.grid()
plt.savefig("Efficiency_η.svg", format="svg")
files.download("Efficiency_η.svg")

```



```

# Объединить графики внешней и ограничительной характеристик, а также зависимости
Ud от Id
plt.figure(figsize=(12, 8))

for i,  $\beta$  in enumerate( $\beta$ _values):
    Ud_values = Ud0 * np.cos(np.radians( $\beta$ )) - (Id_values * Rcx * xф *  $\Delta$ Uвпр) # Зависимость
    Ud от Id
    plt.plot(Id_values, Ud_values, label=f" $\beta = \{\beta\}^\circ$  (Ud vs Id)")
    limiting_Ud_values = Ud0 * np.cos(np.radians( $\beta$ )) + (Id_values * Rcx * xф *  $\Delta$ Uвпр) #
    Ограничительная характеристика
    plt.plot(Id_values, limiting_Ud_values, label=f" $\beta = \{\beta\}^\circ$  (Огран. характеристика ка Ud vs
    Id)", linestyle='dashed')

plt.legend()
plt.title("Внешняя и ограничительная характеристики, Ud vs Id")
plt.xlabel("Id, A")
plt.ylabel("Ud, B")
plt.grid()
plt.savefig("Characteristics_Ud_vs_Id.svg", format="svg")
files.download("Characteristics_Ud_vs_Id.svg")

