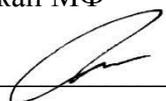


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Мореходный факультет

Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

УТВЕРЖДАЮ
Декан МФ

 /С.Ю. Труднев/

«23» октября 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Судовые автоматизированные электроэнергетические системы»

по направлению подготовки
13.03.02 «Энергетика и электротехника»
(уровень бакалавриат)

профиль: «Электрооборудование и автоматика судов»
квалификация: бакалавр

Петропавловск-Камчатский
2024

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (уровень бакалавриат), учебного плана подготовки специалистов, принятого на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» 02.10.2024 г., протокол № 2

Составитель рабочей программы
Старший преподаватель кафедры «ЭУЭС»



Ястребов Д.П.

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «ЭУЭС»
«17» октября 2024 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «ЭУЭС» к.т.н., доцент

««23» октября 2024 г



Белов О.А.

1. Цель и задачи учебной дисциплины

Судовые автоматизированные электроэнергетические системы (САЭЭС), предназначенные для решения задач производства, распределения и потребления электрической энергии, являются централизованным электроэнергетическим комплексом, включающим в свой состав большое количество взаимосвязанных элементов. Высокий уровень электрооснащенности современных судов выдвигает в число важнейших задачу бесперебойности генерирования и распределения электроэнергии нужного количества и качества.

Цель изучения дисциплины «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы» – сформировать у студентов инженерные знания в области судовой электроэнергетики такого уровня, который позволил бы обеспечить бесперебойное электроснабжение судна, мини-мальное время поиска неисправности и устранения отказа как в силовой сети, так и в современных микропроцессорных системах управления электроэнергетическими установками.

Основные **задачи** курса:

- изучение принципов построения и функционирования судовой электроэнергетической системы;
- изучение физических процессов протекающих в судовой электроэнергетической системе в статических и динамических режимах работы;
- изучение параллельной работы генераторов, как основного режима функционирования судовой электроэнергетической системы, в процессе выполнения судном основных технологических операций;
- изучение принципов автоматического управления и регулирования параметров судовой электростанции;
- изучение схем построения и управления судовыми автоматизированными электроэнергетическими системами;
- приобретение опыта расчета и выбора основных элементов судовой электроэнергетической системы.

В процессе обучения необходимо стремиться к формированию способности курсантов и студентов самостоятельно решать технические вопросы, возникающие при эксплуатации и техническом обслуживании судового электропривода, на основе полученных теоретических и практических навыков.

2. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Энергетика и электротехника» выпускник должен обладать следующими **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**:

1. Способен планировать и вести деятельность по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования. (**ПК-3**).
2. Способен организовывать работу подчиненного персонала (**ПК-5**).

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины (знать, уметь, владеть), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенция или ее часть), представлены в табл. 1.

Таблица 1

ПК-3	Способен планировать и вести деятельность по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования	ИД-1ПК-3. Знает устройство (конструкцию) электрооборудования и устройств автоматики ИД-2ПК-3. Знает назначение и технические характеристики электрообору-	Знать: – принцип работы судовых автоматизированных электроэнергетических систем и обслуживающих ее систем; – основные принципы и правила подготовки судовых автоматизированных электроэнергетических систем к действию;	З(ПК-3)1 З(ПК-3)2
------	--	--	--	--

		<p>дования и устройств автоматизации палубных механизмов, тралового и грузоподъемного оборудования</p> <p>ИД-3_{ПК-3}. Умеет анализировать параметры технического состояния электрооборудования</p> <p>ИД-4_{ПК-3}. Умеет работать с технической документацией по эксплуатации электрооборудования и автоматизации</p>	<p>– основные принципы диагностирования и алгоритмы поиска неисправностей судовых автоматизированных электроэнергетических систем</p>	З(ПК-3)3
			<p>Уметь:</p> <p>– читать электрические схемы;</p> <p>– находить неисправность в системе;</p> <p>– осуществлять управление системы</p>	У(ПК-3)1 У(ПК-3)2 У(ПК-3)3
			<p>Владеть:</p> <p>– навыками эксплуатации судовых автоматизированных электроэнергетических систем;</p> <p>– основными положениями правил технической эксплуатации механизмов и систем</p>	В(ПК-3)1 В(ПК-3)2
ПК-5	Способен организовывать работу подчиненного персонала	<p>ИД-1_{ПК-5}. Знает системы электрооборудования, электротехнических средств автоматизации, навигации и связи судна</p> <p>ИД-2_{ПК-5}. Знает системы автоматического управления вспомогательных котлов</p> <p>ИД-3_{ПК-5}. Знает системы автоматического регулирования напряжения и частоты судовой электростанции, параллельной работы и распределения активных и реактивных нагрузок</p> <p>ИД-4_{ПК-5}. Знает систему автоматизации и обслуживания механизмов гребной электрической установки и электростанций, действие и величина установок защит основного оборудования, особенности стояночных, пусковых и рабочих режимов резервного и аварийного оборудования, правила перевода питания потребителей с судовых источников электроэнергии на береговые и наоборот</p> <p>ИД-5_{ПК-5}. Знает системы</p>	<p>Знать:</p> <p>– устройство, принцип действия и техникоэксплуатационные характеристики отдельных элементов и системы в целом;</p> <p>– физические процессы и свойства судовой электроэнергетической системы в статических и динамических режимах работы;</p> <p>– принципы управления и автоматизации судовой электроэнергетической системы;</p> <p>– организацию технической эксплуатации, технического обслуживания и ремонта судовой электроэнергетической системы;</p> <p>– основы безопасной эксплуатации и требования Регистра, предъявляемые к судовой электроэнергетической системе и ее элементам.</p> <p>– основные законы, применяемые в теории электрических аппаратов; условные обозначения элементов аппаратов в электрических схемах согласно ЕСКД</p>	З(ПК-5)1 З(ПК-5)2 З(ПК-5)3 З(ПК-5)4 З(ПК-5)5 З(ПК-5)6
			<p>Уметь:</p> <p>– выбирать состав действующих технических средств и режим работы судовой электроэнергетической системы в зависимости от производственной необходимости и режима работы судна;</p> <p>– оценивать режим работы и техниче-</p>	У(ПК-5)1 У(ПК-5)2

		<p>автоматического управления рулевым комплексом</p> <p>ИД-6_{ПК-5}. Знает системы управления грузовыми операциями, палубными механизмами и грузоподъемными механизмами</p> <p>ИД-7_{ПК-5}. Умеет устранять дефекты и отказы в работе электрооборудования</p> <p>ИД-8_{ПК-5}. Умеет выполнять ремонт судового высоковольтного электрооборудования</p> <p>ИД-9_{ПК-5}. Владеет навыками проведения планового и текущего ремонта электрооборудования, электротехнических средств автоматики, навигации и связи судна</p>	<p>ское состояние работающих элементов электроэнергетической системы по контрольным параметрам и косвенным характеристикам их работы;</p> <p>– управлять процессом работы судовой электроэнергетической системы в ручном и автоматическом режиме;</p> <p>– осуществлять поиск и устранение неисправностей, организовывать техническое обслуживание и ремонт элементов судовой электроэнергетической системы</p> <p>– производить необходимые расчёты для выбора аппаратов</p> <p>Владеть:</p> <p>– навыками эксплуатации судовой электроэнергетической системы и ее элементов;</p> <p>– навыками управления режимами работы судовой электроэнергетической системы;</p> <p>– навыками построения и чтения электрических схем;</p> <p>– использования технической документации и ведения судовой эксплуатационной документации.</p> <p>– навыками настройки, проверки и диагностики неисправностей электрических аппаратов</p>	<p>У(ПК-5)3</p> <p>У(ПК-5)4</p> <p>У(ПК-5)1</p> <p>В(ПК-5)1</p> <p>В(ПК-5)2</p> <p>В(ПК-5)3</p> <p>В(ПК-5)4</p> <p>В(ПК-5)5</p>
--	--	--	---	---

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы» (САЭЭС) относится к части, формируемой участниками образовательных отношений в структуре основной профессиональной образовательной программы, обеспечивает подготовку курсантов и студентов в области электроснабжения. Дисциплина изучается после изучения основных фундамен-

тальных дисциплин и включает лекции, практические и лабораторные занятия и самостоятельную работу, а для студентов заочной формы обучения выполнение контрольной работы.

Данная дисциплина базируется на совокупности таких дисциплин, как «Основы технической эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматизации», «Элементы и функциональные устройства судовой автоматики», «Судовые электрические машины», «Судовые электроприводы», «Судовая электроника и силовая преобразовательная техника».

Знания, умения и навыки, полученные студентами в ходе изучения дисциплины «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы» должны служить базой при изучении дисциплин «Ремонт и монтаж судового электрооборудования и средств автоматики», «Основы расчета и проектирования СЭС», «Тренажерная подготовка», «Системы управления энергетическими и техническими процессами», «Техническая эксплуатация судна», «Моделирование судового электрооборудования и средств автоматизации».

4. Содержание дисциплины

Тематический план дисциплины по заочной форме обучения представлен в виде табл. 4

Таблица 4

4 курс								
Наименование разделов и тем	Все го часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Общие сведения о САЭЭС	21	1	1			20	Контроль СРС, защита лаб. работ	
Судовые электрические станции	25	5	2	1	2	20		
Судовые электрические сети	25	5	2	1	2	20		
Переходные процессы	26	6	2	2	2	20		
Защита судовых электроэнергетических систем	22	2		2		20		
Системы управления	29	4	2	2		25		
Судовое электрическое освещение	23	3	1	2		20		
<i>Экзамен</i>	9						Коллоквиум	9
Всего	180	26	10	10	6	145		9

4.2. Содержание дисциплины

Тема 1. Общие сведения о САЭЭС.

Лекция 1.1

Рассматриваемые вопросы:

Определения, понятия о САЭЭС, основные элементы, классификация и структурные схемы СЭЭС. Условия эксплуатации, режимы работы и показатели СЭЭС. Основные параметры СЭЭС. Качество электрической энергии в СЭЭС. Судовые потребители электрической энергии и их деление на группы. Общие сведения о проектировании СЭЭС.

Тема 2. Судовые электрические станции.

Лекция 2.1

Рассматриваемые вопросы:

Определения, назначение, классификация электрических станций, требования Регистра к ним. Общие сведения о генераторных агрегатах, характеристика первичных двигателей и электромеханических генераторов. Генераторы прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую. Преобразователи электроэнергии. Электроснабжение судов от береговых сетей.

Лекция 2.2

Рассматриваемые вопросы:

Аккумуляторы, основные параметры устройства, принцип действия, правила обслуживания, выбор аккумуляторов. Аварийные источники электрической энергии на судах. Аварийные электростанции, требования Регистра к ним.

Лекция 2.3

Рассматриваемые вопросы:

Системы автоматического регулирования напряжения и частоты: общие сведения, требования, принципы построения. Системы автоматического регулирования, действующие по возмущению, отклонению, комбинированные системы и с каналом упреждающей импульсной форсировки возбуждения.

Лекция 2.4

Рассматриваемые вопросы:

Параллельная работа судовых генераторов. Распределение активных и реактивных нагрузок. Особенности параллельной работы вало- и дизельгенераторов.

Тема 3. Судовые электрические сети.

Лекция 3.1

Рассматриваемые вопросы:

Общие сведения, определения, классификация судовых электрических сетей, характеристика сетей. Судовые кабели: определение, назначение, электрическая и тепловая характеристики. Тепловое состояние кабеля, работающего в непрерывном режиме и периодическом. Тепловое состояние кабеля в режиме короткого замыкания. Характеристика проводов и шинопроводов.

Лекция 3.2

Рассматриваемые вопросы:

Расчет судовых электрических сетей, контроль изоляции, электро- и пожаробезопасность сетей. Электрораспределительные щиты: определение, назначение, классификация и устройство.

Тема 4. Переходные процессы.

Лекция 4.1

Рассматриваемые вопросы:

Общие сведения. Причины, виды и последствия короткого замыкания (КЗ) в СЭЭС. КЗ в СЭЭС постоянного тока. КЗ в СЭЭС переменного тока. Токи КЗ синхронного генератора и асинхронного двигателя. Трехфазные КЗ при автоматической стабилизации напряжения синхронного генератора.

Лекция 4.2

Рассматриваемые вопросы:

Определение тока в КЗ. Практические методы расчетов тока в КЗ. Упрощенный аналитический метод расчета токов в КЗ. Электродинамическое и термическое действие токов в КЗ на элементы СЭЭС.

Лекция 4.3

Рассматриваемые вопросы:

Процессы в СЭЭС при внезапном изменении нагрузки. Влияние автоматического регулятора напряжения на изменение напряжения синхронного генератора при набросе нагрузки. Определение, изменение напряжения синхронного генератора при изменении нагрузки.

Лекция 4.4

Рассматриваемые вопросы:

Устойчивость САЭЭС: общие сведения, определение. Статическая устойчивость. Динамическая устойчивость. Устойчивость асинхронной нагрузки. Мероприятия по повышению статической и динамической устойчивости. Построение и использование математических моделей для расчета переходных режимов СЭЭС.

Тема 5. Защита судовых электроэнергетических систем.

Лекция 5.1

Рассматриваемые вопросы:

Назначение, структура и основные требования, предъявляемые к защите. Виды и параметры переходных процессов, учитываемые при построении защиты СЭЭС.

Лекция 5.2

Рассматриваемые вопросы:

Защиты генераторов и преобразователей электроэнергии. Защита электрических сетей. Защита потребителей электрической энергии. Направления совершенствования защиты СЭЭС.

Тема 6. Системы управления.

Лекция 6.1

Рассматриваемые вопросы:

Основные типы систем управления (СУ) СЭЭС. Принципы построения и структура СУ СЭЭС. Математический аппарат, применяемый для описания алгоритмов управления.

Лекция 6.2

Рассматриваемые вопросы:

Автоматизация процесса управления структурой СЭЭС. Алгоритмическое описание процесса автоматического управления структурой СЭЭС. Алгоритм синхронизации генераторов. Алгоритм автоматического распределения активных нагрузок. Алгоритм управления включением запрограммированных потребителей электроэнергии.

Лекция 6.3

Рассматриваемые вопросы:

СУ СЭЭС на функциональных устройствах, блоках и модулях. Принципы построения СУ. СУ СЭЭС с единым логическим управляющим устройством. СУ СЭЭС с применением микропроцессоров и микроЭВМ.

Тема 7. Судовое электрическое освещение.

Лекция 7.1

Рассматриваемые вопросы:

Общие сведения. Восприятие света. Основные светотехнические характеристики. Источники света: лампы накаливания, газоразрядные источники света. Схемы включения ламп дугового разряда. Судовые светильники. Расчет электрического освещения. Навигационные огни. Аварийное освещение. Лампы специального назначения, эритемные лампы.

Темы и задания на практические занятия

Практическая работа № 1. Обоснование и выбор основных параметров САЭС

Практическая работа № 2. Режимы работы источников питания

Практическая работа № 3. Расчет мощности судовой электростанции

Практическая работа № 4. Схемы судовых электростанций

Практическая работа № 5. Расчет шин электrorаспределительных устройств

Практическая работа № 6. Выбор аппаратуры электrorаспределительных устройств

Практическая работа № 7. Расчет судовых электрических сетей

Конкретные задания при выполнении практических работ приведены в методических указаниях к изучению дисциплины [11].

Темы лабораторных занятий

Лабораторная работа № 1. Определение угловых характеристик $P(\delta)$, $Q(\delta)$, $U(\delta)$ синхронного генератора

Лабораторная работа № 2. Ручное подключение к сети синхронного генератора методом точной синхронизации

Лабораторная работа № 3. Дистанционное управление моделью электрической системы с помощью виртуального пульта

Лабораторная работа № 4. Снятие характеристики холостого хода $E_0 = f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

Лабораторная работа № 5. Снятие характеристики короткого замыкания $I_K = f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

Лабораторная работа № 6. Снятие внешней $U = f(I)$, регулировочной $I_f = f(I)$ и нагрузочной $U = f(I_f)$ характеристик трехфазного синхронного генератора

Лабораторная работа № 7. Подключение к сети трехфазного синхронного генератора методом точной синхронизации

Лабораторная работа № 8. Подключение к сети трехфазного синхронного генератора методом самосинхронизации

Лабораторная работа № 9. Снятие U–образной характеристики $I = f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

Конкретные задания при выполнении лабораторных работ приведены в методических указаниях к изучению дисциплины [11].

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся

5.1. Внеаудиторная самостоятельная работа курсантов / студентов

С целью качественного усвоения учебного материала и подготовки к текущему контролю и аттестации, организуется самостоятельная работа курсантов и студентов. Объемы самостоятельной работы, рассматриваемые темы и организация изучения изложены в методических указаниях по организации самостоятельной работы¹.

Самостоятельная работа студентов ставит своей целью развитие навыков ведения самостоятельной работы, приобретение опыта систематизации полученных результатов исследований, формулировку новых выводов и предложений как результатов выполнения работы, развитие умения использовать научно-техническую литературу и нормативно-методические материалы в практической деятельности, приобретение опыта публичной защиты результатов самостоятельной работы.

Результаты самостоятельной работы оформляются в виде конспекта. По отдельным рассматриваемым вопросам студенты готовят реферат.

Студенты заочной формы обучения пишут контрольную работу. Методические указания по выполнению контрольной работы представлены в Фонде оценочных средств дисциплины «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы».