# Вывести результаты для варианта 1
print("Вариант 1")
print(f"Ud0 = {Ud0:.2f} B")
print(f"I2N = {I2N:.2f} A")
for i,  $\beta$  in enumerate( $\beta$ _values):
    print(f"Угол  $\beta\{i + 1\} = \{\beta:.2f\}$  градусов,  $\gamma = \{\gamma\_values[i]:.2f\}$  градусов")
print(f" $\delta z\_min = \{\delta z\_min:.2f\}$  градусов")

```

Результатом работы кода является вывод полученных расчетных данных:

Вариант 1

Ud0 = 69.00 В;

I2N = 0.60 А;

Угол $\beta_1 = 30.00$ градусов, $\gamma = 0.00$ градусов;

Угол $\beta_2 = 45.00$ градусов, $\gamma = 0.00$ градусов;

Угол $\beta_3 = 60.00$ градусов, $\gamma = 0.00$ градусов;

$\delta z_min = 303.10$ градусов.

А также построение заданных графиков и зависимостей: на рисунке 3.1 представлен график зависимости коэффициента мощности инвертора от тока Id и угла значений β ; на рисунке 3.2 - график зависимости КПД инвертора от тока Id и угла значений угла β ; 3.3 – внешняя и ограничительная характеристики инвертора.

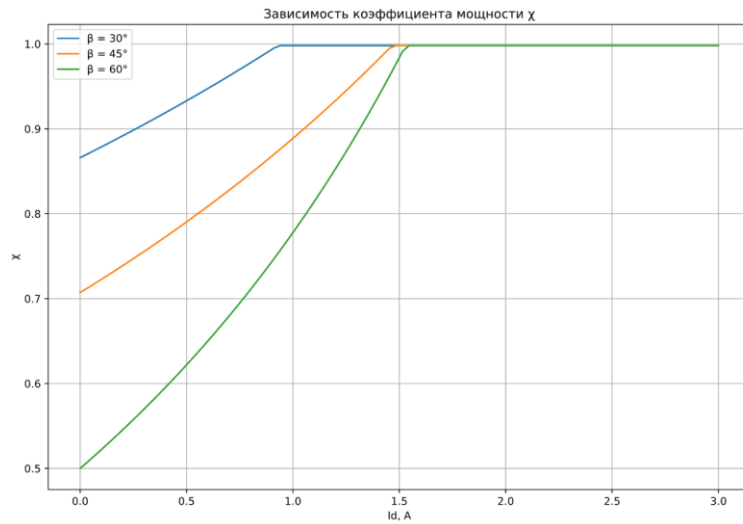


Рис. 3.1. График зависимости коэффициента мощности инвертора от тока I_d и угла значений угла β

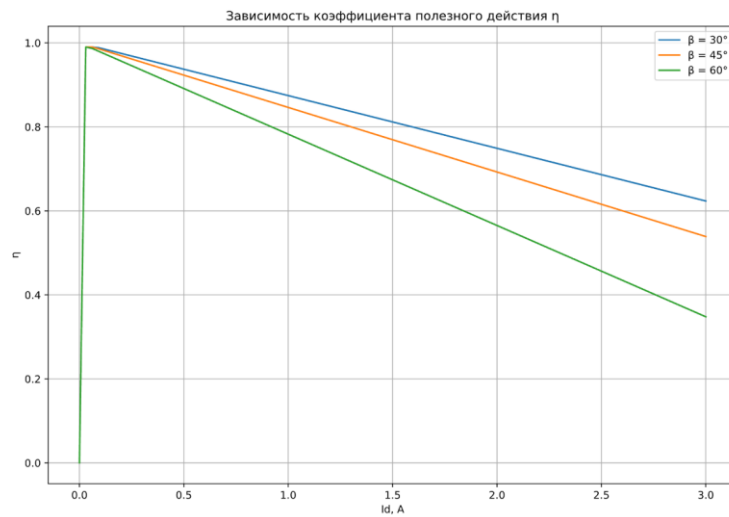


Рис. 3.2. График зависимости КПД инвертора от тока I_d и угла значений угла β ;

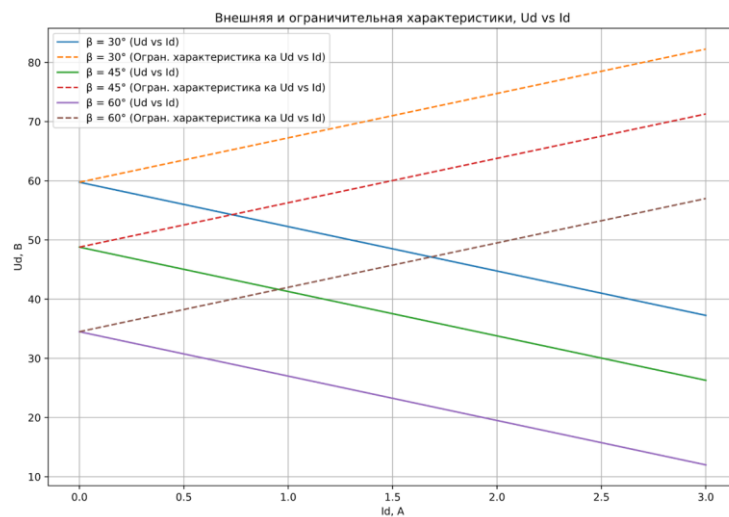


Рис. 3.3. Внешняя и ограничительная характеристики инвертора

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Название учебного заведения

КАФЕДРА № __

ОТЧЕТ
ЗАЩИЩЕН С ОЦЕНКОЙ
ПРЕПОДАВАТЕЛЬ

должность, уч. степень,
звание

подпись, дата

инициалы, фамилия

ОТЧЕТ ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

по курсу:

РАБОТУ ВЫПОЛНИЛ

СТУДЕНТ ГР. № _____

подпись, дата

инициалы, фамилия

Санкт-Петербург 20__

Содержание отчета:

Цель работы: _____

Задачи:

1.

2.

3.

Теоретические сведения

В отчете по лабораторной работе обязательно должны быть указаны теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторной работы, в том числе данные об установке, на которой выполнялась работа.

Расчетно-графическая часть

В начале указываются исходные данные, расчеты, графические построения.

Выводы

Отчет по лабораторной работе обязательно должен содержать выводы по лабораторной работе, в которой должны отражаться факты достижения цели.

Список используемой литературы

Список используемой литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.0.100-2018 – Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления.

Требования к оформлению отчета

Правила оформления отчета

1. Общие требования

1.1. В соответствии с ГОСТ 7.32-2017 – СИБИД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления отчет по лабораторной работе оформляется любым печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4.

1.2. В отчете по лабораторной работе допускается интервал 1.0 и 1.5, кегль не менее 12, выравнивание по ширине, отступ красной строки 1.0.

1.3. Цвет шрифта должен быть черным.

2. Нумерация страниц отчета

2.1. Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляется в низу каждого листа по центру.

2.2. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

3. Нумерация разделов и подразделов отчета

3.1. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами.

3.2. Разделы могут быть разбиты на подразделы. Нумерация подразделов составляется из номера раздела и подраздела, обозначенного через точку, например, «1.1.». В конце названия разделов и подразделов точка не ставится.

4. Иллюстрации

4.1. Иллюстрации подписываются снизу арабскими цифрами через пробел после слова «Рисунок» и имеют либо сквозную нумерацию, либо нумерацию в соответствии с разделами отчета.