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (экзамен)

1. САЭЭС: определение, краткие исторические сведения о развитии судовых ЭЭС. Понятие о САЭЭС.
2. Основные элементы СЭЭС, их характеристика.
3. Классификация и структурные схемы СЭЭС.
4. Условия эксплуатации, и режимы работы СЭЭС.
5. Показатели СЭЭС.
6. Основные параметры СЭЭС.
7. Качество электрической энергии в СЭЭС.
8. Судовые потребители электрической энергии и их деление на группы.
9. Традиционный подход в проектировании СЭЭС.
10. Системный подход в проектировании СЭЭС.
11. Общие сведения об автоматизации СЭЭС.
12. СЭЭС, как подсистема ГЭУ.
13. СЭС: определение, назначение, требования Регистра к основным СЭС.

¹ Белов О.А. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: методические указания к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения / О. А. Белов – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 100 с.

14. АЭС: назначение, электрические соединения с основной электростанцией, требования Регистра.
15. ГА: определение, назначение, классификация, требования Регистра.
16. Характеристика ПД ГА, достоинства, недостатки.
17. Функциональные схемы СЭС: общие требования, принципы построения.
18. Генераторы прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую: общие сведения, необходимость в их применении, достоинства и недостатки.
19. Электромашинные преобразователи электрической энергии: назначение, состав, достоинства и недостатки.
20. Структурная схема фидера берегового питания, элементы защиты, устройство РЩБП.
21. САРЧ ПД ГА: необходимость применения, принципы построения, классификация, перспективные САРЧ.
22. Характеристика ПД генераторов, достоинства и недостатки.
23. Характеристика электромеханических генераторов, как источников электрической энергии СЭС.
24. Электроснабжение судов от береговых сетей: необходимость в данном мероприятии, условия и порядок подключения.
25. Электрические аккумуляторы, общие сведения, основные параметры. Достоинства и недостатки.
26. ТЭГ, устройство, принцип действия.
27. Комбинированные САРН.
28. ССН, действия по отклонению. САРН с импульсной форсировкой возбуждения.
29. САРН прямого и косвенного действия. Структурная схема ССН бесщеточного СГ.
30. Обеспечение начального возбуждения СГ с самовозбуждением.
31. Схемы подмагничивания генераторов, схемы отключения возбуждения СГ.
32. ССН генераторов постоянного тока.
33. Автоматическое регулирование частоты генераторных агрегатов.
34. Режимы работы и виды АС.
35. Законы управления.
36. Условия включения генератора постоянного тока на параллельную работу. Параллельная работа генераторов параллельного возбуждения.
37. Параллельная работа генераторов смешанного возбуждения. Распределение нагрузок между параллельно работающими генераторами постоянного тока.
38. Включение СГ на параллельную работу. Виды, методы и условия синхронизации.
39. Составление, линеаризация и формы записи уравнений.
40. ТЭМГ: устройство, принцип действия.
41. МГДК: устройство, принцип действия.
42. Расчет мощности СЭС аналитическим методом.
43. Расчет мощности СЭС методом числовых характеристик.
44. Щелочные аккумуляторы: устройство, принцип действия, правила обслуживания.
45. Кислотные аккумуляторы: устройство, принцип действия, правила обслуживания.
46. Расчет мощности СЭС вероятностными методами. Общая характеристика.
47. Выбор кислотных аккумуляторов для стартерной и совместной нагрузок.
48. Выбор щелочных аккумуляторов.
49. Алгоритм расчета мощности СЭС табличным методом.
50. Статические электромагнитные преобразователи электрической энергии: назначение, устройство, принцип действия (на примере МУ).
51. ССН, действующие по возмущению.
52. РОТ: назначение, устройство, принцип действия.
53. Электрон-1: назначение, устройство, принцип действия.
54. ЗОФН: работа устройства при обрыве фаз.

55. ЗОФН: работа устройства при нормальном режиме и при снижении напряжения.
56. БРОаТ: назначение, устройство, принцип действия.
57. КН: назначение, устройство, работа блока в автономном режиме ГА.
58. РОМ индукционного типа с бегущим полем, назначение, устройство, принцип действия.
59. ВАК32-40: стабилизация тока.
60. Двухимпульсный электронный регулятор частоты вращения.
61. АС управления и регулирования: основные понятия, определения.
62. ВАК32-40: назначение, устройство, принцип действия.
63. Выбор электромашинного зарядного агрегата.
64. Порядок ввода генератора постоянного тока на параллельную работу и вывода его из работы.
65. Конвертеры, преобразователи частоты: назначение, состав, графики изменения выходных величины.
66. Выбор статических зарядных агрегатов.
67. Двухимпульсный электронный регулятор частоты вращения.
68. Параллельная работа судовых генераторов: необходимость параллельной работы, достоинства и недостатки, требования Регистра.
69. Классификация АС по назначению.
70. Принципы построения АС, функциональные схемы.
71. МГДГИ: устройство, принцип действия.
72. Выбор функциональных схем СЭС.
73. Статические электромагнитные преобразователи электрической энергии: назначение, устройство, принцип действия (на примере МУ).
74. Выпрямители, инверторы: назначение, состав, графики изменений выходной величины.
75. ССН: необходимость применения, принцип построения, классификация, требования Регистра.

7. Рекомендуемая литература

7.1. Основная литература

1. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: учебник для ВУЗов / А.П. Баранов. – М.: Транспорт, 1988. – 328 с. – 42 экз.)
2. Богомолов В.С. Судовые электроэнергетические системы и их эксплуатация: учебник / В.С. Богомолов. – М.: Мир, 2006. – 320 с.

7.2. Дополнительная литература

3. Яковлев Г.С. Судовые электроэнергетические системы: учебник / Г.С. Яковлев. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1987. – 272 с.
4. Лейкин В.С. Автоматизированные электроэнергетические системы промышленных судов: учебник / В.С. Лейкин, В.А. Михайлов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 327 с.
5. Лейкин В.С. Судовые электрические станции и сети : учебник / В.С. Лейкин. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.
6. Сухарев Е.М. Судовые электрические станции, сети и их эксплуатация: учебник / Е.М. Сухарев. – Л.: Судостроение, 1986. – 304 с.
7. Баранников В.К. Эксплуатация электрооборудования рыбопромысловых судов: учеб. пособие / В.К. Баранников. – М.: МОРКНИГА, 2013. – 496 с.
8. Справочник судового электротехника: в 3-х томах. Том 1. Судовые электроэнергетические системы / Под общ. ред. Г.И. Китаенко. - Л.: Судостроение, 1980. – 528 с. (10 экз.)
9. Справочник судового электротехника: в 3-х томах. Том 2. Судовое электрооборудование / Под общ. ред. Г.И. Китаенко. - Л.: Судостроение, 1980. – 624 с. (16 экз.)

10. Справочник судового электротехника: в 3-х томах. Том 3. Судовое Технология электромонтажных работ / Под общ. ред. Г.И. Китаенко. - Л.: Судостроение, 1980. – 264 с. (11 экз.)

7.3. Методическое обеспечение

11. Белов О.А. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: методические указания к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения / О. А. Белов – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 100 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

12. Электронно-библиотечная система «eLibrary»: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.elibrary.ru>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным (наиболее сложным) специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации, а также написание контрольной работы (для студентов заочной формы обучения).

Лекции нацелены на теоретическое и практическое изучение устройств, принципов действия и технико-эксплуатационные характеристики САЭЭС, а также принципов эксплуатации судовых электростанций по эксплуатации электрических сетей, аккумуляторов и преобразователей.

В ходе лекций курсантам и студентам необходимо научиться применять полученные теоретические знания к решению практических задач эксплуатации и ремонта современных САЭЭС.

С целью качественного усвоения учебного материала и подготовки к текущему контролю и аттестации, организуется **практическая работа** студентов. Объемы практической работы, рассматриваемые темы и организация изучения изложены в методических указаниях по организации практических работ².

В процессе выполнения практической работы студентам необходимо следовать целям работы. Перед выполнением задания практической работы обязательно изучить теоретический материал. Далее следует ознакомиться с программой работы и методическими указаниями. По итогам проделанной работы необходимо выполнить и сдать отчет на кафедру, за которой закреплена дисциплина, также быть готовым ответить на контрольные вопросы.

Лабораторные работы предназначаются для углубления и закрепления теоретических знаний, полученных студентами (курсантами) на лекциях, а также для обучения учащихся навыкам в работе с электрооборудованием, развитию инициативы и самостоятельности.

В процессе выполнения лабораторных работ студенты знакомятся с конкретными электрическими схемами, элементами этих схем, совокупностью их работы, электроизмерительными приборами. На действующей физической модели изучают электрические, магнитные явления и электромагнитные процессы, наблюдаемые во всех электротехнических устройствах. Лабораторные работы позволяют исследовать свойства как отдельных электрических элементов, так и систем в целом. Это позволяет студенту сформировать представление не только о работе производственных электротехнических устройств, но и о функционировании систем автоматического управления и регулирования в целом.

² Белов О.А. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: методические указания к изучению дисциплины для студентов очной и заочной форм обучения / О. А. Белов – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2016. – 100 с.

Лабораторная работа может быть успешно выполнена в том случае, когда студенты будут иметь хорошую теоретическую и методическую подготовку.

Теоретическая подготовка предусматривает повторение и усвоение материала лекционных и самостоятельных занятий, осмысливание основных соотношений и зависимостей, связывающих электрические величины и характеризующих физические явления, внимательное ознакомление с содержанием и порядком выполнения лабораторной работы и оформления отчета.

Методическая подготовка предусматривает наличие и выработку у студентов навыков в чтении электрических схем, сборке электрических цепей и проведении исследований в определенной последовательности, позволяющее сопоставлять и анализировать физические, электрические процессы и явления.

Подготовку к работе необходимо начинать с повторения теоретического материала и только после этого знакомиться с описанием лабораторной работы, включая контрольные вопросы. В тетради должны быть нарисованы схемы и таблицы для записи показаний приборов.

Готовность курсанта к выполнению лабораторной работы проверяется преподавателем путем опроса по содержанию выполняемой работы. Курсанты, не подготовленные к выполнению работы, не допускаются к проведению работы и при этом оставшееся до конца занятий время студент должен использовать для подготовки к данной лабораторной работе.

Время на отработку пропущенной лабораторной работы из-за неподготовленности или по другим причинам (болезнь, наряд, участие в соревновании и т.п.) согласовывается с преподавателем. Выполнение лабораторной работы включает в себя ознакомление с техническими данными оборудования и электроизмерительных приборов; сборку схемы при отсутствии стенда; экспериментальное исследование; отработку экспериментального материала и составление отчета с выводами по работе. После выполнения каждого пункта экспериментального исследования необходимо убедиться в правильности снятых показаний и только после этого переходить к выполнению следующего пункта задания. Обработка экспериментального материала и оформление отчета производится после выполнения всего объема лабораторной работы.

В выводах по лабораторной работе следует указывать на подтверждение данными эксперимента теоретических положений, а также причин, имевших место расхождения, дать анализ физических процессов и объяснения характера полученных зависимостей.

Отчет выполняется в тетради. Все записи в отчете выполняются шариковой ручкой синей (черной) пастой. Схемы, графики и таблицы вычерчиваются карандашом с применением линейки, циркуля и лекал.

Отчет по лабораторным работам студенты представляют преподавателю в конце данного занятия и в особых случаях в срок по указанию преподавателя.

Зачет по лабораторной работе выставляется после представления отчета, его проверки и устранения замечаний преподавателя.

Ввиду большой опасности поражения электрическим током при выполнении лабораторных работ, необходимо строгое соблюдение правил техники безопасности. Поэтому к выполнению лабораторной работы студент допускается после прохождения общего инструктажа по технике безопасности на первом занятии и проверке знаний по исследуемому разделу перед каждой лабораторной работой.

При выполнении лабораторных работ необходимо помнить, что все виды напряжений, используемых в лаборатории, опасны для жизни, поэтому приступая к выполнению лабораторной работы необходимо ознакомиться с источниками питания стенда, способами их включения и отключения; включать источник питания только после проверки схемы преподавателем; при работе с цепями переменного тока, содержащими индуктивные и емкостные элементы, следует помнить, что напряжение на их зажимах может значительно превышать напряжение источника питания.

10. Курсовой проект

Выполнение курсового проекта не предусмотрено учебным планом.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

11.1 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса:

1. электронные образовательные ресурсы, представленные в п. 6 и 7 данной рабочей программы;
2. использование слайд-презентаций;
3. интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

1. текстовый редактор Microsoft Word;
2. электронные таблицы Microsoft Excel;
3. презентационный редактор Microsoft Power Point.

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, самостоятельной работы учебная аудитория № 3-402 с комплектом учебной мебели на 32 посадочных места;
2. доска аудиторная;
3. комплект лекций по темам курса «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы»;
4. мультимедийное оборудование (ноутбук, проектор);
5. лабораторные стенды;
6. кодоскоп;
7. комплект слайдов для кодоскопа.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет МОРЕХОДНЫЙ

Кафедра «ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ СУДОВ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан мореходного факультета



С.Ю. Труднев

«23» октября 2024 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ
«Судовые автоматизированные электроэнергетические системы»

по направлению подготовки
13.03.02 «Энергетика и электротехника»
(уровень бакалавриат)

профиль: «Электрооборудование и автоматика судов»
квалификация: бакалавр

Петропавловск-Камчатский
2024

Фонд оценочных средств дисциплины составлен на основании ФГОС ВО по специальности 13.03.02 «Энергетика и электротехника» (уровень бакалавриат), учебного плана подготовки специалистов, принятого на заседании ученого совета ФГБОУ ВО «КамчатГТУ» 23.10.2024 г., протокол № 2.

Составитель фонда оценочных средств
Старший преподаватель кафедры «ЭУЭС»



(подпись)

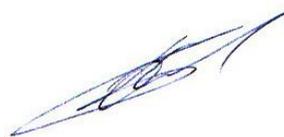
Ястребов Д.П.
(ФИО.)

Фонд оценочных средств рассмотрен на заседании кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«17» октября 2024 г, протокол № 4

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«23» октября 2024 г.



Белов О.А.

АКТУАЛЬНО НА

2025 / 2026 учебный год



(подпись)

Белов О.А.
(ФИО. зав.кафедрой)

2026 / 2027 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2027 / 2028 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2028 / 2029 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

2029 / 2030 учебный год

(подпись)

(ФИО. зав.кафедрой)

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации студентов по дисциплине «САЭЭС» представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

1. паспорт фонда оценочных средств по дисциплине;
2. перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
3. описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания;
4. методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций.

1 Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы»

№	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Общие сведения о САЭЭС	ПК-3, ПК-5,	Контроль СРС, защита лабораторных работ
2	Судовые электрические станции		Контроль СРС, защита лабораторных работ
3	Судовые электрические сети		Контроль СРС, защита лабораторных работ
4	Переходные процессы		Контроль СРС, защита лабораторных работ
5	Защита судовых электроэнергетических систем		Контроль СРС, защита лабораторных работ
6	Системы управления		Контроль СРС, защита лабораторных работ
7	Судовое электрическое освещение		Контроль СРС, защита лабораторных работ

2 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Наименование контролируемой компетенции	Наименование дисциплины формирующей компетенцию	Этапы формирования компетенции				
				1 курс	2 курс	3 курс	4 курс	5 курс
1	ПК-3	Способен планировать и вести деятельность по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования	Судовые электрические машины			3		
			Элементы и функциональные устройства судовой автоматики			3		
			Судовые автоматизированные ЭЭС				4	
			Основы технической эксплуатации и СЭА				4	
			Теория автоматического управления			3		
			Тренажерная подготовка				4	
			Производственная практика				3	4
2	ПК-5	Способен организовывать работу подчиненного персонала	САЭС			3		
			Судовые автоматизированные ЭЭС				4	
			Судовые электрические, электронные аппараты и устройства			3		
			Техника высоких напряжений				4	
			Производственная практика			3	4	

3 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание их шкал оценивания

Критерии оценки знаний, умений и навыков на экзамен

Критерии оценивания качества устного ответа

Оценка «5» (отлично) выставляется, если обучающийся показывает всесторонние и глубокие знания программного материала, знание основной и дополнительной литературы; последовательно и четко отвечает на вопросы билета и дополнительные вопросы; уверенно ориентируется в проблемных ситуациях; демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, делать правильные выводы, проявляет творческие способности в понимании, изложении и использовании программного материала; подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «4» (хорошо) выставляется, если обучающийся показывает полное знание программного материала, основной и дополнительной литературы; дает полные ответы на теоретические вопросы, допуская некоторые неточности; правильно применяет теоретические положения к оценке практических ситуаций; демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «3» (удовлетворительно) выставляется, если обучающийся показывает знание основного материала в объеме, необходимом для предстоящей профессиональной деятельности; при ответе на вопросы не допускает грубых ошибок, но испытывает затруднения в последовательности их изложения; не в полной мере демонстрирует способность применять теоретические знания для анализа практических ситуаций, подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «2» (неудовлетворительно) выставляется, если обучающийся имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала по разделу; не способен аргументировано и последовательно его излагать, допускает грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на задаваемые преподавателем вопросы или затрудняется с ответом; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Вопросы для подготовки к промежуточной аттестации

1. САЭС: определение, краткие исторические сведения о развитии судовых ЭЭС. Понятие о САЭС.
2. Основные элементы СЭС, их характеристика.
3. Классификация и структурные схемы СЭС.
4. Условия эксплуатации, и режимы работы СЭС.
5. Показатели СЭС.
6. Основные параметры СЭС.
7. Качество электрической энергии в СЭС.
8. Судовые потребители электрической энергии и их деление на группы.
9. Традиционный подход в проектировании СЭС.
10. Системный подход в проектировании СЭС.
11. Общие сведения об автоматизации СЭС.
12. СЭС, как подсистема ГЭУ.
13. СЭС: определение, назначение, требования Регистра к основным СЭС.
14. АЭС: назначение, электрические соединения с основной электростанцией, требования Регистра.
15. ГА: определение, назначение, классификация, требования Регистра.
16. Характеристика ПД ГА, достоинства, недостатки.
17. Функциональные схемы СЭС: общие требования, принципы построения.

18. Генераторы прямого преобразования тепловой и химической энергии в электрическую: общие сведения, необходимость в их применении, достоинства и недостатки.
19. Электромашинные преобразователи электрической энергии: назначение, состав, достоинства и недостатки.
20. Структурная схема фидера берегового питания, элементы защиты, устройство РЩБП.
21. САРЧ ПД ГА: необходимость применения, принципы построения, классификация, перспективные САРЧ.
22. Характеристика ПД генераторов, достоинства и недостатки.
23. Характеристика электромеханических генераторов, как источников электрической энергии СЭС.
24. Электроснабжение судов от береговых сетей: необходимость в данном мероприятии, условия и порядок подключения.
25. Электрические аккумуляторы, общие сведения, основные параметры. Достоинства и недостатки.
26. ТЭГ, устройство, принцип действия.
27. Комбинированные САРН.
28. ССН, действия по отклонению. САРН с импульсной форсировкой возбуждения.
29. САРН прямого и косвенного действия. Структурная схема ССН бесщеточного СГ.
30. Обеспечение начального возбуждения СГ с самовозбуждением.
31. Схемы подмагничивания генераторов, схемы отключения возбуждения СГ.
32. ССН генераторов постоянного тока.
33. Автоматическое регулирование частоты генераторных агрегатов.
34. Режимы работы и виды АС.
35. Законы управления.
36. Условия включения генератора постоянного тока на параллельную работу. Параллельная работа генераторов параллельного возбуждения.
37. Параллельная работа генераторов смешанного возбуждения. Распределение нагрузок между параллельно работающими генераторами постоянного тока.
38. Включение СГ на параллельную работу. Виды, методы и условия синхронизации.
39. Составление, линеаризация и формы записи уравнений.
40. ТЭМГ: устройство, принцип действия.
41. МГДК: устройство, принцип действия.
42. Расчет мощности СЭС аналитическим методом.
43. Расчет мощности СЭС методом числовых характеристик.
44. Щелочные аккумуляторы: устройство, принцип действия, правила обслуживания.
45. Кислотные аккумуляторы: устройство, принцип действия, правила обслуживания.
46. Расчет мощности СЭС вероятностными методами. Общая характеристика.
47. Выбор кислотных аккумуляторов для стартерной и совместной нагрузок.
48. Выбор щелочных аккумуляторов.
49. Алгоритм расчета мощности СЭС табличным методом.
50. Статические электромагнитные преобразователи электрической энергии: назначение, устройство, принцип действия (на примере МУ).
51. ССН, действующие по возмущению.
52. РОТ: назначение, устройство, принцип действия.
53. Электрон-1: назначение, устройство, принцип действия.
54. ЗОФН: работа устройства при обрыве фаз.
55. ЗОФН: работа устройства при нормальном режиме и при снижении напряжения.
56. БРОАТ: назначение, устройство, принцип действия.
57. КН: назначение, устройство, работа блока в автономном режиме ГА.
58. РОМ индукционного типа с бегущим полем, назначение, устройство, принцип действия.
59. ВАК32-40: стабилизация тока.
60. Двухимпульсный электронный регулятор частоты вращения.

61. АС управления и регулирования: основные понятия, определения.
62. ВАК32-40: назначение, устройство, принцип действия.
63. Выбор электромашинного зарядного агрегата.
64. Порядок ввода генератора постоянного тока на параллельную работу и вывода его из работы.
65. Конвертеры, преобразователи частоты: назначение, состав, графики изменения выходных величины.
66. Выбор статических зарядных агрегатов.
67. Двухимпульсный электронный регулятор частоты вращения.
68. Параллельная работа судовых генераторов: необходимость параллельной работы, достоинства и недостатки, требования Регистра.
69. Классификация АС по назначению.
70. Принципы построения АС, функциональные схемы.
71. МГДГИ: устройство, принцип действия.
72. Выбор функциональных схем СЭС.
73. Статические электромагнитные преобразователи электрической энергии: назначение, устройство, принцип действия (на примере МУ).
74. Выпрямители, инверторы: назначение, состав, графики изменений выходной величины.
75. ССН: необходимость применения, принцип построения, классификация, требования Регистра.

Контрольное тестирование

Для оценивания результатов **тестирования** возможно использовать следующие критерии оценивания:

1. Правильность ответа или выбора ответа.
2. Скорость прохождения теста.
3. Наличие правильных ответов во всех проверяемых темах (дидактических единицах) теста.
4. Оценка проводится по балльной системе. Правильный ответ на вопрос тестового задания равен 1 баллу. Общее количество баллов по тесту равняется количеству вопросов.
5. Общее количество вопросов принимается за 100%, оценка выставляется по значению соотношения правильных ответов к общему количеству вопросов в процентах.

<p>1. Судовая электростанция включает в себя:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) распределительную сеть; б) первичную силовую сеть; в) вторичную силовую сеть. 	<p>2. Характер нагрузки судовой электроэнергетической системы носит:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) активно-емкостной характер; б) активно-индуктивный характер; в) индуктивно-реактивный.
<p>3. Агрегаты переменного тока должны иметь системы стабилизации частоты обеспечивающие при сбросах и набросках нагрузки изменение частоты первичных двигателей не более:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) $\pm 2,5\%$; б) $\pm 5\%$; в) $\pm 10\%$. 	<p>4. Включение генератора на параллельную работу без возбуждения предусматривается:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) при точной синхронизации; б) при грубой синхронизации; в) при самосинхронизации.
<p>5. Электропривод аварийного пожарного насоса относится к потребителям:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) 1 категории; б) 2 категории; в) 3 категории. 	<p>6. Недогруз асинхронных двигателей в судовых электросетях способствует:</p> <ol style="list-style-type: none"> а) повышению $\cos\varphi$; б) снижению $\cos\varphi$; в) не влияет на $\cos\varphi$.

<p>7. Параметрами электроэнергии судовой электроэнергетической системы являются:</p> <p>а) напряжение, частота, мощность; б) напряжение, частота, сила тока; в) напряжение, частота, род тока.</p>	<p>8. Свинцово-кислотные аккумуляторы целесообразно использовать для электропитания:</p> <p>а) аварийного освещения; б) электростартеров; в) сигнализации.</p>
<p>9. Плотность электролита свинцово-кислотных аккумуляторов при нормальной температуре должна находиться в пределах:</p> <p>а) 1,11-1,13; б) 1,19-1,21; в) 1,27-1,29.</p>	<p>10. Автоматическую синхронизацию и включение генераторов на параллельную работу обеспечивает устройство типа:</p> <p>а) УСГ; б) УВР; в) УТЗ.</p>
<p>11. Использование конденсаторных батарей в пусковых устройствах асинхронных двигателей способствует:</p> <p>а) повышению $\cos\phi$; б) снижению $\cos\phi$; в) не влияет на $\cos\phi$.</p>	<p>12. Плотность электролита щелочных аккумуляторов при нормальной температуре должна находиться в пределах:</p> <p>а) 1,11-1,17; б) 1,19-1,21; в) 1,27-1,29.</p>
<p>13. Агрегаты переменного тока должны иметь системы стабилизации напряжения обеспечивающие поддержание номинального напряжения в различных режимах с точностью:</p> <p>а) $\pm 2,5\%$; б) $\pm 5\%$; в) $\pm 10\%$.</p>	<p>14. Основными потребителями электроэнергии на судне являются:</p> <p>а) асинхронная нагрузка; б) синхронная нагрузка; в) активно-емкостная нагрузка.</p>
<p>15. Стабилизация напряжения синхронных генераторов основана на принципе:</p> <p>а) токового компаундирования; б) фазового компаундирования; в) косвенного компаундирования.</p>	<p>16. Какое условие синхронизации выполняется автоматически при включение синхронного генератора на параллельную работу с судовой сетью:</p> <p>а) равенство напряжений; б) равенство частот; в) порядок чередования фаз.</p>
<p>17. Щелочные аккумуляторы целесообразно использовать для электропитания:</p> <p>а) аварийного освещения; б) электростартеров; в) сигнализации.</p>	<p>18. Автоматическое отключение потребителей 3 категории при перегрузке генераторов обеспечивает устройство типа:</p> <p>а) УСГ; б) УВР; в) УТЗ.</p>
<p>19. Включение генератора на параллельную работу через реактивное сопротивление (реактор) предусматривается:</p> <p>а) при точной синхронизации; б) при грубой синхронизации; в) при самосинхронизации.</p>	<p>20. Основными потребителями электроэнергии на судне являются:</p> <p>а) асинхронная нагрузка; б) синхронная нагрузка; в) активно-емкостная нагрузка.</p>

Методические указания по написанию РЕФЕРАТА

С целью закрепления учебного материала и более детальной проработки отдельных вопросов студенты выполняют реферат по одной из предложенных тем. Тема и сроки выполнения реферата согласовываются с преподавателем.

При выполнении реферата отрабатываются навыки по систематизации, закреплению и расширению теоретических и практических знаний по специальности и применение этих знаний при

решении конкретных прикладных задач. Также развиваются навыки работы с учебной, научной литературой и нормативно-технической документацией.

Объем реферата составляет 15-25 страниц формата А-4 и включает в себя титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение и список использованной литературы и электронных источников. Основная часть включает в себя 2-3 главы, которые в свою очередь могут делиться на параграфы и пункты.

Документ должен быть набран на компьютере и отпечатан на принтере с использованием современных текстовых и, если необходимо, графических редакторов на одной стороне листа (без рамки) белой бумаги формата А4. Размеры полей: левое - 30 мм, правое - 15 мм, верхнее - 20 мм и нижнее - 20 мм. Рекомендуемое расстояние между строками (базовое) – полтора интервала.

Таблицы, рисунки, чертежи, схемы, графики, фотографии как в тексте, так и в приложении должны быть выполнены на стандартных листах формата А4 (при больших схемах допускается использовать сложенный лист формата А3). Подписи и пояснения к рисункам должны быть на лицевой стороне.

Нумерация страниц документа, включая приложения, должна быть сквозная по всему тексту (все без исключения листы документа должны быть пронумерованы). Номера страниц проставляются в правом верхнем углу без точки. На титульном листе номер страницы не ставится, а только подразумевается (первая страница).

Текст основной части документа разделяют на главы, параграфы и пункты. Главы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами и записанные с абзацного отступа. Параграфы должны иметь нумерацию в пределах каждой главы, пункты – в пределах каждого параграфа. Номер пункта состоит из номеров главы, параграфа и пункта, разделенных точками. Точка после номера главы, параграфа и пункта не ставится.

Главы, параграфы, пункты должны иметь заголовки. Заголовки печатаются с абзацного отступа, без точки в конце, не подчеркивая. Перенос слов в заголовках не допускается. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Слова, "Глава", "Параграф", "Пункт" не печатаются ни в оглавлении, ни в заголовках основной части.

Для набора текста использовать следующие стили форматирования:

– **заголовки первого уровня** (главы, введение, заключение, список литературы, приложения)

Шрифт: Arial, 16 пт, полужирный, все прописные, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

– **заголовки второго уровня** (параграфы)

Шрифт: Arial, 14 пт, полужирный, курсив, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

Если заголовок параграфа следует непосредственно после заголовка главы, то используется интервал Перед: 0 пт.

– **заголовки третьего уровня** (пункты)

Шрифт: Arial, 14 пт, курсив, Отступ: Слева 0,9 см, Первая строка 0 см, По центру, интервал Перед: 12 пт, После 6 пт, Не отрывать от следующего.

– **текст пояснительной записки**

Шрифт: Times New Roman, 14 пт, Отступ: Первая строка: 0,9 см, По ширине, Междустрочный интервал: полуторный, Запрет висячих строк.

– **формулы**

Отступ: Первая строка: 0,9 см, По центру.

Подготовка и работа над рефератом состоит из следующих основных этапов:

- выбор и согласование темы реферата;
- разработка общей структуры реферата;
- сбор и анализ материала по теме реферата;
- проработка структуры реферата и формирование основной части;
- оформление реферата и предъявление его на кафедру для рецензирования;
- защита реферата.

Реферат представляется преподавателю в установленные сроки и определяется даты защиты. Защита реферата осуществляется в виде собеседования по теме реферата.

Методические указания по выполнению КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Цель контрольной работы – предоставить возможность студенту проверить себя на предмет применения теоретических знаний для решений конкретных производственных задач. Таковыми могут быть: расчет мощности судовой электростанции, выбор генераторных агрегатов, шин ГРЩ, выбора аккумуляторов, расчет электрической сети и выбор кабеля, электродвигателя, пускорегулирующей аппаратуры, определение токов короткого замыкания, проверка элементов САЭС на электродинамическую и электротермическую устойчивость.

Задача контрольной работы – достичь цели одним из оптимальных методов решения, пользуясь таким подмножеством методов, как теоретические, практические, отраслевые, максимально используя при этом теоретические знания, полученные в ВУЗе по вышеперечисленным дисциплинам.

Результатом выполнения контрольной работы является приобретение навыков по расчету и выбору элементов САЭС.

Рекомендуемый алгоритм подготовки к выполнению контрольной работы

1. Просмотреть лекционные конспекты и конспекты самостоятельной работы по пройденной теме. В случае необходимости воспользоваться соответствующей технической литературой или консультацией преподавателя.

2. В целях применения краткого математического доказательства в задачах, следует: расчеты производить в системе относительных единиц; пренебрегать реакциями якорей машин главного контура; не учитывать падения и потери напряжений в главном контуре ГЭУ; не учитывать перемagnичивания электрических машин главного контура; зависимость скорости хода судна от частоты вращения винта принять линейной.

3. Проанализировать примеры решения задач методических указаний.

4. В ходе выполнения контрольной работы заниматься самоконтролем, т.е. обращать внимание за получаемыми числовыми данными электрических или магнитных параметров и анализировать поведение электрических машин главного контура применительно к полученным данным, тем самым вы обнаружите появившуюся ошибку в расчете.

Задания по выполнению контрольной работы представлены в методических указаниях [РП, п.6.3., 15, с. 47-57].

4 Методические материалы определяющие, процедуры оценивания знаний, умений, навыков и или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Оценка знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций по дисциплине проводятся в форме текущего контроля, промежуточной и итоговой аттестации.

Текущий контроль проводится в течение сессии с целью определения уровня усвоения обучающимися знаний, формирования умений и навыков, своевременного выявления препода-

вателем недостатков в подготовке обучающихся и принятия необходимых мер по её корректировке, а так же для совершенствования методики обучения, организации учебной работы и оказания индивидуальной помощи обучающемуся.

Промежуточная и итоговая аттестации по дисциплине проводится в виде контрольного опроса. За знания, умения и навыки, приобретенные обучающимися в период их обучения, выставляются оценки: «ОТЛИЧНО», «ХОРОШО», «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО», «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО». Для оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в университете применяется система оценки качества освоения образовательной программы. Оценка проводится при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций обучающихся.

Рейтинговая оценка знаний является интегрированным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из следующих компонентов:

Процедура оценивания – порядок действий при подготовке и проведении аттестационных испытаний и формировании оценки. Аттестационные испытания проводятся ведущим преподавателем по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением заведующим кафедрой. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

– Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.

– Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 20/30 минут соответственно, (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

– Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – в день их проведения или не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

– Результаты выполнения аттестационных испытаний, проводимых в письменной форме, форме итоговой контрольной работы или компьютерного тестирования, должны быть объявлены обучающимся и выставлены в зачётные книжки не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

Критерии оценивания результатов освоения дисциплины

Итоговая оценка выставляется по следующим критериям:

Оценка «отлично» выставляется за глубокое знание предусмотренного программой материала, содержащегося в основных и дополнительных рекомендованных литературных источниках, за умение четко, лаконично и логически последовательно отвечать на поставленные вопросы, за умение анализировать изучаемые явления в их взаимосвязи и диалектическом развитии, применять теоретические положения при решении практических задач; обучающийся подтверждает полное освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «хорошо» выставляется за твердое знание основного (программного) материала, включая расчеты (при необходимости), за грамотные, без существенных неточностей ответы на поставленные вопросы, за умение применять теоретические положения для решения практических задач; обучающийся демонстрирует хороший уровень освоения материала и в целом подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Оценка «удовлетворительно» выставляется за общее знание только основного материала, за ответы, содержащие неточности или слабо аргументированные, с нарушением последовательности изложения материала, за слабое применение теоретических положений при решении практических задач; обучающийся подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой на минимально допустимом уровне.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за незнание значительной части программного материала, за существенные ошибки в ответах на вопросы, за неумение ориентироваться в расчетах, за незнание основных понятий дисциплины; не подтверждает освоение компетенций, предусмотренных программой.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Камчатский государственный технический университет»

Мореходный факультет

Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

«Судовые автоматизированные электроэнергетические системы»

*Лабораторный практикум
для студентов,*

обучающихся по направлению подготовки 13.03.02

«Электроэнергетика и электротехника»

профиль «Электрооборудование и

автоматика судов»

заочной формы обучения

Петропавловск-Камчатский
2024

Ястребов Дмитрий Павлович, старший преподаватель кафедры ЭУЭС

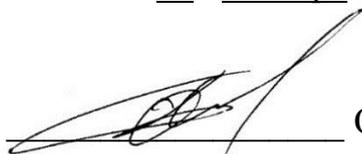
Судовые автоматизированные электроэнергетические системы: методические указания к лабораторным работам по дисциплине для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» заочной формы обучения / Д.П. Ястребов – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2024. – с. 47

Методические указания к лабораторной работе составлены в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов», утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 144 (уровень бакалавриат).

Обсуждены:

на заседании кафедры ЭУЭС «17» октября 2024 г., протокол № 4

Зав. кафедрой ЭУЭС



О.А. Белов

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы» рассмотрены и утверждены на заседании УМС протокол № 2 от «02» октября 2024 г.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Лабораторная работа студентов (ЛРС) по дисциплине «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы» является важной составляющей частью подготовки студентов по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» и выполняется в соответствии с ФГОС ВО. Основной целью ЛРС является:

- развитие навыков ведения самостоятельной работы;
- приобретение опыта систематизации полученных результатов исследований, формулировку новых выводов и предложений как результатов выполнения работы;
- развитие умения использовать научно-техническую литературу и нормативно-методические материалы в практической деятельности;
- приобретение опыта публичной защиты результатов самостоятельной работы.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» профиль «Электрооборудование и автоматика судов» изучение дисциплины «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы» направлено на формирование у выпускника следующей профессиональной компетенции:

- способность планировать и вести деятельность по техническому обслуживанию и ремонту электрооборудования (**ПК-3**);
- способность организовывать работу подчиненного персонала (**ПК-5**).

1.2. В результате изучения дисциплины студент должен знать:

- организационно-распорядительные, нормативно-технические и методические документы по вопросам эксплуатации высоковольтных линий электропередачи;
- основы экономики и организации производства, труда и управления в энергетике;
- правила технической эксплуатации электрических станций, сетей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей;
- правила технической эксплуатации электроустановок потребителей: техническое обслуживание и ремонт силовых кабелей;
- правила организации технического обслуживания и ремонта оборудования, зданий и сооружений электростанций и сетей;
- правила пользования инструментом и приспособлениями, применяемыми при ремонте и монтаже энергетического оборудования;
- требования охраны труда, промышленной и пожарной безопасности, производственной санитарии и противопожарной защиты, регламентирующие деятельность по трудовой функции;

- инструкции по оказанию первой помощи при несчастных случаях на производстве;
- законодательные и нормативные правовые акты, методические материалы по вопросам производственного планирования и оперативного управления производством;
- нормативные правовые акты и методические документы по вопросам деятельности подразделения; положения и инструкции по расследованию и учету технологических нарушений, несчастных случаев на производстве;
- методы анализа качественных показателей работы оборудования подстанций электрических сетей;
- принципы и правила производственного планирования в организации в части технического обслуживания и ремонта оборудования подстанций электрических сетей;
- нормативные правовые акты, определяющие направления развития электроэнергетики;
- методики проведения противоаварийных и противопожарных тренировок;
- правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики;
- основы трудового законодательства Российской Федерации.

1.3. В результате изучения дисциплины студент должен уметь:

- вести техническую и отчетную документацию;
- планировать и организовывать работу подчиненных работников;
- применять автоматизированные системы мониторинга и диагностики кабельных линий электропередачи;
- применять справочные материалы, анализировать научно-техническую информацию в области эксплуатации кабельных линий электропередачи;
- проводить визуальные и инструментальные обследования и испытания;
- работать с текстовыми редакторами, электронными таблицами, электронной почтой и браузерами, специализированными компьютерными программами;
- разрабатывать предложения по текущему и перспективному планированию работ по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередач;
- принимать управленческие решения на основе анализа оперативной рабочей ситуации;
- оценивать результаты своей деятельности и деятельности подчиненных;
- формулировать задания подчиненному персоналу по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- организовывать рабочие места, их техническое оснащение;
- контролировать деятельность, исполнение решений;
- оценивать потребность в дополнительной подготовке персонала исходя из профиля должности и квалификации работников.

1.4. В результате изучения дисциплины студент должен владеть:

- навыками оформления заявок на оборудование, материалы, запасные части, и др. необходимые для технического обслуживания и ремонта материальные ресурсы, а также проектно-конструкторскую и нормативно-техническую документацию, контроль выполнения заявок;
- навыками подготовки предложений в планы-графики осмотров, ремонта и технического обслуживания кабельных линий электропередачи;
- контролирует подготовку исходных и технических условий для проектирования строительства и реконструкции высоковольтных линий электропередачи;
- контроль подготовки планов-графиков осмотров, ремонта и технического обслуживания кабельных линий и контроль их выполнения;
- владеет навыками контроля подготовки утвержденных дефектных ведомостей, проектов проведения работ и карт организации труда;
- владеет навыками проведения аттестации и подготовки к сертификации рабочих мест на соответствие требованиям охраны труда;
- проверяет корректность расчетов, выполненных с целью обоснования планов и программ деятельности по техническому обслуживанию и ремонту кабельных линий электропередач;
- навыками распределения производственных задач для подчиненного персонала, расстановка персонала по участкам, бригадам, обслуживаемым объектам;
- организации обеспечения рабочих мест персонала нормативной, методической, проектной документацией и инструкциями по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- контроль сроков и качества работ подчиненного персонала по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей;
- контроль соблюдения подчиненным персоналом производственной и трудовой дисциплины, своевременности прохождения проверки знаний и медицинских осмотров;
- организует разработку и пересмотра должностных инструкций подчиненного персонала;
- организация и контроль соблюдения подчиненным персоналом требований промышленной, пожарной, экологической безопасности и охраны труда в процессе работы по техническому обслуживанию и ремонту оборудования подстанций электрических сетей, принятие мер по устранению выявленных нарушений;
- организация и проведение инструктажей, тренировок, технической учебы персонала по работе с закрепленным оборудованием подстанций электрических сетей, по охране труда, пожарной и промышленной безопасности.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Судовые автоматизированные электроэнергетические системы» является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений и ее изучение обеспечивает необходимый уровень профессиональной подготовки специалистов электромехаников, специализирующихся в области технической эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики.

Цель преподавания дисциплины заключается в формировании у студентов инженерных знаний в области судовой электроэнергетики уровня, который позволил бы обеспечить бесперебойное электроснабжение судна, минимальное время поиска неисправности и устранения отказа в силовой сети и в современных микропроцессорных системах управления электроэнергетическими установками.

Задачи при изучении дисциплины: научить студентов применять полученные теоретические знания к решению практических задач проектирования, эксплуатации и ремонта современных судовых систем.

После освоения теоретического материала и выполнения лабораторных работ студент должен знать:

– Устройство, принцип действия и технико-эксплуатационные характеристики komponующих элементов и систем в целом, а также свойства систем в статическом и динамическом режимах.

уметь:

– Применять знания по данной дисциплине в практической деятельности.

приобрести навыки:

– по эксплуатации судовых электростанций;

– по эксплуатации электрических сетей, аккумуляторов и преобразователей.

Судовые автоматизированные электроэнергетические системы (САЭЭС) предназначенные для решения задач производства, распределения и потребления электрической энергии являются централизованным электроэнергетическим комплексом, включающим в свой состав большое количество взаимосвязанных элементов.

Высокий уровень электрооснащенности современных судов выдвигает в число важнейших задачу бесперебойности генерирования и распределения электроэнергии нужного количества и качества.

Одним из основных путей повышения эффективности решения этой задачи является наличие значительного включенного (вращающегося) резерва мощности источников электроэнергии в наиболее тяжелом, с энергетической точки зрения, режиме использования судовой электроэнергетической системы. Для большинства проектов промысловых судов этот режим соответствует ведению непосредственно промысла и обеспечению сопутствующих технологических операций.

Режимы использования САЭЭС в процессе повседневной деятельности

судна (переходы морем, стоянка на рейде или в базе и т.д.) существенно отличаются от наиболее напряженного режима уровнем потребностей в электроэнергии. Жесткие требования к экономичности, ресурсосбережению обуславливают целесообразность дробления мощности источников электрической энергии путем создания в структуре САЭЭС электростанций, включающих в свой состав несколько генераторных агрегатов различной мощности.

Суммарные электрические нагрузки при неуклонном росте их значений существенно отличаются друг от друга в различных режимах использования судна (погрузочно-разгрузочные работы, переходе в район промысла, организация промысла, стоянка на якоре и т.д.). Все это объективно обуславливает необходимость наличия на корабле совокупности источников электрической энергии различной мощности для оптимальной загрузки генераторных агрегатов при их одиночной или параллельной работе в различных режимах использования судна.

Возможность функционирования судовых потребителей определяется не только успешностью и рациональностью генерирования электроэнергии, но и надежностью транспортировки ее от системы генерирования к потребителям. В этой связи возникает задача качественного распределения, передачи электроэнергии с помощью кабелей, различных распределительных устройств, коммутационных аппаратов.

Решение этих задач, а также обеспечение перевода системы из одного режима генерирования и распределения электроэнергии в другой при изменении режима использования судна, поддержание заданного качества электроэнергии на зажимах корабельных потребителей обеспечивается судовой электроэнергетической системой.

Изучению данной дисциплины должно предшествовать усвоение курсов «Теоретические основы электротехники», «Судовые электрические машины», «Судовой автоматизированный электропривод», «Общая электротехника и электроника», «Судовая электроника и силовая преобразовательная техника». Согласно учебным планам всех форм обучения по данному курсу предусмотрены лекционные, практические, лабораторные занятия и самостоятельная работа.

В течение изучения дисциплины после прохождения тем «Судовые электрические станции», «Судовые электрические сети», «Переходные процессы в САЭЭС» студентами заочной формы обучения выполняется контрольная работа и проводится контрольное тестирование.

С целью качественного усвоения учебного материала и подготовки к текущему контролю и аттестации, организуется самостоятельная работа студентов. Объемы самостоятельной работы, рассматриваемые темы и организация изучения изложены в методических указаниях по организации самостоятельной работы.

1.1. Цели и задачи лабораторного практикума

Целью лабораторного практикума является:

- ознакомление с устройством, принципом действия и характеристиками электроприводов постоянного и переменного тока;
- закрепление теоретических знаний в области судового электропривода, получение навыков их экспериментального исследования, а также обработки полученных результатов;
- приобретение навыков чтения и сборки электрических схем, включения и испытания электроприводов в различных режимах;
- приобретение навыков суммирования и обобщения полученных результатов экспериментальных исследований, развитие умения формулировать правильные выводы о работе машины и физических процессах, протекающих в ней;
- приобретение навыков решения прикладных задач, практического применения теоретических знаний при эксплуатации судового электропривода.

Подготовка к лабораторной работе. Для успешного выполнения той или иной лабораторной работы прежде всего необходимо повторить основные теоретические положения, касающиеся данной работы; уяснить цель работы; определить количество, назначение и порядок проведения опытов; разобраться в электрической схеме, которую нужно собрать на лабораторном стенде, и в принятых условных обозначениях. Необходимо проверить наличие на лабораторном стенде нужного оборудования, измерительных приборов и источников питания, визуально убедиться в их исправности.

Приступая к сборке экспериментальной схемы, следует учесть замечания и рекомендации преподавателя относительно данной лабораторной работы, убедиться, что выводные клеммы источников питания обессточены, а указатели ЛАТРов установлены в нулевое положение. Сначала собирают участки цепи с последовательным включением ее элементов, а затем – с параллельным. Обычно последними подключаются вольтметры. Подключая измерительные приборы, рекомендуется маркировать их согласно условным обозначениям, принятым в ранее составленной электрической схеме. Не следует использовать в электрических схемах длинные соединительные провода там, где можно обойтись короткими.

К проведению лабораторной работы необходимо заранее подготовить таблицы для записи экспериментальных данных. Такой черновик заготавливается один на бригаду в отдельной тетради, на обложке которой указывают группу и фамилии студентов бригады. В этом же черновике необходимо изобразить принципиальную электрическую схему экспериментальной установки, переписать все приборы и оборудование, относящиеся к данной лабораторной работе, с указанием их основных паспортных данных.

1.2. Порядок выполнения и сдачи лабораторной работы

После сборки на лабораторном стенде электрической схемы необходимо обязательно пригласить преподавателя для проверки собранной схемы и готовности бригады к выполнению лабораторной работы. Снятые

экспериментальные данные сначала заносятся в заранее подготовленные таблицы черновика.

Все записи следует вести аккуратно, четко, с обязательным указанием размерности физических величин. Не допускается записывать данные в делениях измерительного прибора, так как это может привести к ошибке в последующих расчетных и графических работах. Следует помнить, что замеры по всем приборам желательно проводить одновременно и быстро. После окончания одного опыта следует остановить машину, обесточить стенд, подготовить его к проведению следующего опыта и пригласить преподавателя для проверки схемы нового эксперимента.

При выполнении лабораторной работы не следует превышать номинальные значения токов и напряжений испытываемых машин, если это отдельно не оговорено в руководстве к работе. Следует внимательно и бережно относиться к измерительным приборам, пределы их измерений следует устанавливать с некоторым запасом относительно предполагаемых значений экспериментальных данных. Для повышения точности измерений допускается во время проведения опыта менять пределы измерения физической величины, но делать это следует с учетом особенностей измерительного прибора.

Черновик с полностью проведенными расчетами и построенными графиками предъявляется преподавателю для проверки. Если работа выполнена правильно, преподаватель подписывает черновик и дает разрешение оформлять отчет

начисто. Если же при проверке черновики обнаруживаются ошибки или недостаточное количество экспериментальных данных, бригада возвращается к стенду для уточнения и дополнения измерений.

Каждый студент производит обработку результатов и составляет отчет о лабораторной работе самостоятельно. Рекомендуется отчеты обо всех отработанных в семестре (или блоке) лабораторных работах помещать в одной тетради и на ее обложке указывать данные студента, учебную группу и дисциплину.

Отчет о каждой лабораторной работе следует начинать с новой страницы.

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

- наименование и цель работы;
- таблицу с номинальными данными используемых машин, приборов и оборудования;
- электрическую схему экспериментальной установки;
- таблицы с результатами экспериментальных исследований и результатами расчетов;
- алгоритмы расчета поставленных в работе задач с полным числовым решением для одной (обычно номинальной) точки;
- построенные в масштабе графики, векторные диаграммы и т.д.;
- выводы по работе, содержащие критическую оценку опытов и полученных результатов.

В отчет о лабораторной работе не обязательно помещать теоретический материал, касающийся данной работы.

Экспериментальные схемы, графики, диаграммы следует выполнять согласно требованиям ЕСКД аккуратно, с применением линейки, циркуля, лекал. Графики желательно выполнять на миллиметровой бумаге и подклеивать в отчет. Все графики, таблицы и т. д. должны иметь сквозную нумерацию и подрисовочные подписи, на графиках должны быть проставлены размерности физических величин. При построении графиков не следует строго соединять все экспериментальные точки (эта линия не является искомым графиком), так как проведение эксперимента сопровождается целым рядом погрешностей. Линию, обозначающую графическую зависимость одной величины от другой, проводят усреднено, т.е. так, чтобы число точек выше и ниже проведенной линии было приблизительно одинаковым, и расстояние от них до этой кривой также было бы приблизительно одинаковым. Кроме того, следует руководствоваться теоретическими знаниями по этому вопросу. Если на одном поле графика требуется построить несколько кривых, то экспериментально полученные точки для каждой кривой должны быть нанесены различными условными значками (точками, треугольниками, кружочками и т.д.), либо разными цветами. При этом каждая кривая должна быть подписана.

На последней странице отчета (после выводов) следует поставить дату его оформления. После оформления отчета и подготовки теоретических вопросов по данной лабораторной работе курсанты (студенты) со своей бригадой в установленное преподавателем время защищают лабораторную работу.

1.3. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ

Лабораторные стенды являются действующими электрическими установками и при определенных условиях могут стать источником поражения током. Поэтому всегда следует помнить и соблюдать необходимые меры предосторожности и правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ.

Перед началом работы в лаборатории студенты должны пройти инструктаж и усвоить основные правила по технике безопасности и противопожарной безопасности, а также правила поведения в лаборатории электрических машин при отработке лабораторных работ. После прохождения инструктажа курсанты (студенты) расписываются в специальном журнале о том, что они обязуются соблюдать правила техники безопасности и правила поведения в лаборатории при выполнении лабораторных работ.

студенты, не прошедшие инструктаж, к выполнению лабораторных работ не допускаются.

При сборке электрической схемы и работе с ней необходимо соблюдать следующие основные правила:

– сборку и соединения в схеме выполнять при отключенном рубильнике сети;

– при сборке электрической схемы необходимо избегать пересечения проводов, обеспечить прочное закрепление контактов; неиспользованные провода следует убрать с монтажных панелей в отведенное для них место;

– используемые в схеме приборы и аппаратура должны соответствовать роду тока и пределам измерения контролируемых величин;

– любое подключение электрической схемы в сеть допустимо только после ее проверки преподавателем;

– обнаружив любую неисправность в схеме, находящейся под напряжением, нужно немедленно отключить ее от сети и сообщить преподавателю;

– при выполнении работ нельзя прикасаться к токоведущим частям схемы и к корпусам машин; необходимо остерегаться соприкосновения с вращающимися частями электрических машин; все управления в цепях электрической схемы следует выполнять одной рукой;

– прежде чем разбирать цепи или производить любые соединения, нужно убедиться, что источники питания отключены;

– прежде чем производить какие-либо действия с экспериментальной установкой, необходимо убедиться не только в личной безопасности, но и в безопасности ваших товарищей по бригаде;

– нельзя оставлять без наблюдения включенную установку, допускать к работе на ней курсантов (студентов) из других бригад;

– не разрешается допускать к работе посторонних лиц, а также позволять находиться им в лаборатории во время проведения лабораторных работ;

– при несчастном случае следует немедленно отключить питание схемы и оказать первую помощь пострадавшему;

– после окончания работы схему необходимо разобрать, провода, приборы, оборудование должны быть приведены в порядок и размещены на своих местах.

студенты, нарушившие правила техники безопасности и поведения в лаборатории, отстраняются от выполнения лабораторной работы. В случае порчи оборудования из-за несоблюдения установленных правил виновные несут материальную ответственность.

2. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа № 1

Определение угловых характеристик $P(\delta)$, $Q(\delta)$, $U(\delta)$ синхронного генератора

Цель работы

усвоить практические приемы определения угловых характеристик синхронного генератора и экспериментально подтвердить теоретические сведения.

Ход работы

1. Изучить состав аппаратуры, входящей в схему, согласно табл. 1.1.
2. Собрать электрическую схему согласно описанию.
3. Выполнить эксперимент, руководствуясь указаниями по его проведению.
4. Занести, полученные данные в табл. 1.2
5. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1.1

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
<i>G1</i>	Трехфазный источник питания	201.4	$\sim 3 \times 220 \text{ В} / 6 \text{ А}$
<i>G2</i>	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	0 ... 250 в – 3 А (якорь) 200 В –; 1 А (возбуждение)
<i>G3</i>	Возбудитель машины переменного тока	209.2	0 ... 40 В–; 3,5 А
<i>G4</i>	Машина переменного тока	102.1	50 Вт; 230 В~; $\cos \varphi = 1$; 1500 мин ⁻¹
<i>G5</i>	Преобразователь угловых перемещений	101.1	90 Вт; 220 В–; 0,76 А (якорь); 220 В; 0,2 А (возбуждение)
<i>M1</i>	Двигатель постоянного тока	101.2	90 Вт; 220 В / 2,4 А (якорь) / 220 В (возбуждение)
<i>A1</i>	Трехфазная трансформаторная группа	347.1	$3 \times 80 \text{ В} \cdot \text{А}$ (звезда); 220, 225, 230 В / 133, 220, 225, 230, 235, 240, 245 В
<i>A2</i>	Блок синхронизации	319	220 В ~; 16 А; синхроскоп; 3 индикаторные лампы
<i>A3, A4</i>	Модель линии электропередач	313.2	400 В ~; $3 \times 0,5 \text{ А}$
<i>A5</i>	Трехфазная трансформаторная группа	347.2	$3 \times 80 \text{ В} \cdot \text{А}$; 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 / 230 В (треугольник)
<i>P1</i>	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\Rightarrow 0 \dots 1 \text{ 000 В} /$ $\Rightarrow 0 \dots 10 \text{ А} / 0 \dots 20 \text{ МОм}$

<i>P2</i>	Измеритель напряжений и частот	504.1	0...500 В ~; 45...55 Гц, 220 В ~
<i>P3</i>	Указатель частоты вращения	506.3	-2 000...0...2 000 мин ⁻¹
<i>P4</i>	Указатель угла нагрузки синхронной машины	505.2	- 180 ⁰ ... 0 ... 180 ⁰

Описание электрической схемы соединений

Обмотка возбуждения машины постоянного тока, используемой как первичный двигатель М1 с независимым возбуждением, присоединена к нерегулируемому выходу "ВОЗБУЖДЕНИЕ" источника G2, к регулируемому выходу "ЯКОРЬ" которого присоединена якорная обмотка этой же машины. Вход питания источника G2 присоединен с помощью электрического шнура к розетке "380 В" трехфазного источника питания G1.

Обмотка ротора машины переменного тока, используемой как синхронный генератор G4, через гнезда "F1", "F3" присоединена к выходу возбудителя G3, вход питания которого присоединен с помощью электрического шнура к розеток "220 В" трехфазного источника питания G1.

Фазы статорной обмотки генератора G4 через блок синхронизации A2 и трехфазную трансформаторную группу A1 с номинальными фазными напряжениями 230 / 230 В присоединены к выходу трехфазного источника G1, через две последовательно соединенные модели линии электропередачи A3, A4 и трехфазную трансформаторную группу A5 с номинальными фазными напряжениями 230 / 230 В.

Частоту вращения генератора G4 можно контролировать с помощью указателя P1, соединенного с выходом преобразователя G5.

Величину и частоту напряжения генератора G4 и сети можно контролировать с помощью измерителя напряжений и частот P2.

Активную P и реактивную Q мощности генератора G4 можно измерять с помощью измерителя мощностей P3.

Фазовый угол δ сдвига ЭДС генератора G4 и напряжения сети (угол нагрузки генератора) можно измерять с помощью указателя P4 угла нагрузки синхронной машины, связанного контрольным кабелем с преобразователем угловых перемещений G5 и выходом источника G1 (сетью).

Указания по проведению эксперимента

Порядок выполнения эксперимента

1. Осуществите ручное подключение к сети синхронного генератора G4 методом точной синхронизации в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 1 настоящего руководства.
2. Включите выключатель "СЕТЬ" указателя угла нагрузки P4.
3. Вращая регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3, установите равными нулю значения активной и реактивной мощностей генератора G4.
4. С помощью потенциометров «ГРУБО» и «ТОЧНО» установки нуля указателя P4 настройте последний путем установки его стрелки на нулевое значение (сердину) шкалы. Если этого сделать не удастся, то проводник,

соединяющий гнездо «L» указателя P4 с гнездом «L2» источника G1, пересоедините так, чтобы он соединял гнездо «L» указателя P4 с гнездом «L1» или «L3» источника G1.

5. Установите вращением регулировочной рукоятки возбудителя G3 требуемый ток возбуждения I_f генератора G4, например 1,5 А, и поддерживайте его неизменным в ходе эксперимента.
6. Вращая регулировочную рукоятку источника G2, изменяйте угол δ нагрузки и записывайте показания указателя P4 угла нагрузки синхронной машины, ваттметра и варметра измерителя мощностей P3 и вольтметра, блока P2 в табл. 1.2.

Таблица 1.2

δ , град										
P, Вт										
Q, Вар										
U_r , В										

7. В случае перехода генератора G4 в асинхронный режим работы разгружайте его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа генератора с сетью.
8. По завершении эксперимента, вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгрузите генератор G4 по активной мощности, нажмите кнопку "ОТКЛ." блока синхронизации A2, поверните регулировочные рукоятки сначала у возбудителя G3, а затем у источника G2 против часовой стрелки до упора, отключите выключатели "СЕТЬ" возбудителя G3, источника G2, блока синхронизации A2, указателей P1 и P4, отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.
9. Постройте в виде графиков угловые характеристики $P(\delta)$, $Q(\delta)$, $U(\delta)$

Контрольные вопросы к защите

1. Дайте определение угловой характеристики синхронного генератора.
2. Что называется углом нагрузки?
3. В чем разница угловой характеристики возбужденного явнополюсного и невозбужденного явнополюсного синхронного генератора?
4. Дайте определение статической устойчивости СГ.

Лабораторная работа № 2

Ручное подключение к сети синхронного генератора методом точной синхронизации

Цель работы: усвоить практические приемы лабораторного исследования ручного подключения к сети синхронного генератора методом точной синхронизации экспериментально подтвердить теоретические сведения.

Ход работы

1. Изучить состав аппаратуры, входящей в схему, согласно табл. 2.1.
2. Собрать электрическую схему согласно описанию.
3. Выполнить эксперимент, руководствуясь указаниями по его проведению.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 2.1

Перечень аппаратуры

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
	Трехфазный источник питания		400 В ~; 16 А
	Источник питания двигателя постоянного тока		0...250 В – 3 А (якорь) 200 В –; 1 А (возбуждение)
	Возбудитель машины переменного тока		0...40 В –; 3,5 А
	Машина переменного тока (Синхронный генератор)		50 Вт; 230 В ~; $\varphi = 1$; 1500 мин ⁻¹
	Преобразователь угловых перемещений		6 выходных сигналов
	Двигатель постоянного тока		90 Вт; 220 В 0,76 А (якорь) 220 В; 0,2 А (возбуждение)
<i>A1</i>	Трехфазная трансформаторная группа		3 x 80 В·А; 242, 235, / 230 В (треугольник)
	Блок синхронизации		220 В ~; 10 А; синхроскоп; 3 индикаторные лампы
<i>P1</i>	Указатель частоты вращения		0...2000 мин ⁻¹
<i>P2</i>	Измеритель напряжений и частот		0...500 В ~; 45...55 Гц,

Теоретические сведения

Условия выполнения точной синхронизации

Таблица 2.2

Условие	Средство контроля	Критерий выполнения условия	Критерий не выполнения условия	Рекомендации по выполнению условия
Равенство напряжений синхронного генератора и сети	Вольтметры со стороны синхронного генератора и сети	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети равны	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети неравны	Регулировать напряжения возбуждения синхронного генератора до момента выравнивания напряжений со стороны синхронного генератора и сети
Одинаковый порядок чередования фаз напряжений синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз	Лампы в фазах: периодически одновременно загораются и гаснут (частоты напряжений не равны); горят (напряжения в противофазе); не горят (напряжения синфазные)	Лампы в фазах периодически неодновременно загораются и гаснут, создавая эффект – “кругового огня”	Переключить любые две фазы синхронного генератора
Равенство частот синхронного генератора и сети	Синхроскоп	Стрелка синхроскопа неподвижна	Стрелка синхроскопа вращается	Регулировать частоту вращения синхронного генератора
Синфазность напряжений синхронного генератора и сети	Синхроскоп	Стрелка синхроскопа располагается вертикально напротив риски	Стрелка синхроскопа отклонена от вертикального положения	Регулировать частоту вращения синхронного генератора

Порядок выполнения эксперимента

Обмотка возбуждения машины постоянного тока, используемой как первичный двигатель М1 с независимым возбуждением, присоединена к нерегулируемому выходу "ВОЗБУЖДЕНИЕ" источника G2, к регулируемому выходу "ЯКОРЬ" которого присоединена якорная обмотка этой же машины. Вход питания источника G2 присоединен с помощью электрического шнура к розетке "380 В" на тыльной стороне трехфазного источника питания G1.

Обмотка ротора машины переменного тока, используемой как синхронный генератор G4, через гнезда "F1", "F3" присоединена к выходу возбудителя G3. Вход питания возбудителя присоединен с помощью электрического шнура к розетке "220 В~" трехфазного источника питания G1.

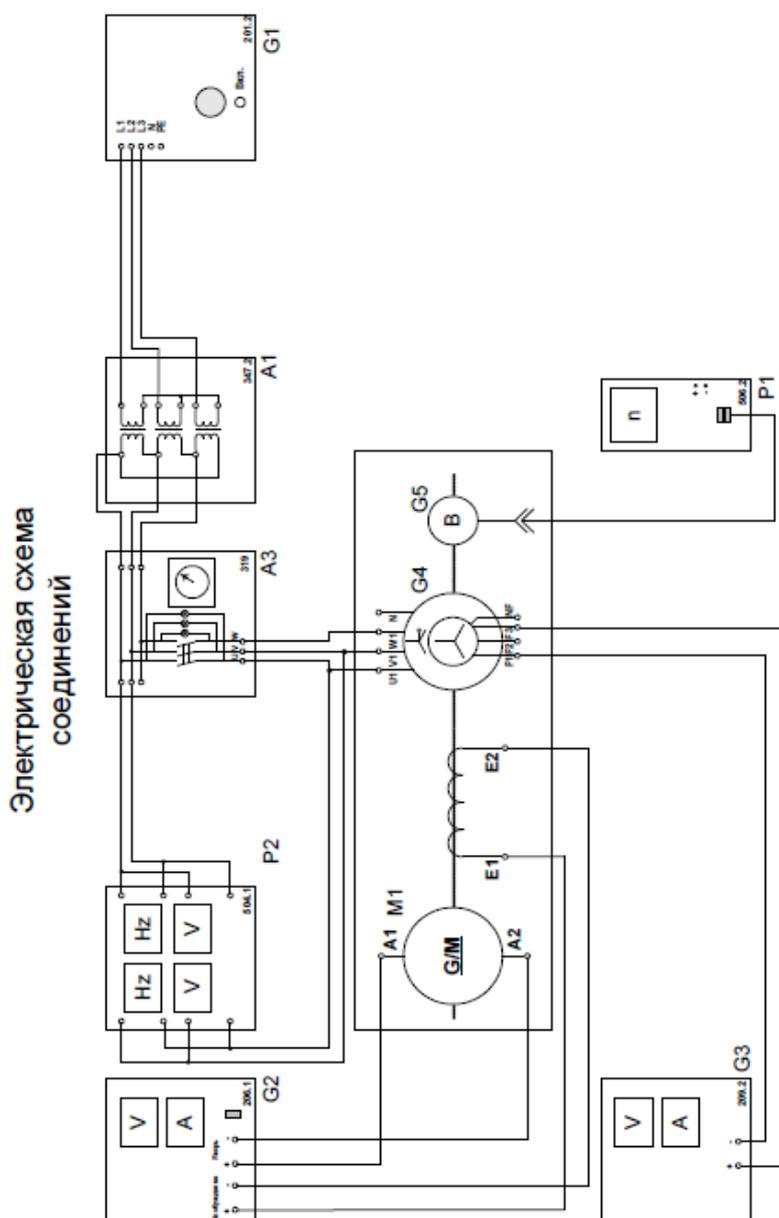
Фазы статорной обмотки генератора G4 через блок синхронизации A2 и трехфазную трансформаторную группу A1 с напряжениями 230 / 230 В, присоединены к гнездам трехфазного источника питания G1.

Частоту вращения генератора G4 можно контролировать с помощью указателя P1, соединенного с выходом преобразователя угловых перемещений

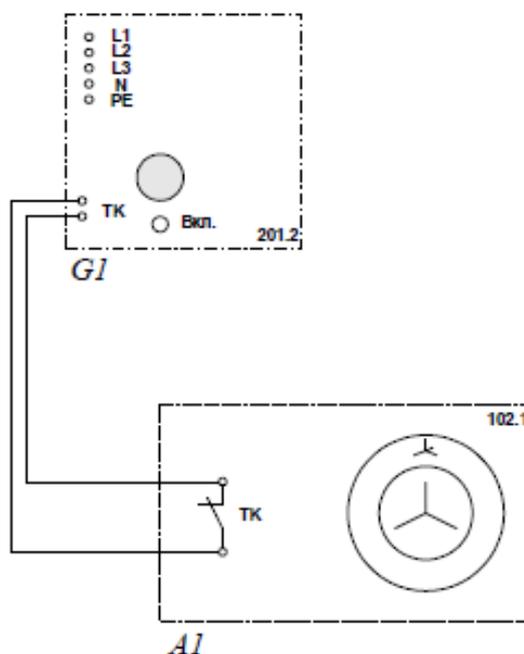
Величину и частоту напряжения генератора G4 и сети можно контролировать с помощью измерителя напряжений и частот P2.

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 5).
- Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3 и блока синхронизации A2 переведите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Включите выключатель "СЕТЬ" указателя P1.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя М1 (генератора G4) 1500 мин^{-1} .
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите напряжение между фазами (линейное) генератора G4 равным линейному напряжению сети.
- Включите выключатель "СЕТЬ" блока синхронизации A2.

- Обеспечьте условия синхронизации согласно табл. 1.1, после чего, нажатием на кнопку "ВКЛ." блока синхронизации A2, подключите генератор G4 к сети.
- Убедитесь, что генератор G4 вошел в режим синхронной работы с сетью, о чем должно свидетельствовать постоянство напряжения между фазами генератора G4.
- По завершении эксперимента нажмите кнопку "ОТКЛ." блока синхронизации A2, поверните регулировочные рукоятки сначала возбудителя G3, а затем источника G2 против часовой стрелки до упора, отключите выключатели "СЕТЬ" возбудителя G3, источника G2, блока синхронизации A2 и указателя P1, отключите источник G1 нажатием на красную кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.



Электрическая схема соединений тепловой защиты машины переменного тока



Перечень аппаратуры

Таблица 2.3

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
A1	Машина переменного тока	102.1	50 Вт, 220 В 1500 мин ⁻¹
G1	Трехфазный источник питания	201.2	400 В ~; 16 А

Вопросы для самоконтроля:

1. Назначение и особенности параллельной работы генераторов.
2. Методы синхронизации синхронных генераторов.
3. Условия включения генераторов на параллельную работу.
4. В чем разница угловой характеристики возбужденного явнополюсного и невозбужденного явнополюсного синхронного генератора?
5. Дайте определение статической устойчивости СГ.

Лабораторная работа № 3

Дистанционное управление моделью электрической системы с помощью виртуального пульта

Цель работы: усвоить практические приемы лабораторного исследования дистанционного управления моделью электрической системы с помощью виртуального пульта экспериментально подтвердить теоретические сведения.

Приборы и оборудование

Таблица 3.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
	Трехфазный источник питания		400 В ~; 16 А
	Источник питания двигателя постоянного тока		0...250 В – 3 А (якорь) 200 В –; 1 А (возбуждение)
	Возбудитель машины переменного тока		0...40 В –; 3,5 А
	Машина переменного тока (Синхронный генератор)		50 Вт; 230 В ~; $\varphi = 1$; 1500 мин ⁻¹
	Преобразователь угловых перемещений		6 выходных сигналов
	Двигатель постоянного тока		90 Вт; 220 В 0,76 А (якорь) 220 В; 0,2 А (возбуждение)
A1	Трехфазная трансформаторная группа		3 x 80 В·А; 230 (звезда) / 242, 235, 230, 126, 220, 133, 127 В
	Блок синхронизации		220 В ~; 16 А; синхроскоп; 3 индикаторные лампы
A3, A4	Блок измерительных трансформаторов тока и напряжения		600 В / 3 В (тр-р напряж.) 0,3 А / 3 В (тр-р тока)
A5	Коннектор		8 аналог. диф. входов; 2 аналог. выхода; 8 цифр. входов/выходов
A6	Персональный компьютер		ИВМ совместимый,

			монитор, мышь, клавиатура, плата сбора информации
A7	Трехфазная трансформаторная группа		3 x 80 В·А; 242, 235, (треугольник)
A8	Модель линии электропередачи		400 В ~; 3 × 0,5 А
A9	Блок ввода/вывода цифровых сигналов		8 входов типа «сухой контакт»; 8 релейных выходов
A10	Терминал		6 розеток с 8 контактами; ×8 гнезд
A11	Трехполюсный выключатель		400 В ~; 10 А
P1	Указатель частоты вращения		0...2000 мин ⁻¹
P2	Измеритель напряжений и частот		0...500 В ~; 45...55 Гц, 220 В ~
P3	Измеритель мощностей		15; 60; 150; 300; 600 В, 0,05; 0,1; 0,2; 0,5 А.
	Блок розеток		евророзетки (220 В/10 А), 1 трехфазная розетка (380 В/25 А).
	Указатель угла нагрузки синхронной машины		— 0...0...180°

Описание электрической схемы соединений

Обмотка возбуждения машины постоянного тока, используемой как первичный двигатель М1 с независимым возбуждением, присоединена к нерегулируемому выходу «ВОЗБУЖДЕНИЕ» источника G2, к регулируемому выходу «ЯКОРЬ» которого присоединена якорная обмотка этой же машины.

Вход питания источника G2 присоединен с помощью электрического шнура к розетке «380 В» трехфазного источника питания G1.

Обмотка ротора машины переменного тока, используемой как синхронный генератор G4, через гнезда "F1", "F3" присоединена к выходу возбудителя G3, вход питания которого присоединен с помощью электрического шнура к розетке «220 В» трехфазного источника питания G1.

Фазы статорной обмотки генератора G4 через блок F2 синхронизации и трехфазную трансформаторную группу A7 с номинальными напряжениями обмоток 230 / 230 В присоединены к модели A8 линии электропередачи. Модель A8 линии электропередачи через трехфазную трансформаторную группу A1 с

номинальными напряжениями обмоток 230 / 230 В, и трехполюсный выключатель А11 присоединена к выходу трехфазного источника питания G1.

Блоки А3 и А4 измерительных трансформаторов тока и напряжения использованы для получения сигналов, пропорциональных следующим величинам (соответственно сверху вниз по силовой схеме):

- напряжение UAC сети непосредственно после выключателя А11 (используется для измерения частоты сети);
- напряжение UAB системы (используется для измерения мощностей и коэффициента мощности генератора);
- ток IB генератора (используется для измерения мощностей и коэффициента мощности генератора);
- напряжение UAC системы (используется при синхронизации генератора с системой);
- напряжение UCC скольжения генератора относительно системы (используется при синхронизации генератора с системой);
- ток IC генератора (используется для измерения мощностей и коэффициента мощности генератора, а также для отображения тока генератора на виртуальном пульте);
- напряжение UAC генератора (используется при синхронизации генератора с системой).

Плата сбора информации персонального компьютера А6 плоским проводом подключена к коннектору А5, соединенному в свою очередь с блоком А9 ввода-вывода цифровых сигналов.

К аналоговым входам блока А9 ввода-вывода цифровых сигналов подключены следующие сигналы:

- АСН0-АСН8 – аналоговый выход указателя частоты вращения;
- АСН1-АСН9 – напряжение UCC скольжения генератора;
- АСН2-АСН10 – напряжение UAC генератора;
- АСН3-АСН11 – напряжение UAC системы;
- АСН4-АСН12 – напряжение UAC сети после выключателя А11;
- АСН5-АСН13 – ток IC генератора;
- АСН6-АСН14 – напряжение UAB системы;
- АСН7-АСН15 – ток IB генератора.

Аналоговые выходы DAC0OUT, DAC1OUT, земля аналоговых выходов AOGND, а также цифровые входы/выходы блока А9 ввода-вывода цифровых сигналов присоединены к соответствующим гнездам терминала А10, розетки которого с помощью контрольных кабелей подключены к розеткам управления источника G2, возбудителя G3, блока А2 синхронизации и выключателя А11.

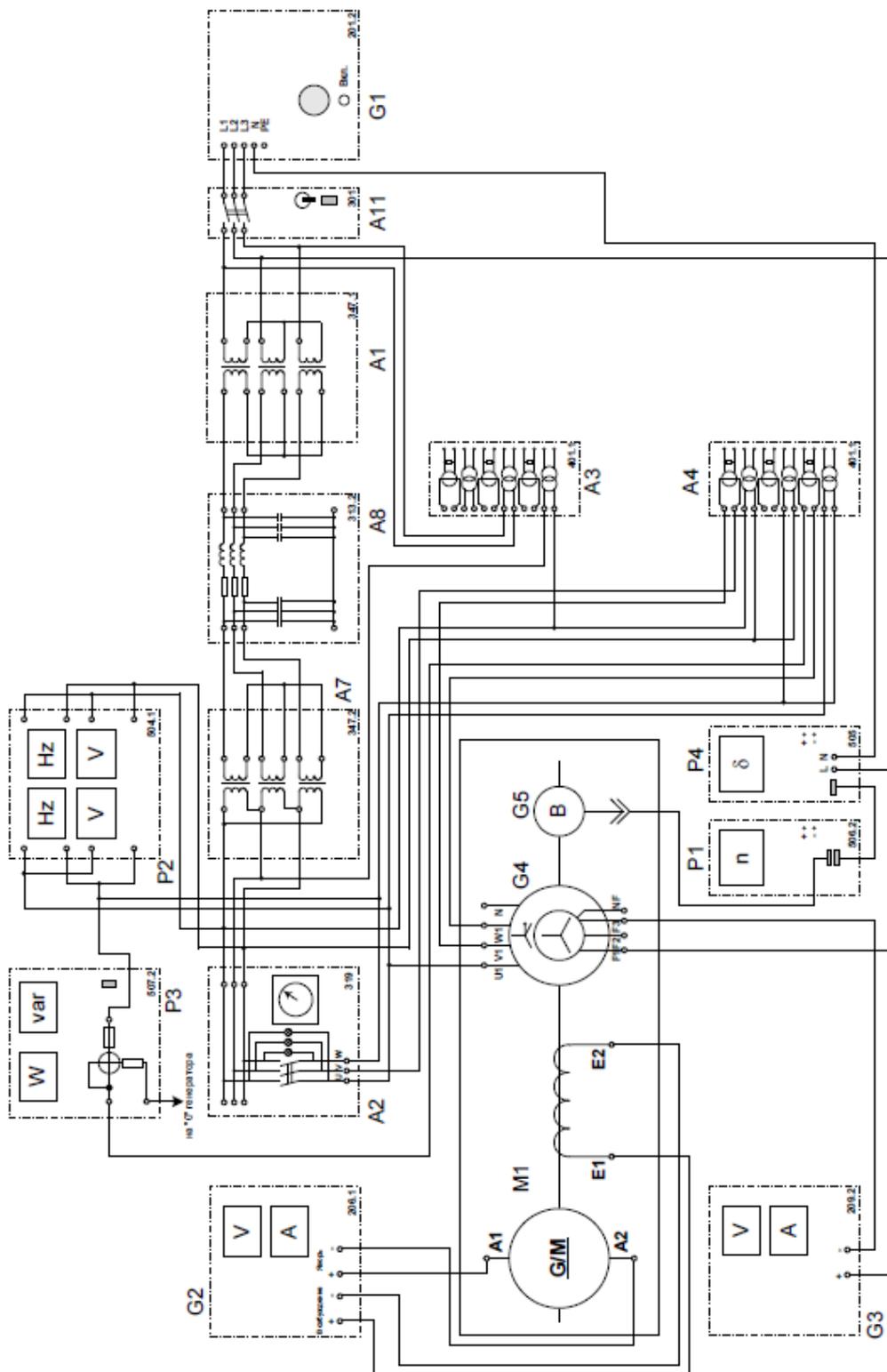
Все блоки стенда, имеющие внешнее питание, подключены к сети 220/380 В через блок розеток Р4. 56

Указания по проведению эксперимента

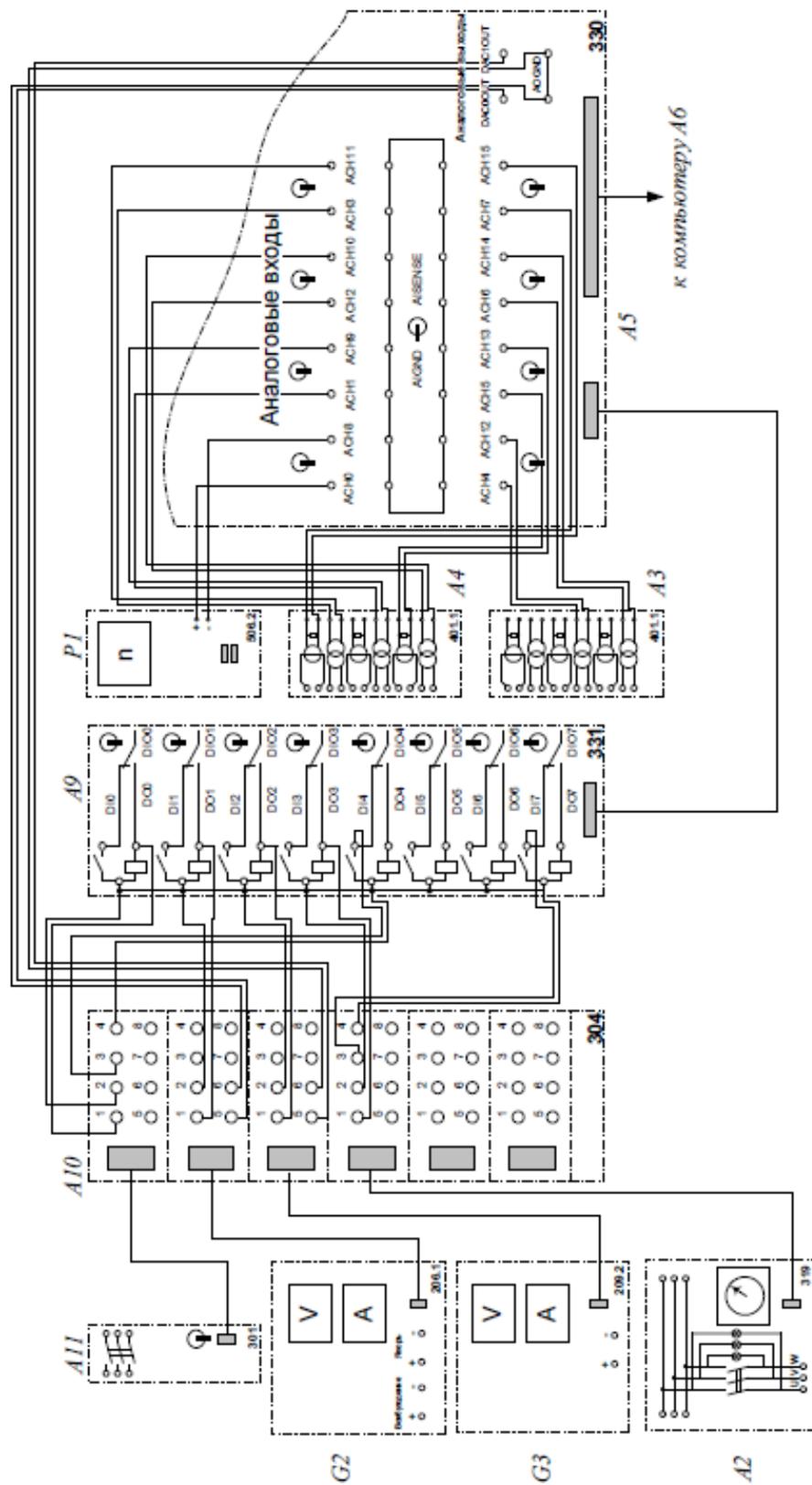
- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 12).
- Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" источника G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3, выключателя A11 и блока синхронизации A2 переведите в положение "АВТ".
- Приведите в рабочее состояние персональный компьютер А6, войдите в каталог — Программное обеспечение учебного лабораторного комплекса «Модель электрической системы», вызовите прикладную программу "Виртуальный пульт управления моделью электрической системы".
- Запустите программу с помощью виртуальной кнопки «RUN».
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" источника G2, возбудителя G3, указателя P1, блока A2 синхронизации, выключателя A11 и блока A9 ввода-вывода цифровых сигналов.
- Установите на пульте управления уставки частоты вращения (например, 1500 мин⁻¹), напряжения (например, 220 В), активной мощности (например, 40 Вт).
- Нажмите на виртуальную кнопку (QM) в цепи управления двигателем M1 и дождитесь разгона его до заданной частоты вращения.
- Нажмите на виртуальную кнопку (Qf) в цепи управления возбуждением генератора G4 и дождитесь достижения заданного значения напряжения генератора.
- Включите выключатель A11, нажав на виртуальную кнопку (QC) в его цепи управления.
- Добейтесь, если необходимо, приемлемой (не выше 0,2 Гц) частоты напряжения скольжения между генератором и сетью путем изменения уставки частоты вращения генератора на виртуальном регуляторе.
- В момент прохождения кривой напряжения скольжения между генератором и сетью (наблюдайте на мониторе) через минимальное (близкое к нулю) значение подключите генератор к сети путем нажатия на виртуальную кнопку (Q4) управления положением выключателя в блоке A2 синхронизации.
- Убедитесь, что генератор вошел в режим синхронной работы с сетью, о чем должно свидетельствовать постоянство напряжения между его фазами.
- Убедитесь, что генератор взял заданную активную нагрузку (мощность).
- По завершении эксперимента снизьте активную мощность генератора до нуля, отключите последовательно выключатель в блоке A2 синхронизации, сетевой выключатель A11, возбуждение генератора G4 и питание двигателя M1 путем нажатия соответствующих виртуальных кнопок на пульте управления, остановите работу программы «Виртуальный пульт управления универсальной моделью электрической системы», отключите выключатель

"СЕТЬ" возбуждителя G3, источника G2, указателя P1, блока A2 синхронизации, выключателя A11 и блока A9 ввода- вывода цифровых сигналов, отключите источник G1 нажатием на красную кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.

Электрическая схема соединений



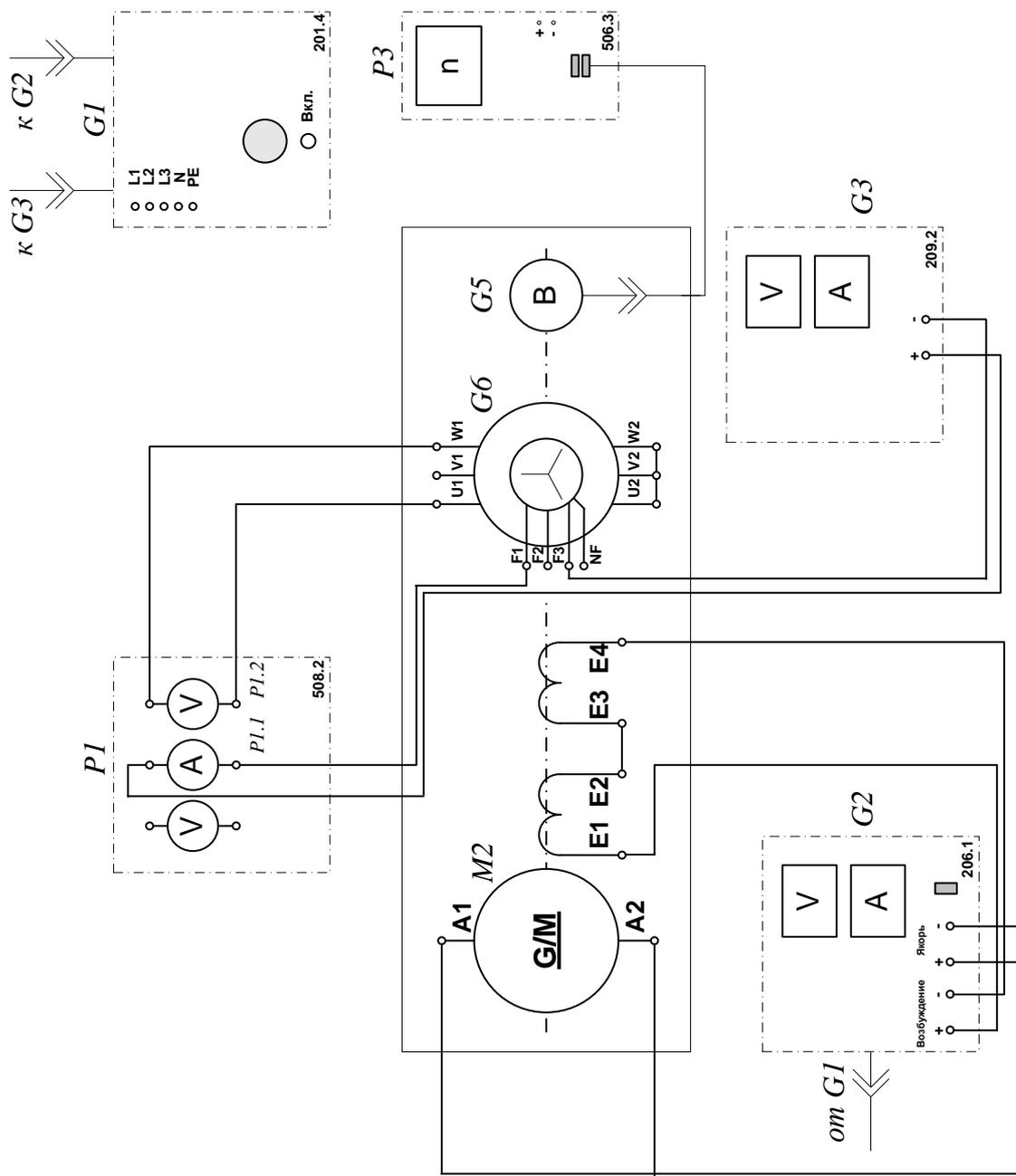
Электрическая схема соединений (продолжение)



Снятие характеристики холостого хода $E_0=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

- Схема электрическая соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента

Схема электрическая соединений



Перечень аппаратуры

Таблица 4.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.4	~ 400 В / 6 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≅ 0...1000 В / ≅ 0...10 А / 0...20 МОм
P3	Указатель частоты вращения	506.3	-2000...0...2000 мин ⁻¹
-	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 6 А

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 5).
- Отключите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания (код 218).
- Подключите с помощью электрического шнура однофазный источник питания (код 218) через однофазную розетку с заземляющими контактами к электрической сети напряжением 220 В лаборатории.
- Подключите с помощью электрических шнуров блоки, требующие однофазного питания напряжением 220 В, к однофазному источнику питания (код 218).
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2 и возбудителя G3 установите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.

- Включите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания (код 218).
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M2 (генератор G6) до частоты 1500 мин⁻¹ и поддерживайте ее в ходе эксперимента неизменной.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, изменяйте ток возбуждения I_f генератора G6 в диапазоне 0...2 А и заносите показания амперметра P1.1 (ток I_f) и вольтметра P1.2 (э.д.с. E_0 синхронного генератора G6) в таблицу 4.2.

Таблица 4.2

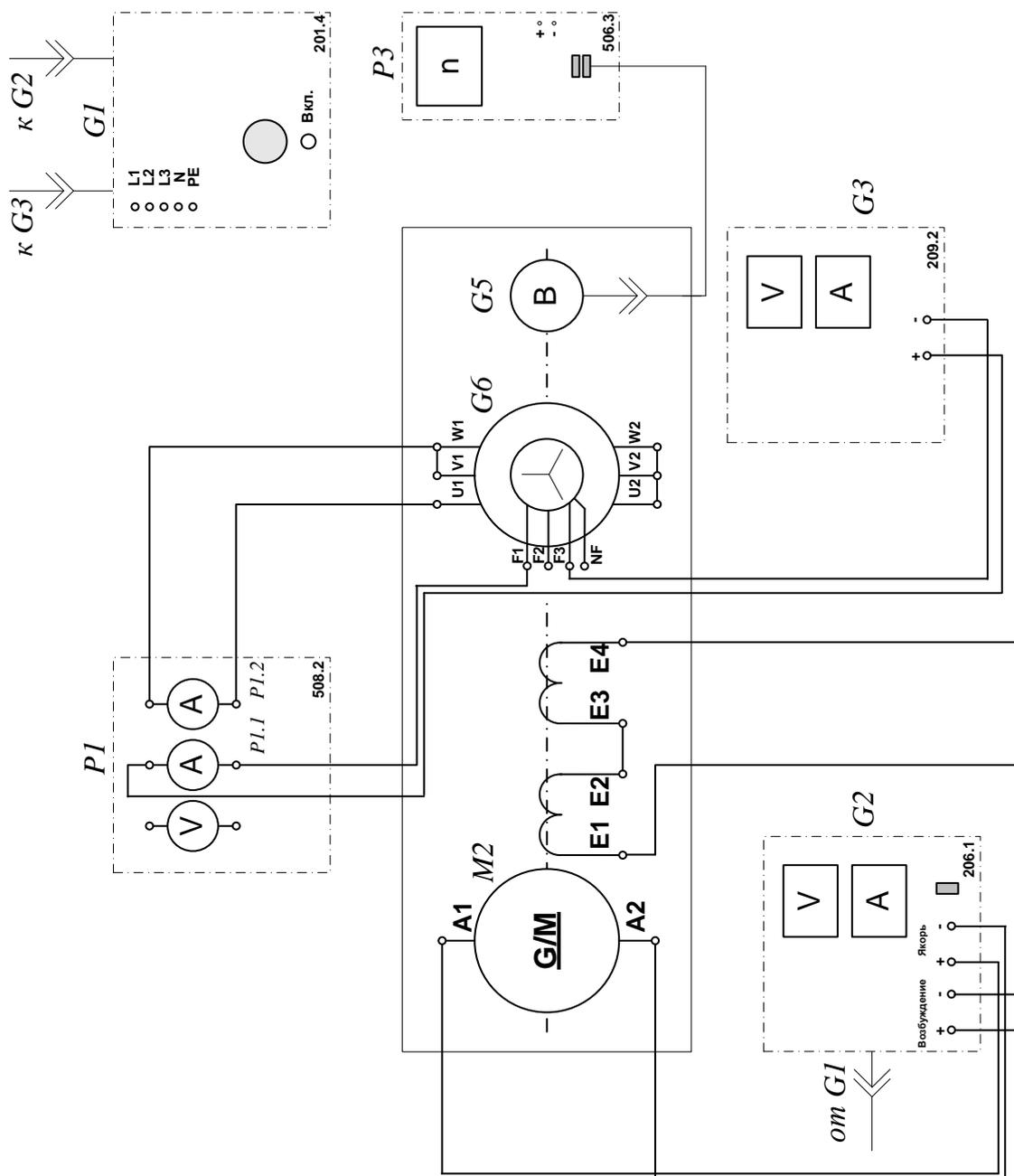
I_f, A										
E_0, B										

- По завершении эксперимента первоначально у возбудителя G3, а затем и у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ". Отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб, и последующим отключением ключа – выключателя. Отключите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Используя результаты табл. 4.2, постройте искомую характеристику холостого хода $E_0 = f (I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

Снятие характеристики короткого замыкания $I_K=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора

- Схема электрическая соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента

Схема электрическая соединений



Перечень аппаратуры

Таблица 5.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.4	~ 400 В / 6 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≅ 0...1000 В / ≅ 0...10 А / 0...20 МОм
P3	Указатель частоты вращения	506.3	-2000...0...2000 мин ⁻¹
-	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 6 А

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 27).
- Отключите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания (код 218).
- Подключите с помощью электрического шнура однофазный источник питания (код 218) через однофазную розетку с заземляющими контактами к электрической сети напряжением 220 В лаборатории.
- Подключите с помощью электрических шнуров блоки, требующие однофазного питания напряжением 220 В, к однофазному источнику питания (код 218).
- Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2 и возбудителя G3 установите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.

- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M2 (генератор G6) до частоты 1500 мин^{-1} и поддерживайте ее в ходе эксперимента неизменной.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, изменяйте ток возбуждения I_f генератора G6 в диапазоне $0 \dots 2 \text{ А}$ и заносите показания амперметров P1.1 (ток I_f) и P1.2 (ток I_k статорной обмотки синхронного генератора G6) в таблицу 5.2.

Таблица 5.2.

$I_f, \text{ А}$										
$I_k, \text{ А}$										

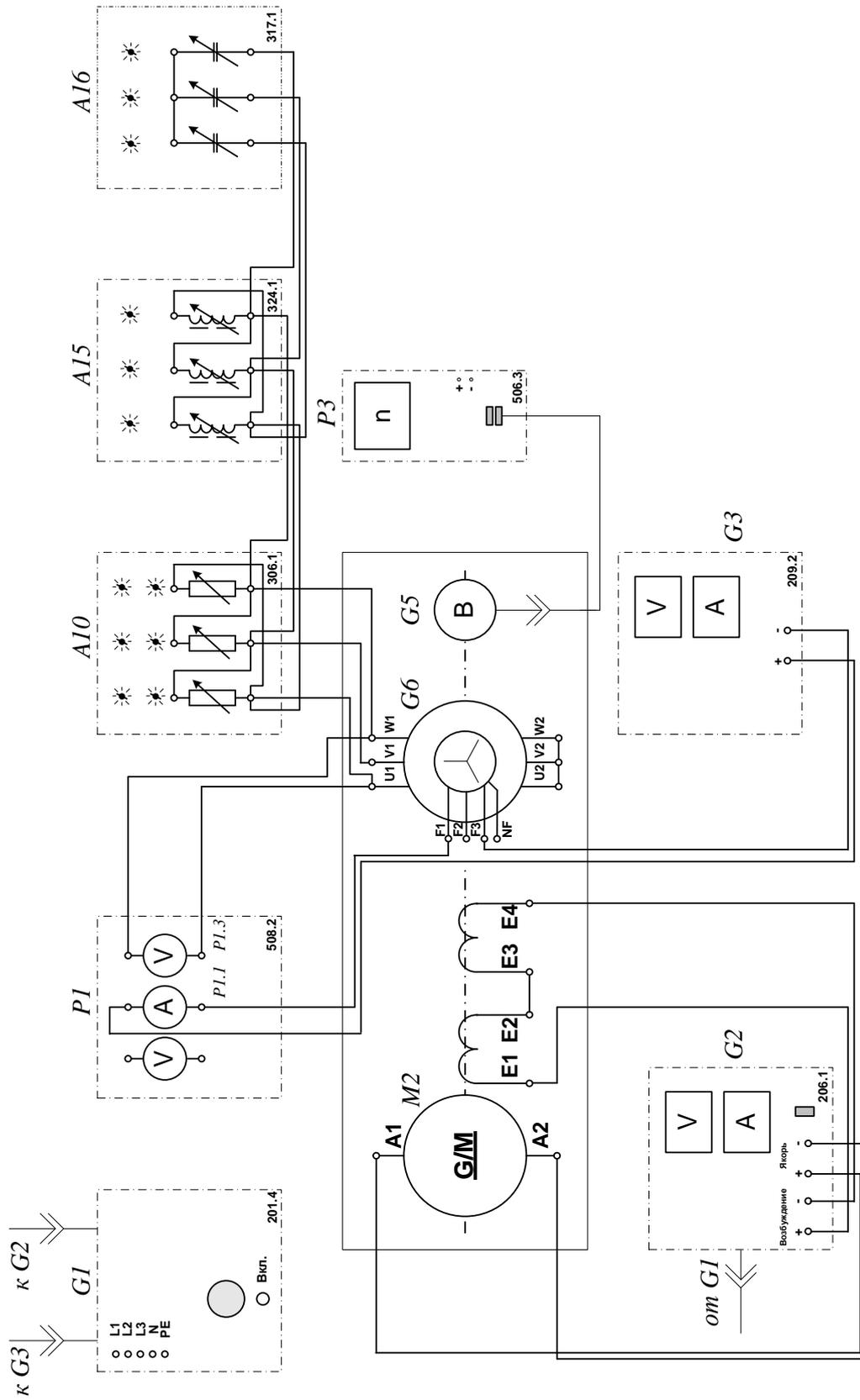
- По завершении эксперимента первоначально у возбудителя G3, а затем и у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ". Отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб, и последующим отключением ключа – выключателя. Отключите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Используя результаты табл. 5.2, постройте искомую характеристику короткого замыкания $I_k=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

Лабораторная работа № 6

Снятие внешней $U=f(I)$, регулировочной $I_f=f(I)$ и нагрузочной $U=f(I_f)$ характеристик трехфазного синхронного генератора

- Схема электрическая соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента

Схема электрическая соединений



Перечень аппаратуры

Таблица 6.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.4	~ 400 В / 6 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A10	Активная нагрузка	306.1	220 В / 3×0...50 Вт;
A15	Индуктивная нагрузка	324.2	220 В / 3×0...40 ВАр;
A16	Емкостная нагрузка	317.2	220 В / 3×0...40 ВАр;
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра ≅ 0...1000 В / ≅ 0...10 А / 0...20 МОм
P3	Указатель частоты вращения	506.3	-2000...0...2000 мин ⁻¹
-	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 6 А

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 30).
- Отключите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания (код 218).
- Подключите с помощью электрического шнура однофазный источник питания (код 218) через однофазную розетку с заземляющими контактами к электрической сети напряжением 220 В лаборатории.
- Подключите с помощью электрических шнуров блоки, требующие однофазного питания напряжением 220 В, к однофазному источнику питания (код 218).
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.

- Переключатели режима работы источника G2 и возбудителя G3 установите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки A10 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A17) в положение "0%".
- Включите выключатели «СЕТЬ» блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, разгоните двигатель M2 (генератор G6) до частоты 1500 мин⁻¹ и поддерживайте ее в ходе эксперимента неизменной.
- Включите выключатель «СЕТЬ» и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите ток возбуждения I_f , при котором междуфазное напряжение U генератора G6 будет равно 230 В.
- Перемещая синфазно регулировочные рукоятки активной нагрузки A10 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A16), изменяйте ток I статорной обмотки генератора G6 в диапазоне 0...0,25 А и заносите показания амперметра P1.2 (ток I) и вольтметра P1.3 (напряжение U) в таблицу 6.2.

Таблица 6.2

I, А										
U, В										

- Верните регулировочные рукоятки активной нагрузки A1 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A17) в положение "0%".
- Синфазно поворачивая регулировочные рукоятки активной нагрузки A1 (индуктивной нагрузки A15 / емкостной нагрузки A16) и поддерживая напряжение U генератора G4 равным 230 В, путем регулирования его тока возбуждения I_f , изменяйте ток I статорной обмотки генератора G6 в диапазоне 0...0,25 А и заносите показания амперметров P1.1 (ток I_f), P1.2 (ток I) в таблицу 6.3.

Таблица 6.3

I, А										
I_f, А										

- Верните регулировочные рукоятки активной нагрузки А1 (индуктивной нагрузки А15 / емкостной нагрузки А17) в положение "0%".
- Соедините фазы емкостной нагрузки по схеме «треугольник».
- Поверните регулировочную рукоятку возбуждителя G3 против часовой стрелки до упора.
- Закоротите активную нагрузку А1 (индуктивную нагрузку А15 / емкостную нагрузку А17).
- Увеличивая ток возбуждения I_f генератора G3, установите ток I статорной обмотки генератора G6 равным, например, 0,05 А и занесите показания амперметра P1.1 (ток I_f) и вольтметра P1.3 (напряжение U) в таблицу 7.3.3.
- Поверните регулировочную рукоятку возбуждителя G3 против часовой стрелки до упора.
- Раскоротите активную нагрузку А1 (индуктивную нагрузку А15 / емкостную нагрузку А17).
- Установите регулировочные рукоятки активной нагрузки А1 (индуктивной нагрузки А15 / емкостной нагрузки А17) в положение "100%".
- Синфазно поворачивая против часовой стрелки регулировочные рукоятки активной нагрузки А10 (индуктивной нагрузки А15 / емкостной нагрузки А16) и поддерживая неизменным, например, равным 0,05 А ток I статорной обмотки генератора G6 путем регулирования его тока возбуждения I_f , изменяйте напряжение U статорной обмотки генератора G6 (не превышая значения 250 В) и заносите показания амперметра P1.1 (ток I_f) и вольтметра P1.3 (напряжение U) в таблицу 6.4.

Таблица 6.4

I_f, A										
U, B										

- По завершении эксперимента первоначально у возбуждителя G3, а затем и у источника G2 поверните регулировочную рукоятку против часовой стрелки до упора, нажмите кнопку "ОТКЛ." и отключите выключатель "СЕТЬ". Отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб, и последующим отключением ключа – выключателя. Отключите выключатели "СЕТЬ" блока мультиметров P1 и указателя частоты вращения P3.
- Используя результаты таблиц 1.3.1...1.3.3, постройте искомые характеристики трехфазного синхронного генератора G6 при активном (индуктивном / емкостном) характере его нагрузки:
 - внешнюю $U = f(I)$ при $n = \text{const}$, $I_f = \text{const}$ (табл. 6.2.);
 - регулировочную $I_f = f(I)$ при $n = \text{const}$, $U = \text{const}$ (табл. 6.3.);
 - нагрузочную $U = f(I_f)$ при $n = \text{const}$, $I = \text{const}$ (табл. 6.4.).

Перечень аппаратуры

Таблица 7.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.4	~ 400 В / 6 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.3	3×80 В·А звезда / 220, 225, 230 В / 133, 220, 230, 235, 240, 245 В
A6	Трёхполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A17	Блок синхронизации	319	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроноскоп
P2	Измеритель мощностей	507.3	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.3	-2000...0...2000 мин ⁻¹
P4	Измеритель напряжений и частот	504 .2	~ 0...500 В; 45...55 Гц, ~ 220 В
-	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 6 А

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 34).
- Отключите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания (код 218).
- Подключите с помощью электрического шнура однофазный источник питания (код 218) через однофазную розетку с заземляющими контактами к электрической сети напряжением 220 В лаборатории.
- Подключите с помощью электрических шнуров блоки, требующие однофазного питания напряжением 220 В, к однофазному источнику питания (код 218).

- Соедините гнезда защитного заземления " \oplus " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.
- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3, выключателя A6 и блока синхронизации A17 переведите в положение "РУЧН."
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите переключателями в трехфазной трансформаторной группе A2 номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов – 230 В.
- Включите выключатели "СЕТЬ" выключателя A6, блока синхронизации A18, измерителя мощностей P2 и указателя P3.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя M2 (генератора G6) 1500 мин⁻¹.
- Включите выключатель A6 нажатием на кнопку "ВКЛ" на его передней панели.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, установите напряжение между фазами (линейное) генератора G6 равным напряжению между одноименными фазами сети.
- Обеспечьте условия синхронизации согласно табл. 7.2, после чего, нажатием на кнопку "ВКЛ." блока синхронизации A17, подключите генератор G6 к сети.
- Убедитесь, что генератор G6 вошел в режим синхронной работы с сетью, о чем должно свидетельствовать отсутствие колебаний значений его режимных параметров.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, нагрузите генератор G6 активной мощностью, например, до 30 Вт, которую определяйте утроением показаний ваттметра измерителя P2.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, нагрузите генератор G6 реактивной мощностью с отстающим (опережающим) коэффициентом мощности, например, до 30 ВАр, которую определяйте утроением показаний варметра измерителя P2.
- Для отключения генератора G6 от сети: разгрузите его по активной и реактивной мощностям, нажмите кнопку "ОТКЛ." блока синхронизации A17, поверните регулировочные рукоятки сначала у возбудителя G3, а затем у источника G2 против часовой стрелки до упора, отключите выключатели "СЕТЬ" блоков, задействованных в эксперименте, отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.

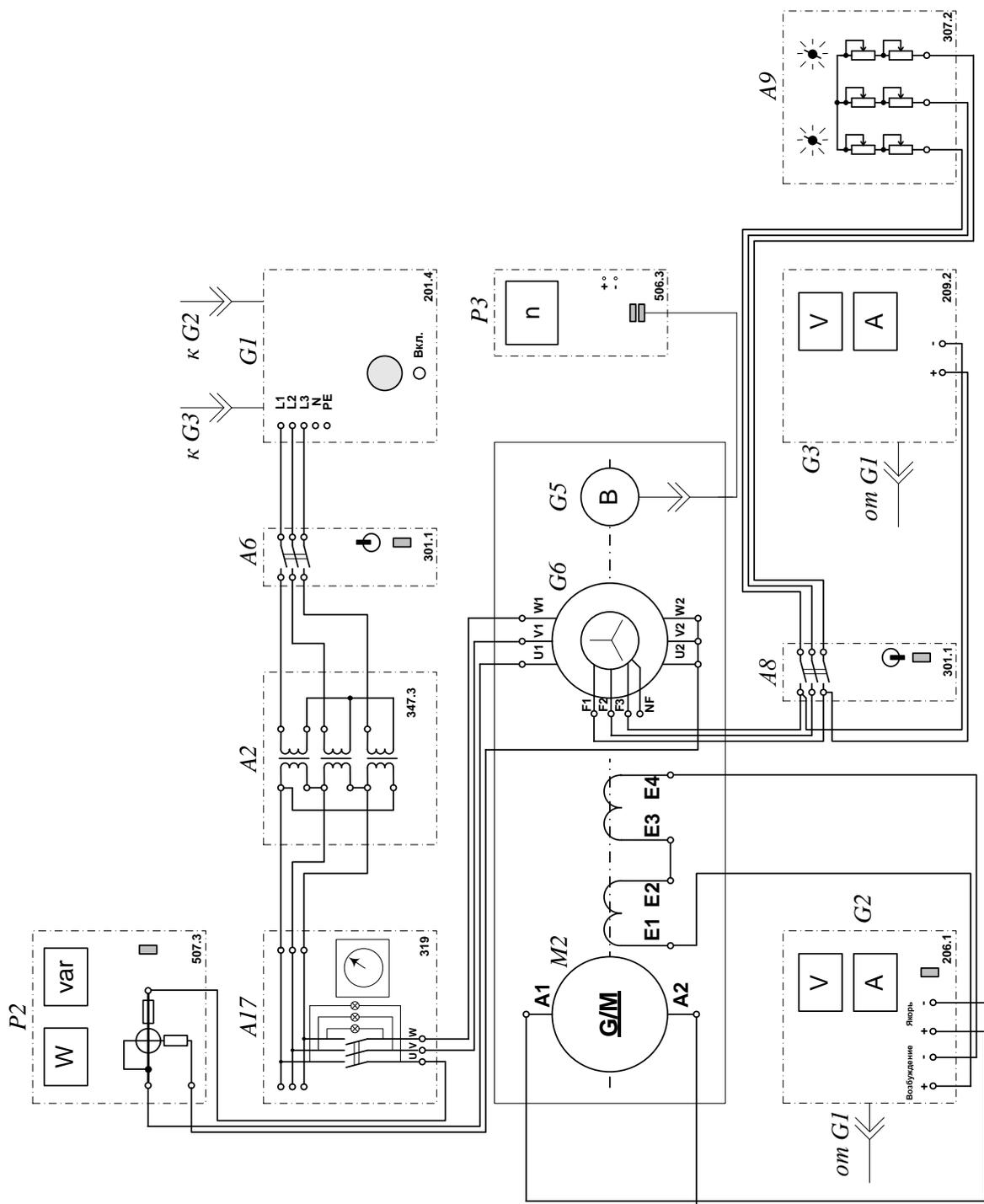
Таблица 7.2

Условие	Средство контроля	Критерий выполнения условия	Критерий невыполнения условия	Рекомендации по выполнению условия
Равенство напряжений синхронного генератора и сети	Вольтметры со стороны синхронного генератора и сети	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети равны	Напряжения со стороны синхронного генератора и сети не равны	Регулировать напряжения возбуждения синхронного генератора до момента выравнивания напряжений со стороны синхронного генератора и сети
Одинаковое чередование фаз напряжений синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз	Лампы в фазах: периодически одновременно загораются и гаснут (частоты напряжений не равны); горят (напряжения в противофазе); не горят (напряжения синфазные)	Лампы в фазах периодически не одновременно загораются и гаснут, создавая эффект “кругового огня”	Переключить любые две фазы синхронного генератора
Равенство частот синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз или синхроскоп	Лампы в фазах горят постоянно без мерцания (напряжения в противофазе) или не горят (напряжения синфазные); стрелка синхроскопа неподвижна	Лампы в фазах загораются с частотой скольжения; стрелка синхроскопа вращается	Регулировать частоту вращения синхронного генератора
Синфазность напряжений синхронного генератора и сети	Лампы в разрывах фаз или синхроскоп	Лампы в фазах не горят; стрелка синхроскопа смотрит вверх	Лампы в фазах горят; стрелка синхроскопа не смотрит вверх	Регулировать частоту вращения синхронного генератора до погасания ламп

**Подключение к сети трехфазного синхронного генератора
методом самосинхронизации**

- Схема электрическая соединений
- Перечень аппаратуры
- Указания по проведению эксперимента

Схема электрическая соединений



Перечень аппаратуры

Таблица 8.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.4	~ 400 В / 6 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	– 0...250 В / 3 А (якорь) / – 200 В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	– 0...40 В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.3	3×80 В·А (звезда) / 220, 225, 230 В / 133, 220, 230, 235, 240, 245 В
A6, A8	Трёхполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A9	Реостат для цепи ротора машины переменного тока	307.2	3 × 0...40 Ом / 1 А
A17	Блок синхронизации	319	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроноскоп
P2	Измеритель мощностей	507.2	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.3	-2000...0...2000 мин ⁻¹
-	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 6 А

Указания по проведению эксперимента

- Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.
- Соберите электрическую схему соединений тепловой защиты машины переменного тока (стр. 38).
- Отключите устройство защитного отключения и автоматические выключатели однофазного источника питания (код 218).
- Подключите с помощью электрического шнура однофазный источник питания (код 218) через однофазную розетку с заземляющими контактами к электрической сети напряжением 220 В лаборатории.
- Подключите с помощью электрических шнуров блоки, требующие однофазного питания напряжением 220 В, к однофазному источнику питания (код 218).
- Соедините гнезда защитного заземления "⊕" устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "PE" трехфазного источника питания G1.
- Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.

- Переключатели режима работы источника G2, возбудителя G3, выключателя A6 и блока синхронизации A17 переведите в положение "РУЧН".
- Регулировочные рукоятки источника G2 и возбудителя G3 поверните против часовой стрелки до упора.
- Установите суммарное сопротивление фаз реостата A4, равными 8 Ом.
- Установите переключателями в трехфазной трансформаторной группе A2 номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов – 230 В.
- Включите источник G1. О наличии напряжений фаз на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." источника G2.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите частоту вращения двигателя M2 (генератора G6) 1500 мин⁻¹.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3 по часовой стрелке, установите ток возбуждения генератора G6, равным 1,5 А, и убедитесь, что свечение индикаторных ламп блока синхронизации A17 меняется синфазно. В противном случае при эффекте "бегущего огня" переключите любые две фазы генератора G6.
- Нажмите кнопку «ОТКЛ.» возбудителя G3.
- Включите выключатель "СЕТЬ" и нажмите кнопку "ВКЛ." выключателя A6.
- Подключите генератор G4 к сети путем включения выключателя "СЕТЬ" и нажатия кнопки "ВКЛ." блока синхронизации A17.
- По окончании разгона генератора G6 нажмите кнопку "ВКЛ." возбудителя G3.
- Убедитесь, что генератор G6 вошел в режим синхронной работы с сетью, о чем должно свидетельствовать отсутствие колебаний значений его режимных параметров.
- Отключите выключатель A6 нажатием на кнопку "ОТКЛ."
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, нагрузите генератор G6 активной мощностью, например, до 30 Вт, которую определяйте утроением показаний ваттметра измерителя P2.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, нагрузите генератор G6 реактивной мощностью с отстающим (опережающим) коэффициентом мощности, например, до 30 ВАр, которую определяйте утроением показаний варметра измерителя P2.
- Для отключения генератора G6 от сети: разгрузите его по активной и реактивной мощностям, нажмите кнопку "ОТКЛ." блока синхронизации A17, поверните регулировочные рукоятки сначала у возбудителя G3, а затем у источника G2 против часовой стрелки до упора, отключите выключатель "СЕТЬ" возбудителя G3, источника G2, блока синхронизации A17, выключателя A6, измерителя P2 и указателя P3, отключите источник G1 нажатием на кнопку – гриб и последующим отключением ключа – выключателя.

Перечень аппаратуры

Таблица 9.1

Обозначение	Наименование	Тип	Параметры
G1	Трёхфазный источник питания	201.4	~ 400 В / 6 А
G2	Источник питания двигателя постоянного тока	206.1	$- 0 \dots 250$ В / 3 А (якорь) / $- 200$ В / 1 А (возбуждение)
G3	Возбудитель синхронной машины	209.2	$- 0 \dots 40$ В / 3,5 А
G5	Преобразователь угловых перемещений	104	6 вых. каналов / 2500 импульсов за оборот
G6	Машина переменного тока	102.1	100 Вт / ~ 230 В / 1500 мин ⁻¹
M2	Машина постоянного тока	101.2	90 Вт / 220 В / 0,56 А (якорь) / 2×110 В / 0,25 А (возбуждение)
A2	Трёхфазная трансформаторная группа	347.3	3×80 В·А (звезда) / 220, 225, 230 В / 133, 220, 230, 235, 240, 245 В
A6	Трёхполюсный выключатель	301.1	~ 400 В / 10 А
A17	Блок синхронизации	319	~ 400 В; 2 А; 3 индикаторные лампы; синхроскоп
P1	Блок мультиметров	508.2	3 мультиметра $\approx 0 \dots 1000$ В / $\approx 0 \dots 10$ А / $0 \dots 20$ МОм
P2	Измеритель мощностей	507.3	15; 60; 150; 300; 600 В / 0,1; 0,2; 0,5; 1,0 А.
P3	Указатель частоты вращения	506.3	$-2000 \dots 0 \dots 2000$ мин ⁻¹
P4	Измеритель напряжений и частот	504.2	$\sim 0 \dots 500$ В; 45...55 Гц, ~ 220 В
-	Однофазный источник питания	218	~ 220 В / 6 А

Указания по проведению эксперимента

- Осуществите подключение к сети синхронного генератора G6 методом точной синхронизации в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 1.4. настоящего руководства.
- Включите выключатель «СЕТЬ» блока мультиметров P1.
- Активизируйте мультиметры блока P1, задействованные в эксперименте.
- Вращая регулировочную рукоятку источника G2, установите желаемую активную мощность генератора G6, например, 30 Вт, которую определяйте утроением показаний ваттметра измерителя P2, и поддерживайте её в ходе эксперимента неизменной.
- Вращая регулировочную рукоятку возбудителя G3, изменяйте ток возбуждения I_f генератора G6 (не превышая значения 2 А) и записывайте показания амперметров P1.1 (ток I_f) и P1.2 (ток I статорной обмотки генератора G6) в таблицу 9.2.

Таблица 9.2

I_f, А										
I, А										

- В случае перехода генератора G6 в асинхронный режим работы разгрузайте его по активной мощности, вращая регулировочную рукоятку источника G2 против часовой стрелки до тех пор, пока не восстановится синхронная работа генератора с сетью.
- По завершении эксперимента произведите отключение генератора G6 от сети в соответствии с указаниями по проведению эксперимента раздела 7.2. настоящего руководства.
- Используя данные табл. 9.2 постройте искомую U–образную характеристику $I=f(I_f)$ трехфазного синхронного генератора.

2. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1 Рекомендации по освоению лекционного материала, подготовке к лекциям.

Лекции являются основным видом учебных занятий в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных взглядов и освещение основных проблем изучаемой области знаний.

Значительную часть теоретических знаний студент должен получать самостоятельно из рекомендованных основных и дополнительных информационных источников (учебников, Интернет-ресурсов, электронной образовательной среды университета). В тетради для конспектов лекций должны быть поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. Вопросы, возникшие в ходе лекций, рекомендуется делать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснениями к преподавателю.

После окончания лекции рекомендуется перечитать записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций рекомендуется использовать при подготовке к практическим занятиям (лабораторным работам), экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

2.2 Рекомендации по подготовке к практическим занятиям.

Для подготовки к практическим занятиям необходимо заранее ознакомиться с перечнем вопросов, которые будут рассмотрены на занятии, рекомендуемой основной и дополнительной литературой, содержанием рекомендованных Интернет-ресурсов. Необходимо прочитать соответствующие разделы из основной и дополнительной литературы, рекомендованной преподавателем, выделить основные понятия и процессы, их закономерности и движущие силы, взаимные связи. При подготовке к занятию не нужно заучивать учебный материал. На практических занятиях нужно выяснять у преподавателя ответы на интересующие или затруднительные вопросы, высказывать и аргументировать свое мнение.

2.3 Рекомендации по подготовке к лабораторным занятиям.

Целью лабораторного практикума является: ознакомление с устройством, принципом действия и характеристиками машин переменного тока; закрепление теоретических знаний в области машин переменного тока, получение навыков их экспериментального исследования, а также обработки полученных

результатов; приобретение навыков чтения и сборки электрических схем, включения и испытания машин переменного тока в различных режимах; приобретение навыков суммирования и обобщения полученных результатов экспериментальных исследований, умения формулировать правильные выводы о работе машины и физических процессах, протекающих в ней.

10. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

Лейкин В.С., Михайлов В.А. Автоматизированные электроэнергетические системы промысловых судов.- М.: ВО «Агропромиздат», 1987 – 328 с.

Г.С. Яковлев «Судовые электроэнергетические системы». –Л.: «Судостроение», 1987 – 213 с

Дополнительная литература:

аранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. - СПб: Судостроение, 1995 – 448 с.

вчаренко Н.И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем [Text] : учеб. для вузов электроэнерг. спец. / Н. И. Овчаренко; Под ред. А.Ф. Дьякова. – М. : Издво НЦ ЭНАС, 2000. - 503 с.

лексеев Н.А., Макаров С.Б., Портнягин Н.Н. Микропроцессорные системы управления электроэнергетическими установками промысловых судов [Текст]: учебное пособие / Н. А. Алексеев, С. Б. Макаров, Н. Н. Портнягин ; [ГМА им. адм. С. О. Макарова, СПГУВК, Камчатский государственный технический университет]. – М. : Колос, 2008. – 422 с.

раснов В.В., Мещанинов П.А., Мещанинов А.П. Основы теории и расчета судовых электроэнергетических систем. Моделирование для исследования специальных режимов.-Л.: Судостроение, 1989. –328 с.

Соловьев, В.И. Самулеев. Судовые электроэнергетические системы. – М.: Транспорт, 1991 – 248 с.

онстантинов В. И. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок. JL: Судостроение, 1988. – С. 312.