4.2. Все иллюстрации (рисунки) должны иметь название, которое указывается после номера иллюстрации через тире, например, «Рисунок 1 – Структурная схема одноконтурной САР».

4.3. Подписи всех иллюстрации выравниваются по центру строки.

5. Графики

5.1. Графики должны быть четкими. При оформлении графиков необходимо указывать обозначения координатных осей и самих графиков.

5.2. Если графики отражают сравнение двух экспериментов, рекомендуется их выполнение в одной системе координат.

6. Таблицы

6.1. В отчете по лабораторной работе рекомендуется сквозная нумерация таблиц. Допускается нумерация таблиц в пределах раздела отчета. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

6.2. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

6.3. Нумерация таблиц производится со словом «Таблица» без знака «№», например, «Таблица 1».

6.5.4. Каждая таблица должна иметь название, которое следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

1. Общие требования

1.1. В соответствии с ГОСТ 7.32-2017 – СИБИБД. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления отчет по лабораторной работе оформляется любым печатным способом на одной стороне листа белой бумаги формата А4.

1.2. В отчете по лабораторной работе допускается интервал 1.0 и 1.5, кегль не менее 12, выравнивание по ширине, отступ красной строки 1.0.

1.3. Цвет шрифта должен быть черным.

2. Нумерация страниц отчета

2.1. Страницы отчета следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту отчета. Номер страницы проставляется в низу каждого листа по центру.

2.2. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц отчета. Номер страницы на титульном листе не проставляется.

3. Нумерация разделов и подразделов отчета

3.1. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего отчета, обозначенные арабскими цифрами.

3.2. Разделы могут быть разбиты на подразделы. Нумерация подразделов составляется из номера раздела и подраздела, обозначенного через точку, например, «1.1.». В конце названия разделов и подразделов точка не ставится.

4. Иллюстрации

4.1. Иллюстрации подписываются снизу арабскими цифрами через пробел после слова «Рисунок» и имеют либо сквозную нумерацию, либо нумерацию в соответствии с разделами отчета.

4.2. Все иллюстрации (рисунки) должны иметь название, которое указывается после номера иллюстрации через тире, например, «Рисунок 1 – Структурная схема одноконтурной САР».

4.3. Подписи всех иллюстрации выравниваются по центру строки.

5. Графики

5.1. Графики должны быть четкими. При оформлении графиков необходимо указывать обозначения координатных осей и самих графиков.

5.2. Если графики отражают сравнение двух экспериментов, рекомендуется их выполнение в одной системе координат.

6. Таблицы

6.1. В отчете по лабораторной работе рекомендуется сквозная нумерация таблиц. Допускается нумерация таблиц в пределах раздела отчета. В этом случае номер таблицы состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой.

6.2. Таблицы нумеруются арабскими цифрами.

6.3. Нумерация таблиц производится со словом «Таблица» без знака «№», например, «Таблица 1».

6.5.4. Каждая таблица должна иметь название, которое следует помещать над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости обучающихся осуществляется по выполнению лабораторных работ и защите отчетов по лабораторным работам.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Для данной дисциплины, согласно учебному плану, промежуточная аттестация проводится в форме экзамена. Экзамен проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развёрнутого ответа. Время на подготовку ответа - 45 минут.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой