

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрические сети и электротехника

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Анализ особенностей параллельной и изолированной работы малой генерации в распределительных сетях	

УДК 621.316.11:621.313.12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2Г	Жабасов Тамерлан Касимбекулы		10.06.2016

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Прохоров А.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	Прохоров А.В.	К.Т.Н.		

Результаты обучения
профессиональные и общекультурные компетенции
по основной образовательной программе подготовки бакалавров
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»,
профиль «Электроэнергетические системы и сети»

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
Р 1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОК-4, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (1.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетических систем и сетей, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ОПК-3), <i>CDIO Syllabus</i> (2.1), Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 3	Уметь проектировать электроэнергетические системы и электрические сети.	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-3, ПК-4, ПК-9), <i>CDIO Syllabus</i> (4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов электрических сетей энергосистем, а также энергосистемы в целом, интерпретировать данные и делать выводы.	Требования ФГОС (ОПК-2, ОПК-3, ПК-1, ПК-2, ПК-5, ПК-12, ПК-14, ПК-15), <i>CDIO Syllabus</i> (2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетических систем и электрических сетей.	Требования ФГОС (ОПК-2, ПК-11, ПК-13, ПК-18), <i>CDIO Syllabus</i> (4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической отрасли, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-7, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ПК-17), <i>CDIO Syllabus</i> (4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные</i>		
Р 7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетических систем.	Требования ФГОС (ПК-20, ПК-19, ПК-21), <i>CDIO Syllabus</i> (4.3, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями

Код результата	Результат обучения	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
		международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в области электрических сетей энергосистем.	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-1, ПК-2), <i>CDIO Syllabus</i> (3.2, 4.7), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (3.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-5, ОК-6), <i>CDIO Syllabus</i> (2.5), Критерий 5 АИОР (п. 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетических систем и сетей с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, ОК-8, ОК-9, ПК-3, ПК-4, ПК-10), <i>CDIO Syllabus</i> (4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Р 12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетических систем и сетей.	Требования ФГОС (ОК-7, ОК-8), <i>CDIO Syllabus</i> (2.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Кафедра Электрические сети и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Прохоров А.В.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской выпускной квалификационной работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Г	Жабасов Тамерлан Касимбекулы

Тема работы:

Анализ особенностей параллельной и изолированной работы малой генерации в распределительных сетях

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 27.04.2016 г. № 3266/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

1. Объекты исследований: Генераторные установки мощностью до 50 МВт, оснащенные автоматическими регуляторами частоты вращения и возбуждения, подключенные к распределительным сетям среднего напряжения. Исследуемые режимы работы установок: параллельно с сетью, изолированный, комбинированный.
2. Схема одномашиной энергосистемы (генератор-шины бесконечной мощности).
3. Параметры силового оборудования.
4. Тип и мощность электрических нагрузок.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Аналитический обзор литературы, в том числе публикуемой ведущими профессиональными организациями IEEE, CIGRE, с целью формулирования существующих проблем и задач подключения и эксплуатации объектов малой генерации к распределительной сети (нормативная документация, схемы подключения и выдачи мощности, режимы работы, проблемы эксплуатации и другие актуальные вопросы, выявленные в ходе анализа). 2. На основании анализа литературных источников определить характерные режимы работы распределенной генерации, влияющие на режим работы распределительной сети и подлежащие исследованию и анализу при проектировании и эксплуатации. 3. Уточнение объекта исследований (выбор типа и мощности исследуемой генераторной установки, регуляторов скорости и напряжения, параметров оборудования). 4. Выбор программного комплекса для исследования режимов работы распределенной генерации, разработка модели и плана проведения исследований. 5. Проведение расчетных экспериментов, описание результатов, выводы по работе.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Приложение А Приложение Б
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Основная часть	Прохоров А.В.
Финансовый менеджмент	Грахова Е.А.
Социальная ответственность	Амелькович Ю.А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав. кафедрой	Прохоров А.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Жабасов Тамерлан Касимбекулы		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Уровень образования – бакалавриат

Кафедра Электрических сетей и электротехники

Период выполнения – весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
03.03.2016	<i>Аналитический обзор литературы</i>	
23.03.2016	<i>Постановка задач: определить характерные режимы работы распределенной генерации, влияющие на режим работы распределительной сети и подлежащие исследованию и анализу при проектировании и эксплуатации</i>	
10.04.2016	<i>Выбор типа и мощности исследуемой генераторной установки, регуляторов скорости и напряжения, параметров оборудования</i>	
15.04.2016	<i>Выбор программного комплекса для исследования режимов работы распределенной генерации, разработка модели и плана проведения исследований.</i>	
25.04.2016	<i>Проведение расчетных экспериментов, описание результатов, выводы по работе.</i>	
06.05.2016	<i>Оформление выпускной квалификационной работы.</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой	Прохоров А.В.	К. Т. Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрических сетей и электротехники	Прохоров А.В.	К. Т. Н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2Г	Жабасов Тамерлан Касимбекулы

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСиЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Рабочее место: обслуживание дизель-генератора производится в машинном зале. – вредные факторы производственной среды: шумы, вибрации, недостаток освещённости, а также неблагоприятного воздействия электромагнитных полей. – опасные факторы производственной формы: удар электрическим током, который может повлечь за собой серьёзные последствия, вплоть до возникновения пожара, или образованию взрыва. – воздействие на окружающую среду: проявляется в значительном выбросе продуктов сгорания в атмосферу. – чрезвычайные ситуации бывают экологического и социального характера;
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	ГОСТ 12.0.003-74; СН 2.2.4/2.1.8.562-96; ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ; ГОСТ 12.1.012-90; ГОСТ 12.1.002-84; ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ; ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ; ГОСТ 12.1.019 -79; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; СН 2.2.4/2.1.8.556-96; ГОСТ 17.1.3.05-82; ГОСТ 17.2.1. 03-84; ГОСТ 17.4.3.04-85

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – шум нервно-эмоциональное напряжение; расстройство слухового аппарата; снижение трудовой деятельности. – вибрация сосудистые расстройства; нарушение опорно – двигательного аппарата; расстройство центральной нервной системы; вибрационная болезнь. – электрический ток замыкание через чело человека, при повышении напряжения.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты;	Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности: – электробезопасность (управление

– термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	электрооборудованием: генераторами, трансформаторами, наличие токоведущих частей, присутствие выключателей и разъединителей); – пожаро- и взрывобезопасность (возгорание горючих веществ (масло в трансформаторе при перегрузке), взрывы складов топлива, котлов).
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	Охрана окружающей среды: – анализ воздействия объекта на атмосферу (выброс газообразных окисей углерода, серы и азота; выделение тяжёлых металлов – ртуть и свинец); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сброс использованной воды из конденсаторов турбин; промышленные стоки);
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Защита в чрезвычайных ситуациях: – аварийная обстановка на дизель-генераторе (короткое замыкание, взрыв оборудования отвечающие за передачу электроэнергии,) в случае которой будет прекращена подача электроэнергии с долговременным перерывом, впоследствии которой остановиться производственная деятельность любого населённого пункта; – нарушение правил пожаро- и взрывобезопасности; – отсутствие заземления на дизель-генераторе, которое может привести к тотальному поражению током всего персонала;
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	СН 2.2.4/2.1.8.562-96; ГОСТ 12.1.003–83; ГОСТ 12.1.012–90; ГОСТ 12.1.002–84; ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ; ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ; ГОСТ 12.1.019 -79; СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03; СН 2.2.4/2.1.8.556–96; ГОСТ 17.1.3.05-82; ГОСТ 17.2.1. 03-84; ГОСТ 17.4.3.04-85
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	-

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Амелькович Ю.А.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2Г	Жабасов Тамерлан Касимбекулы		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5А2Г	Жабасов Тамерлан Касимбекулы

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСиЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетические системы и сети

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	1. НТИ проводится на базе лаборатории кафедры ЭСиЭ НИ ТПУ. Заранее известны стоимость необходимого оборудования и материалов (Компьютер 35500 руб., Принтер лазерный цветной 5500 руб., Бумага формата А4 200 руб., Картридж ч/б 400 руб., Картридж цветной 800 руб. 2. Количество исполнителей: руководитель, студент.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ГОСТ 14.322-83 Нормирование расхода материала. Основные положения; ГОСТ 51541-99 Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления по страховым взносам составляют 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Определение концепции НТИ, факторов микро- и макросреды, анализ рынка продукта, экспертная оценка эффективности, SWOT-анализ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Проект выполнен в рамках выпускной квалификационной работы, разработка устава не требуется
3. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Организация и планирование исследовательских работ, Расчет бюджета НТИ
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение научно-технического уровня исследований

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График выполнения работ 2. Таблица SWOT 3. Перечень работ 5. Смета затрат

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Грахова Е.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5А2Г	Жабасов Тамерлан Касимбекулы		

Список используемых сокращений

ГТУ – газотурбинная установка

КПД – коэффициент полезного действия

ДВС – двигатель внутреннего сгорания

ГУ – генерирующая установка

АРВ – автоматическое регулирование возбуждения

КЗ – короткое замыкание

АРЧВ –автоматический регулятор частоты вращения

ОПРЧ – общее первичное регулирование частоты

НН- низкое напряжение

СН – среднее напряжение

РГ – распределенная генерация

ПС – подстанция

ВЛ – воздушная линия

АЛАР – автоматика ликвидации асинхронного режима

АПВ – автоматическое повторное включение

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 105 с., 27 рис., 5 табл., 39 источников, 2 прил.

Ключевые слова: распределенная генерация, изолированный режим, параллельный режим, комбинированный режим, авария в системе, надежность, ответственный потребитель.

Объектом исследования является генератор, оснащенный автоматическими регуляторами частоты вращения и возбуждения, подключенный к распределительной сети среднего напряжения.

Цель работы – исследование режимов работы генераторных установок малой мощности, подключенных к распределительной сети.

В процессе исследования проводилось моделирование работы дизельного генератора при параллельном, изолированном и комбинированном режимах работы с распределительной сетью.

В результате исследования были выявлены особенности работы генератора, подключенного к распределительной сети.

Выпускная квалификационная работа была выполнена в программной среде MatLAB Simulink R2013 и в текстовом редакторе MS Word 2013.

Оглавление

Введение	15
1. Опыт подключения и эксплуатации распределенной генерации	17
1.1 Технические аспекты внедрения распределенной генерации	18
1.2 Основные виды генерирующих агрегатов и их особенности	18
1.3 Автоматическое регулирование напряжения	21
1.4 Регулирование частоты	23
1.5 Выбор схемы выдачи мощности распределенной генерации	25
1.6 Режимы работы распределенной генерации	27
1.7 Проблемы эксплуатации и подключения распределенной генерации	27
Вывод	30
2. Описание модели и постановка задач	31
2.1 Описание модели	31
2.2 Задачи, решаемые на моделях	38
Вывод	43
3. Результаты моделирования	44
3.1 Анализ изменения уровня тока КЗ, при присоединении распределенной генерации	44
3.2 Анализ работы регулятора частоты вращения турбины	46
3.3 Оценка возможности ресинхронизации	52
Вывод	60
4. Социальная ответственность	61
4.1 Производственная безопасность	61
4.2 Экологическая безопасность	75

4.3 Защита в чрезвычайных ситуациях	77
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения	78
Вывод	79
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	80
5.1 Определение концепции НТИ, факторов микро- и макросреды, анализ рынка продукта, экспертная оценка эффективности, SWOT-анализ	81
5.2 Организация и планирование исследовательских работ	83
5.3 Анализ и оценка научно-технического уровня НТИ	91
Вывод	93
Заключение	95
Список используемых источников	97
Приложение А	100
Приложение Б	103

Введение

В настоящее время в энергосистеме Российской Федерации существует тенденция к подключению к распределительным сетям электростанций малой мощности. Такое направление в энергетике является перспективным поскольку с помощью данного вида генерации можно решить локальные проблемы электроснабжения, в пределах одного или нескольких потребителей, либо одного энергорайона, что повышает надежность и эффективность электроснабжения.

В связи с активным развитием подключения электростанций малой мощности к распределительным сетям появляются проблемы, которые требуют решения. На уровне распределительных сетей становится возможным многостороннее питание места повреждения токами короткого замыкания, появляются новые ранее нехарактерные виды возмущений и аварий, изменяются условия протекания электромагнитных и электромеханических переходных процессов. Одной из наиболее важных проблем является расчет режимов, с целью обеспечения надежной работы электрооборудования в установившихся, переходных и послеаварийных режимах, с дальнейшим восстановлением нормальной работы схемы сети.

На данный момент времени ведется активная проработка вопросов связанных с расчетом режимов в новых условиях работы распределительных сетей [1]-[7]. В работе проводится анализ особенностей изолированной и параллельной работы малой генерации, опираясь на перечисленные литературные источники. В качестве объекта исследования был выбран дизельный генератор мощностью 3,125 МВт, оснащенный системой автоматического регулирования возбуждения и частоты вращения, поскольку агрегаты данного типа с такими техническими характеристиками используются в качестве генераторов малой мощности в распределительных сетях [8]. В качестве предмета исследования были выбраны особенности режимов работы

дизельного генератора на распределительную сеть, поскольку режимы работы главным образом влияют на безаварийную работу электрооборудования.

1 Опыт подключения и эксплуатации распределенной генерации

Маломощные генерирующие установки, подключенные к сетям низкого и среднего напряжения, получили название распределенная генерация.

В различных энергетических организациях мира значение термина «распределенная генерация» имеет свои характерные особенности:

Международный совет по большим системам высокого напряжения (CIGRE) [9]:

- не является объектом диспетчеризации;
- обычно присоединен к распределительной сети;
- мощность электростанций меньше 50 МВт.

Департамент энергетики США (U.S. Department of Energy) и научно-исследовательский институт электроэнергетики (EPRI) [10]:

- мощность электростанций не более 50 МВт.

Газовая ассоциация США [10]:

- мощность электростанций не более 25 МВт.

В нормативно-технической документации Российской Федерации отсутствует понятие генерирующих электроустановок, подключенных к распределительным сетям. Подключение и эксплуатация существующих генерирующих установок, подключенных к распределительным сетям регламентируются документами, предназначенными для традиционных электростанций. Нормативная документация, регламентирующая условия технологического присоединения генерирующих мощностей:

- Федеральный закон об электроэнергетике №35 от 26.03.2003 г. [11];
- Правила технического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электроэнергии, объектов по производству электроэнергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям [12];

– Методические рекомендации по определению предварительных параметров выдачи мощности строящихся (генерирующих) объектов в условиях нормального функционирования энергосистемы [13].

1.1 Технические аспекты внедрения распределенной генерации

Внедрение распределенной генерации позволяет решить следующие технические задачи [1]:

1) Снижение потерь мощности при передаче электроэнергии на большие расстояния.

Потери, возникающие при передаче электроэнергии по магистральным и распределительным сетям тем больше, чем длиннее линии электропередачи. Технологическое присоединение объектов распределенной генерации к электрическим сетям позволяет сократить потери электроэнергии при передаче, за счет того, что генерирующие установки подключаются в месте конечного потребления электроэнергии.

2) Электроснабжение ответственных потребителей, при аварии в системе.

Распределенная генерация способствует повышению надежности, при параллельной работе с энергосистемой. В случае потери связи с внешней сетью распределенная генерация может обеспечить электроснабжение части нагрузки.

1.2 Основные виды генерирующих агрегатов объектов распределенной генерации и их особенности

1.2.1 Основные типы современных энергетических газотурбинных установок

Современные газотурбинные установки (ГТУ) подразделяются на два основных типа [1]:

- созданные на базе авиационных реактивных газотурбинных двигателей;
- созданные специально для применения в энергетике.

ГТУ, созданные на базе авиационных двигателей – более маневренные и легкие установки, отличающиеся простотой обслуживания, меньшими требованиями к инфраструктуре, но также и меньшим сроком эксплуатации.

Если в диапазоне мощностей от нескольких мегаватт до 15-20 МВт среди установленных ГТУ на рынке преобладают авиационные генераторы, то в области мощностей больших 100 МВт применяются специализированные ГТУ для энергетической промышленности.

Поведение ГТУ при изменении нагрузки имеет ряд особенностей, отличающих ее от других энергетических установок [1]:

- резкое падение КПД при снижении нагрузки является существенным недостатком ГТУ, особенно он присущ энергетическим ГТУ; авиационные ГТУ располагают более развитым механизмом управления лопаточным аппаратом компрессора, что частично сглаживает этот недостаток; кроме того, переменное число оборотов свободных валов также позволяет поддерживать уровень КПД. Тем не менее, эффективное использование ГТУ в области нагрузок ниже 50-60% проблематично.

- высокая маневренность и скорость набора нагрузки является достоинством ГТУ; даже для крупных ГТУ время выхода на полную мощность измеряется десятками минут, в отличие от типовых паротурбинных установок, где процесс пуска из холодного состояния занимает десятки часов.

- возможностью к перегрузке обладают большинство ГТУ, т.е. увеличению мощности сверхноминальной. Достигается это путем повышения температуры рабочего тела. Однако производители накладывают жесткие ограничения на продолжительность таких режимов, допуская работу с превышением начальной температуры не более нескольких сотен часов. Нарушение этих ограничений снижает ресурс установки.

1.2.2 Дизельные и газопоршневые установки

Дизельный двигатель и газопоршневые установки (ГПУ) относятся к поршневым двигателям внутреннего сгорания (ДВС) [2].

К особенностям газопоршневых и дизельных генераторных установок относится то, что технологический минимум составляет порядка 30-40 % от номинальной мощности, что особенно критично при комбинированном режиме работы. При комбинированном режиме работы допускается эксплуатация таких генераторных установок с загрузкой генератора от 20 % до 40 % от номинальной мощности, но не чаще 6 раз в год и на срок до 24 часа, а работа с загрузкой ниже 50 % от номинальной допускается не чаще 1 раза в сутки в течение 4 часов. Для объектов распределенной генерации в комбинированном режиме целесообразно выбирать единичную мощность генерирующих установок так, чтобы обеспечить потребителей электроэнергией в минимальном режиме работы с учетом технологического минимума.

У двигателей внутреннего сгорания, как дизельных, так и газопоршневых, имеется особенность, состоящая в том, что скачкообразный наброс активной нагрузки на генератор, не вызывающий перегрузки генератора, может тем не менее, приводить к перегреву ДВС и к его отключению технологическими защитами, т.е. быть недопустимым. Такая особенность мощных ДВС связана с тем, что большей отдаваемой мощности и, соответственно, большей подаче топлива в двигатель должно соответствовать увеличение подачи воздуха в двигатель от компрессора. Однако нет технической возможности очень быстро увеличивать скорость вращения компрессора и, соответственно, его производительность. Это обстоятельство ограничивает величину скачкообразных набросов мощности [3]. Согласно [14] ограничения мгновенного сброса/наброса нагрузки представляются в технической документации. Согласно [15] допускаемый мгновенный наброс нагрузки зависит от среднего эффективного давления при номинальной мощности.

1.2.3 Особенности, характерные для всех видов первичных двигателей распределенной генерации

Установки распределенной генерации обладают механическими постоянными инерции, значительно меньшими, чем традиционные

паротурбинные установки. Вследствие чего возникают трудности с обеспечением динамической устойчивости данных ГУ. При этом нарушение динамической устойчивости и переход генераторов в асинхронный режим может оказывать отрицательное влияние на потребителей электроэнергии, так как объекты распределенной генерации электрически близки к нагрузкам и могут вызвать повторные нарушения устойчивости. У рассматриваемых генераторов асинхронный режим характеризуется большим скольжением, значительной амплитудой колебаний скольжения и высокой вероятностью самопроизвольной ресинхронизации, если состояние электрической сети близко к нормальной схеме [2].

1.3 Автоматическое регулирование напряжения

1.3.1 Общие принципы регулирования возбуждения

Автоматические системы регулирования возбуждения генераторов – АРВ, называемые первичными, предназначены для [2]:

- поддержания заданного напряжения на шинах электростанции при изменении нагрузки с помощью регулирования тока возбуждения;
- обеспечения устойчивости параллельной работы генераторов и электростанций путем быстрой форсировки возбуждения при глубоких снижениях напряжения вследствие КЗ в прилегающей сети;
- обеспечения не менее трехкратного номинального тока при близких КЗ, что необходимо для работы релейной защиты на отключение КЗ;
- удержания генератора в области допустимых режимов работы;
- обеспечения стабильной работы генератора в сети и параллельно с другими генераторами;
- реализации ряда технологических функций, в том числе защиты системы возбуждения.

Напряжение на выводах генератора изменяется путем воздействия на его возбуждение:

- увеличивая ток возбуждения, напряжение на выводах генератора повышается;
- уменьшая ток возбуждения, напряжение на выводах генератора понижается.

1.3.2 Рекомендуемые АРВ

Применяемые АРВ должны соответствовать требованиям ГОСТ 21558-2000 «Системы возбуждения турбогенераторов, гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. Общие технические условия» и правилам технической эксплуатации электрических сетей и электростанций.

1.3.3 Особенности систем возбуждения, применяемых в составе установок распределенной генерации

Наибольшее распространение в установках распределенной генерации получили бесщеточные системы возбуждения [4]. Функциональная схема системы АРВ представлена на рисунке 1.1, она включает в себя:

- автоматический регулятор возбуждения AV ;
- тиристорный преобразователь UA , получающий сигнал управления от АРВ;
- силовой элемент – возбудитель, расположенный на валу агрегата.

В измерительном органе АРВ сигналы измерительных преобразователей преобразуются в сигналы постоянного тока, или в цифровой код, и затем рассчитываются параметры регулирования.

Вычислительный орган на основании этой информации и значения заданной уставки, которая вводится с помощью задатчика, формирует сигнал управления. Этот сигнал через усилительный и исполнительный органы управления управляет работой возбудителя GE , подающего ток возбуждения в обмотку ротора генератора G . Задатчиком можно управлять вручную или с помощью автоматической системы режимного управления.

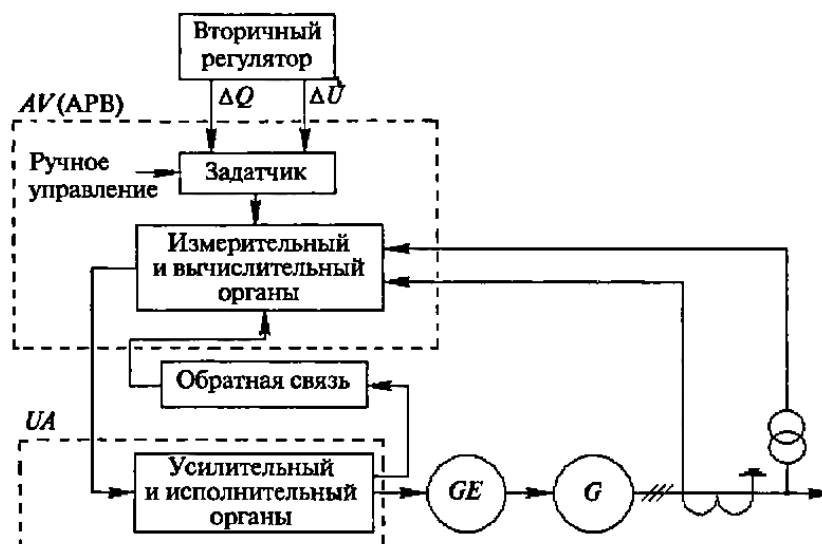


Рисунок 1.1 – Функциональная схема системы автоматического регулирования возбуждения генератора с бесщеточным возбудителем [4]

Отрицательная обратная связь стабилизирует процесс регулирования и при независимом возбуждении компенсирует инерционность обращенного синхронного генератора.

В зависимости от закона управления током возбуждения различают АРВ:

- пропорционального действия;
- сильного действия.

1.4 Регулирование частоты

Регулирование частоты обусловлено зависимостью производительности работы электрических машин от частоты. В энергосистеме непрерывно меняется потребляемая мощность, а, следовательно, и вырабатываемая мощность. При увеличении потребляемой мощности скорость вращения вала генератора и частота в сети уменьшаются. При уменьшении потребляемой мощности скорость вращения вала генератора и частота в сети увеличиваются. Для поддержания постоянной частоты в энергосистеме необходимо постоянно регулировать выработку активной мощности генератора. Эта задача выполняется автоматическими регуляторами частоты вращения турбин.

Управляющее воздействие производится на заслонку впуска рабочего тела. Разновидности рабочих тел [5]:

- вода;
- пар;
- газ;
- дизельное топливо.

АРЧВ предназначен для:

- поддержания частоты вращения турбины;
- пуска и останова агрегата;
- перераспределения нагрузки между агрегатами при параллельной их работе.

Система автоматического регулирования частоты вращения вала генератора может иметь астатическую или статическую характеристики регулирования.

Характеристика при статическом регулировании выражается зависимостью $f = \psi(P)$. В этом случае с увеличением нагрузки частота вращения вала генератора уменьшается. При астатическом регулировании частота не зависит от величины нагрузки.

При настройке регулятора на статическую характеристику, её определяющим параметром является коэффициент статизма.

Статизм равен относительному изменению частоты при изменении нагрузки генератора от холостого хода до номинального значения.

Астатическую характеристику можно рассматривать как частный случай статического регулирования со статизмом, равным нулю.

Требования, предъявляемые к АРЧВ распределенной генерации:

- регулирование частоты должно осуществляться со статизмом s (степенью неравномерности регулирования), настраиваемым в пределах 4,0-5,0 % для энергоблоков с паровыми и газовыми турбинами и 2,0-4,0 % для ДВС [15]-[16].

- в случае автономной работы возможно поддержание номинальной частоты небольшим количеством ГУ, если $s \approx 0$, т.е. $f \approx const$. [17].

В соответствии с действующими нормативными документами выдвигается ряд обязательных требований к объектам РГ, работающим параллельно с ЕЭС:

- все генерирующее оборудование должно участвовать в общем первичном регулировании частоты (ОПРЧ) [6];
- должна быть обеспечена работа генерирующего оборудования в следующих диапазонах частот: 46,0-47,0 Гц в течение менее 1 сек., 47,0-47,5 Гц в течение 30-40 сек. [18].

1.5 Выбор схемы выдачи мощности распределенной генерации

Выбор места подключения производится в зависимости от [6]:

- задачи, которую необходимо решать;
 - начальных условий: существующая схема электрической сети; перспектива развития сетей;
 - режима работы распределённой генерации: параллельный; изолированный;
 - класса напряжения: высокое, среднее или низкое напряжение.
- Выбор напряжения, на которое предполагается подключить объект распределенной генерации, должен определяться, прежде всего, мощностью объекта распределенной генерации, удаленностью его от потребителей и/или электрических сетей, а также из экономических соображений;
- топология сети: городские; промышленные; сельские;
 - единичной мощности установки РГ.

Во всех вариантах размещения объекта распределенной генерации, приведенных на рисунке 1.2, потребуется выполнение ряда мероприятий для обеспечения надежного функционирования объекта и электроснабжения потребителей.

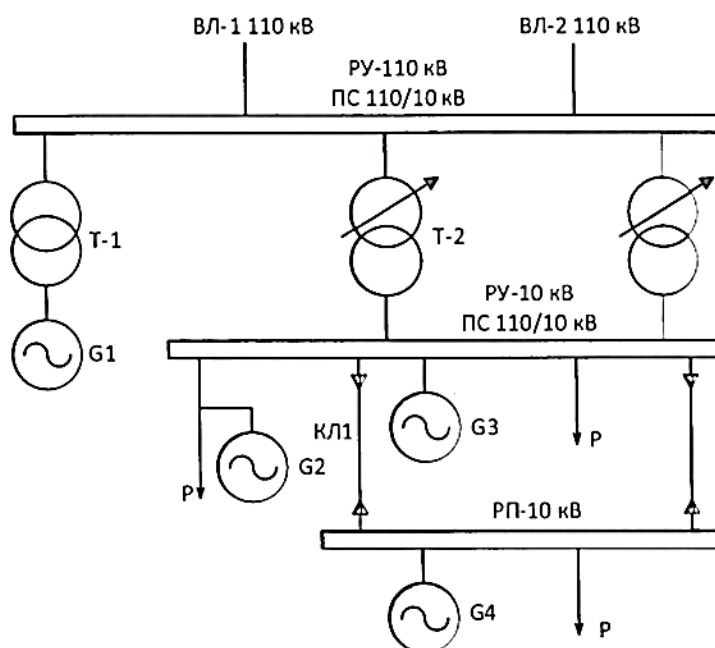


Рисунок 1.2 – Варианты размещения объектов распределенной генерации в электрической сети [6]

При рассмотрении вариантов присоединения объектов распределенной генерации необходимо выполнить предварительный анализ существующего состояния электрических сетей, выявить «узкие места».

Пример выполнения Московским филиалом ОАО «НТЦ ЕЭС» работы по разработке схем выдачи мощности распределенной генерации в энергодефицитном районе, который может быть использован в качестве рекомендательного при проектировании, демонстрирует успешность применения распределенной генерации [6]. В ходе выполнения проекта было установлено, что в послеаварийных режимах, возникающих в нормальной схеме сети, имеют место токовые перегрузки ВЛ 110 кВ ТЭЦ – ПС 401 при отключении 2 СШ ПС 401, составляющие 125% от допустимой нагрузки. Перегрузки этой линии также выявлены в послеаварийных и ремонтных режимах работы сети. С помощью ввода в эксплуатацию двух электростанций мощностью 20 МВт каждая с присоединением по стороне 10 кВ к существующим ПС 110/35/10 кВ, а также ввода в эксплуатацию третьей электростанции, строительством новой ПС 110/10 кВ удалось решить две

проблемы: энергодефицитность района и перегрузки существующего оборудования. При этом в ходе анализа результатов расчетов послеаварийных режимов, возникающих как в нормальной, так и в ремонтной схемах сети, установлено, что токовых перегрузок линий 110-220 кВ, автотрансформаторов 220/110 и трансформаторов 110 кВ не наблюдается.

1.6 Режимы работы распределенной генерации

Распределенная генерация может работать в трех режимах:

- параллельно с сетью;
- в изолированном режиме;
- при параллельной работе распределенная генерация может выделяться на изолированную работу при ремонтах и в аварийных ситуациях, этот режим называется комбинированным.

1.7 Особенности эксплуатации и подключения распределенной генерации

1.7.1 Особенности при установившихся режимах

1) Направления потоков мощности в сети изменяются: становится возможной передача энергии от узлов потребителей, с распределенной генерацией, в сеть энергосистемы. Вследствие неравномерной загрузки распределенной генерации направления и значения потоков мощности становятся непостоянными [7].

2) При присоединении генератора к одной из расщепленных обмоток трансформатора, мощность может передаваться из одной обмотки низкого напряжения в другую, что является экономически нецелесообразным [19].

1.7.2 Особенности при переходных процессах

1) Рост токов КЗ [7].

Установка объекта распределенной генерации приводит к росту токов КЗ в электрических сетях. Рост токов КЗ может потребовать замены

коммутационного оборудования, проводов линий электропередач и другого оборудования, не удовлетворяющего требованиям по действию токов КЗ, либо установки средств ограничения токов КЗ, что приведет к дополнительным потерям напряжения.

2) Относительно быстрая потеря динамической устойчивости генератора [7].

Установки распределенной генерации обладают значительно меньшими постоянными инерции, чем традиционные паротурбинные установки. По этой причине обеспечение динамической устойчивости является затруднительным. При этом нарушение динамической устойчивости и переход генераторов в асинхронный режим оказывает отрицательное воздействие на потребителей, которые находятся электрически близко к распределенной генерации, что может привести к нарушению устойчивости нагрузки.

У распределенной генерации асинхронный режим характеризуется большим скольжением, значительной амплитудой колебаний скольжения и высокой вероятностью самопроизвольной ресинхронизации, если состояние электрической сети близко к нормальной схеме.

С точки зрения надежности работы распределительных сетей и энергоснабжения потребителей возможно было бы допускать асинхронные режимы у генераторов небольшой мощности, если асинхронный режим [3]:

- кратковременный, время определяется быстротой срабатывания технологических защит электроустановок;
- заканчивается самопроизвольной ресинхронизацией генераторов;
- не наносит вреда нормальной работе другого электрооборудования (должно быть обосновано расчетами);
- длительность асинхронного режима контролируется АЛАР.

Отключение генератора обосновано в том случае, если длительность асинхронного режима оказывается больше допустимой. Поскольку вероятность самопроизвольной ресинхронизации объектов распределенной генерации

велика, имеет смысл отстраивать срабатывание АЛАР от времени ресинхронизации генераторов, если задержка не приводит к возникновению препятствующего ресинхронизации многочастотного асинхронного режима генераторной установки или дополнительным нарушениям устойчивости двигателей в узлах нагрузки.

3) Вероятность несинхронного включения при автоматическом повторном включении (АПВ) и автоматическом включении резерва (АРВ), при работе генератора на нагрузку. При несинхронных включениях возникают большие токи, значительные электромагнитные моменты и повышенные электродинамические усилия, представляющие угрозу механической прочности генератора [7].

4) Аварийное отделение распределенной генерации от энергосистемы, возникающее при отключении линий электропередачи или других сетевых элементов, связывающих распределенную генерацию с источниками внешней энергосистемы, является в ряде случаев опасным. Режим в отделившейся сети будет определяться соотношением мощности нагрузки в нем и мощности, генерируемой электростанциями. Во многих случаях распределенная генерация покрывает лишь небольшую часть местной нагрузки и вследствие образовавшегося дефицита мощности режим после отделения будет характеризоваться значительным снижением частоты и/или напряжения. При приблизительном равенстве генерируемой мощности и мощности нагрузки существенных отклонений режимных параметров в отделившейся сети не произойдет. Тем не менее, при отсутствии необходимых решений по обеспечению автономной работы, режим в отделившейся сети при потере связи с внешней сетью может сопровождаться следующими негативными проявлениями [7]:

- несинхронными включениями при действии устройств АПВ;
- существенным снижением чувствительности релейной защиты к повреждениям в отделившемся от внешней сети фрагменте вследствие снижения величин токов короткого замыкания;

Вывод

Для обеспечения адекватности результатов моделирования режимов в следующем разделе, необходимо учесть особенности распределенной генерации, отмеченные выше, а именно: при моделировании КЗ необходимо правильно учесть работу АРВ и АРЧВ; при моделировании скачкообразных набросов нагрузки необходимо учесть их допустимые значения; при исследовании возможности ресинхронизации необходимо задать правильно постоянную инерции генератора, так как её величина определяет возможность ресинхронизации.

2 Описание модели и постановка задач

В работе исследуются особенности установившихся и переходных режимов при присоединении распределенной генерации к сети, отмеченные выше. Объектом исследования является дизель-генератор. Схема рассматриваемой сети представлена на рисунке 2.1, в зависимости от содержания расчетных экспериментов схема видоизменяется. Для моделирования выбран программный комплекс MatLAB Simulink поскольку он позволяет рассчитать, как установившиеся режимы, так и электромагнитные переходные процессы в трехфазной сети, что позволит в следующих работах исследовать влияние несимметричной нагрузки на режимы работы РГ, что не позволяют сделать специализированные программные комплексы как RastrWin3, Mustang. Существуют аналоги программы такие как: PS CAD; NI Multisim; Power Factory, EMTP и др.

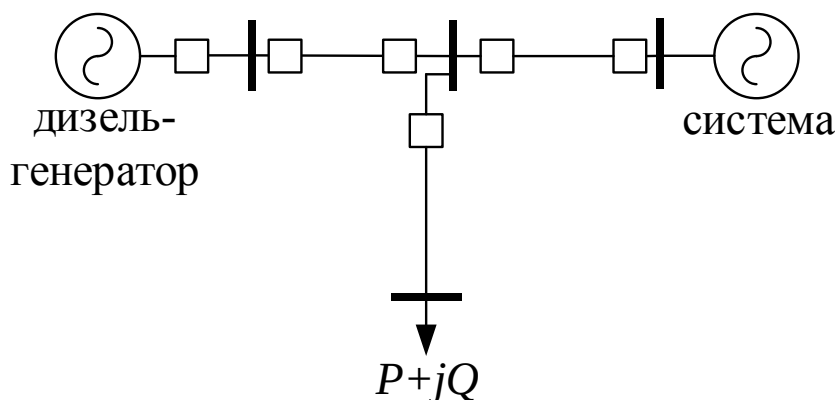


Рисунок 2.1 – Схема рассматриваемой сети

2.1 Описание модели

Модель исследуемой сети состоит из следующих элементов:

- дизель-генератор;
- система возбуждения;
- регулятор частоты вращения;
- первичный двигатель;
- система;

- асинхронный двигатель;
- статическая нагрузка.

2.1.1 Генерирующая установка

Модель генерирующей установки в MatLAB Simulink представлена на рисунке 2.2. Далее, в моделях системы в MatLAB Simulink модель генерирующей установки представлена одним блоком и обозначена как «generator».

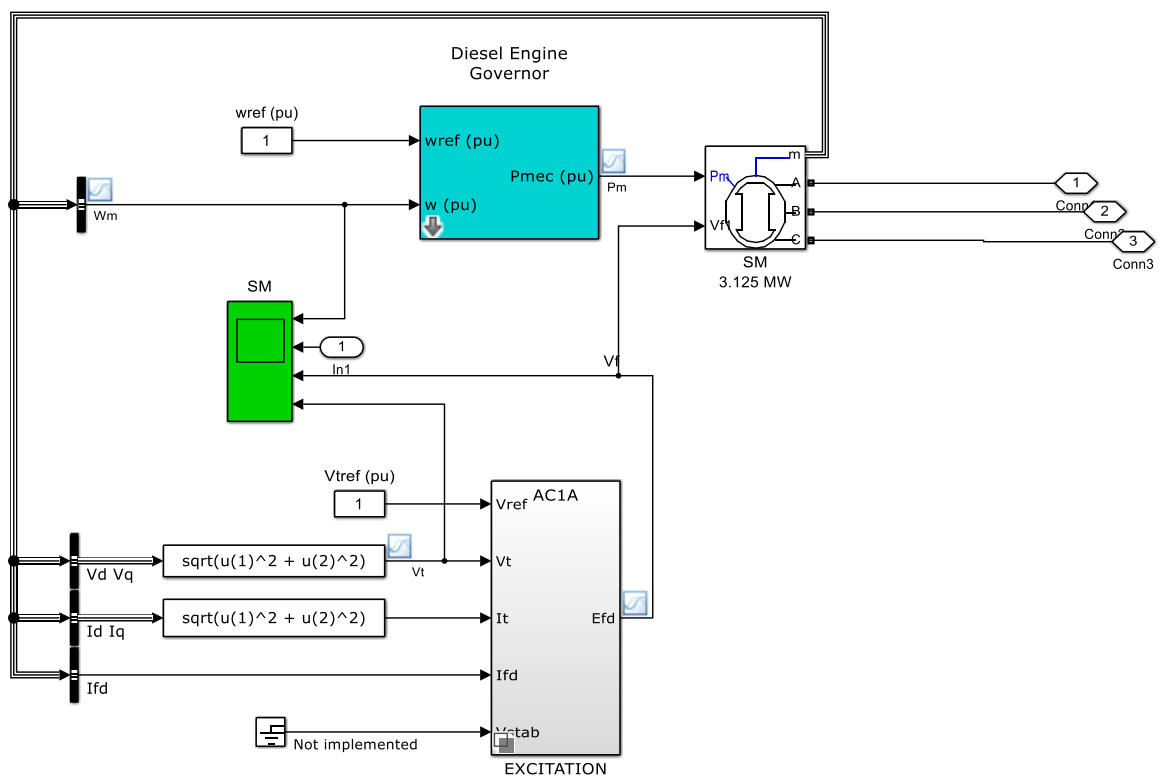


Рисунок 2.2 – Модель генерирующей установки

Обозначения на модели генерирующей установки:

SM 3,125 MW – синхронный генератор;

EXCITATION – система возбуждения;

Diesel engine Governor – система регулирования частоты вращения вала турбины.

2.1.1.1 Синхронный генератор

Параметры синхронного генератора представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Параметры синхронного генератора

P	$U_{\text{ном}}$	x_d	x'_d	x''_d	x_q	x''_q	x_l	T'_d	T''_d	T'''_{q0}
МВт	кВ	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	с	с	с
3,125	6	1,56	0,296	0,177	1,06	0,177	0,052	3,7	0,05	0,05
R_s	H	f	Количество пар полюсов							
о.е.	с	Гц	2							
0,0036	1,07	50								

Обозначения:

P – номинальная активная мощность генератора;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение генератора;

x_d ; x_q – реактивные синхронные сопротивления генератора для продольной и поперечной оси;

x'_d – реактивное переходное сопротивление генератора;

x''_d ; x''_q – реактивные сверхпереходные сопротивления генератора для продольной и поперечной оси;

R_s – активное сопротивление статора;

x_l – реактивное сопротивление рассеяния;

T'_d – переходная постоянная времени по продольной оси при разомкнутой обмотке статора;

T''_d – сверхпереходная постоянная времени по продольной оси при разомкнутой обмотке статора;

T'''_{q0} – сверхпереходная постоянная времени по поперечной оси при разомкнутой обмотке статора;

H – постоянная инерции;

f – частота.

2.1.1.2 Система возбуждения

В настоящей работе используется система возбуждения AC1A, которая выполнена согласно стандарту IEEE 421. В программной среде MatLAB

Simulink система возбуждения представлена блоком, который содержит: генератор переменного тока, диодный выпрямитель. Модель системы возбуждения представлена на рисунке 2.3.

Регулирование возбуждения представлено ПИД регулятором, на схеме представлен блоками: «Transient Gain»; «Main Regulator»; «Limits VRmax, VRmin».

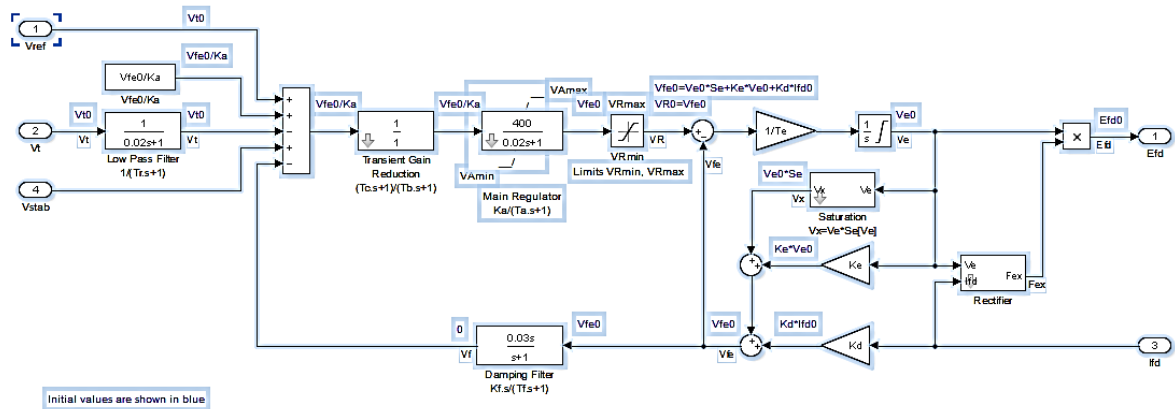


Рисунок 2.3 – Модель системы возбуждения AC1A

Обозначения на схеме:

V_{ref} – уставка по напряжению на выводах генератора, о.е.;

V_t – напряжение на выводах генератора, о.е.;

I_{fd} – ток статора, о.е.;

E_{fd} – напряжение на обмотке возбуждения, о.е.

Параметры системы возбуждения представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Параметры системы возбуждения

T_r	K_a	T_a	V_{Amin}	V_{Amax}	V_{Rmin}	V_{Rmax}	K_f	T_f
с	о.е.	с	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	о.е.	с
0,02	400	0,02	-14,5	14,5	-5,43	6,03	0,03	1,0
K_e	T_e							
о.е.	с							
1,0	0,80							

Обозначения:

T_r – постоянная времени фильтра низких частот;

K_a – коэффициент усиления регулятора напряжения;

T_a – постоянная времени пропорционального регулятора напряжения;

$V_{Amin}; V_{Amax}$ - входные пределы регулирования напряжения;
 $V_{Rmin}; V_{Rmax}$ - выходные пределы регулирования напряжения;
 K_f – Коэффициент реального дифференцирующего звена;
 T_f – постоянная времени реального дифференцирующего звена;
 K_e – коэффициент усиления возбудителя;
 T_e – постоянная времени обмотки возбуждения возбудителя.

2.1.1.3 Регулятор частоты вращения турбины

В работе используется модель АРЧВ, представленная на рисунке 2.4. Модель АРЧВ представлена системой управления «*CONTROL SYSTEM*» представляющей собой ПИД-регулятор и привод (исполнительный механизм), который представлен интегродифференцирующим звеном $TF1$, инерционным (апериодическим) звеном $TF2$, интегрирующим звеном *Integrator* и задержкой на время работы первичного двигателя T_d .

Передаточная функция управляющего устройства:

$$H_c = \frac{K(1 + sT_3)}{1 + sT_1 + s^2T_1T_2} \quad (1.1)$$

Передаточная функция привода:

$$H_a = \frac{1 + sT_4}{(s(1 + sT_5)(1 + sT_6))} \quad (1.2)$$

Параметры регулятора частоты вращения турбины генератора представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Параметры регулятора частоты вращения турбины генератора

K	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_{min}	T_{max}	T_d
о.е.	с	с	с	с	с	с	о.е.	о.е.	с
40	0,01	0,02	0,2	0,25	0,009	0,0384	0	1,1	0,024

Обозначения:

K – коэффициент усиления регулятора;
 $T_1; T_2; T_3$ – постоянные времени регулятора;
 $T_4; T_5; T_6$ – постоянные времени привода;

$T_{min}; T_{max}$ – пределы механического момента на валу генератора;

T_d – постоянная времени первичного двигателя.

Логическая схема АРЧВ представлена на рисунке 2.4.

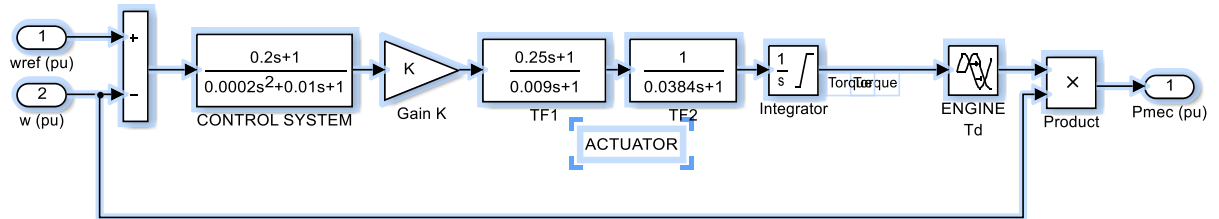


Рисунок 2.4 – Логическая схема АРЧВ

2.1.1.4 Первичный двигатель

Первичный двигатель в модели учитывается постоянной инерции вала, которая обозначается T_d и равна 0,024 секунды. Модель первичного двигателя в программной среде MatLAB Simulink представлена на рисунке 2.5.

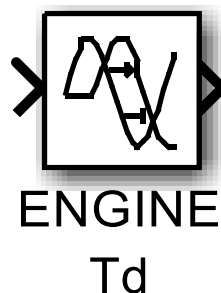


Рисунок 2.5 – Модель первичного двигателя

2.1.2 Электроэнергетическая система

Модель электроэнергетической системы в программной среде MatLAB Simulink представлена на рисунке 2.6.

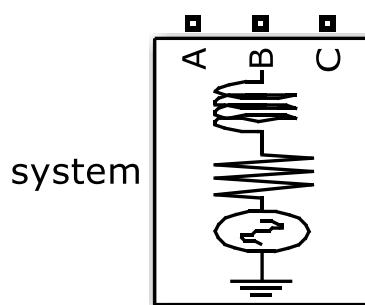


Рисунок 2.6 – Модель электроэнергетической системы

Параметры системы представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Параметры системы

$U_{\text{ном}}$	X/R	Мощность трехфазного короткого замыкания
кВ	-	МВА
6	6,3	100

2.1.3 Асинхронный двигатель

В опытах используется асинхронный двигатель (АД) с короткозамкнутым ротором. Модель асинхронного двигателя в программном комплексе MatLAB Simulink представлена на рисунке 2.7. Параметры представлены в таблице 5. На рисунке «Torque» обозначена механическая нагрузка на валу ротора.

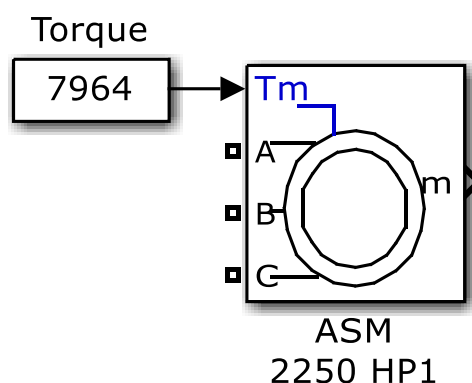


Рисунок 2.7 – Модель асинхронного двигателя

Таблица 2.5 – Параметры асинхронного двигателя

P	$U_{\text{ном}}$	f	R_s	L_{ls}	R_r	L_{lr}	L_m	J	p
МВт	кВ	Гц	Ом	Гн	Ом	Гн	Гн	кг·м ²	-
1	6	50	0,029	0,0006	0,022	0,0006	0,035	63,87	2

Обозначения:

P – активная мощность;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение;

f – номинальная частота;

R_s – резистивное сопротивление статора;

L_{ls} – индуктивность рассеяния статора;

R_r – резистивное сопротивление ротора;

L_{lr} – индуктивность рассеяния ротора;

L_m – взаимная индуктивность;

J – момент инерции;

p – число пар полюсов.

2.2 Задачи, решаемые на моделях

2.2.1 Оценка изменения уровня тока КЗ, при присоединении распределенной генерации

В данном исследовании производится оценка влияния распределенной генерации на уровень токов КЗ: установившееся значение и апериодическую составляющую тока КЗ. По результатам двух опытов производится анализ токов КЗ: при электроснабжении потребителя от системы; при электроснабжении от системы и от объекта распределенной генерации. В обоих опытах нагрузка представлена постоянной мощностью равной $1,25+j0,6$ МВА. В данном исследовании нет необходимости учитывать работу релейной защиты, так как оценивается уровень токов КЗ, а не расчет уставок релейной защиты.

Принятая схема сети, для опыта при электроснабжении потребителя только от системы, представлена на рисунке 2.8, модель, построенная в программной среде MatLAB Simulink для данного опыта представлена на рисунке А.1 приложения А.

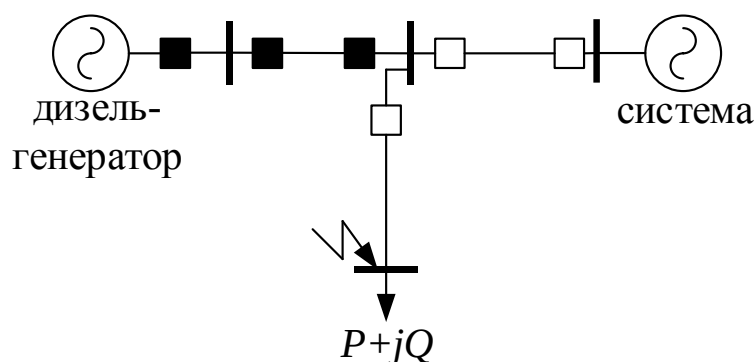


Рисунок 2.8 – Схема распределительной сети, при электроснабжении потребителя только от системы

Принятая схема сети, для опыта при электроснабжении от системы и от объекта распределенной генерации, представлена на рисунке 2.9, модель сети, построенная в программной среде MatLAB Simulink представлена, на рисунке А.2 приложения А.

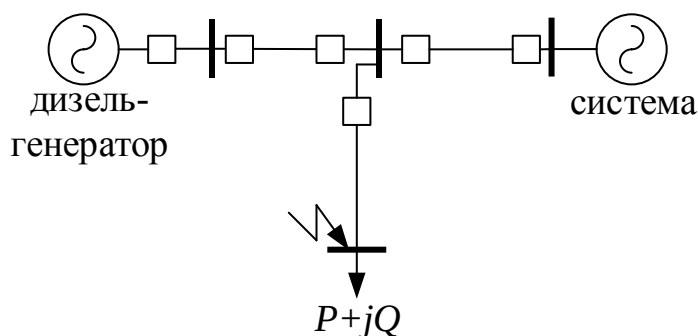


Рисунок 2.9 – Схема распределительной сети, при подключенной распределенной генерации

2.2.2 Оценка возможности регулирования частоты при набросе нагрузки, с учетом технологических минимумов

Исследование представляет практический интерес поскольку при выделении распределенной генерации на изолированную работу возможен наброс нагрузки, который может привести к недопустимому падению частоты, и целью данного исследования является оценка возможности восстановления частоты дизель-генератором при мгновенном набросе нагрузки, генерирующая установка должна обеспечить устойчивую работу в диапазонах частот [18]:

46,0-47,0 Гц в течение не менее 1 секунды; в диапазоне частот 47,0-47,5 Гц в течение не менее 40 секунд.

Принятые схемы сети для изолированной и параллельной работы распределенной генерации изображены на рисунке 2.10, 2.11 соответственно. Модели сети при изолированной и параллельной работе установки распределенной генерации, построенные в программной среде MatLAB Simulink, изображены на рисунках А.3, А.4 соответственно, в приложении А.

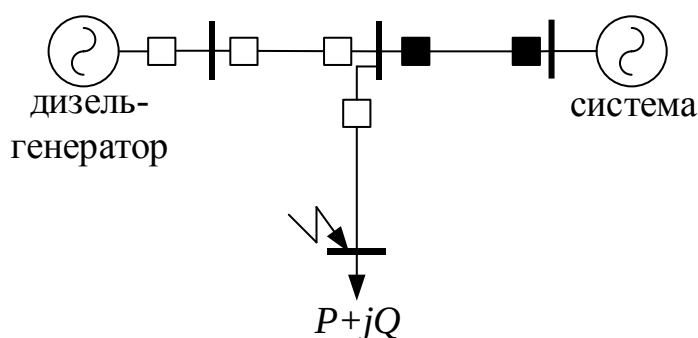


Рисунок 2.10 – Схема сети при изолированной работе распределенной генерации

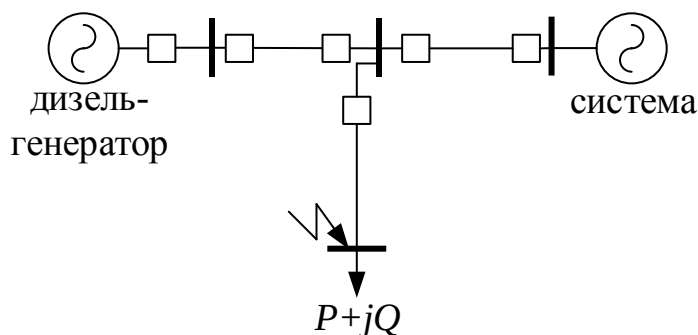


Рисунок 2.11 – Схема сети при параллельной работе распределенной генерации

В данном исследовании техническое ограничение первичного двигателя мгновенно изменять впуск рабочего топлива, из-за которого ограничен максимальный скачкообразный наброс нагрузки, учитывается ограничением скачкообразного наброса нагрузки и принимается равным 10 % от номинальной мощности генераторной установки. Превышение данного ограничения в реальных условиях эксплуатации может привести к

срабатыванию технологических защит. Данные ограничения не связаны с работой регулятора скорости вращения, поэтому для оценки возможностей регулятора также был рассмотрен случай при максимально возможном набросе нагрузки генератора, находящегося в работе, равным 60 %. Данная величина наброса нагрузки принята исходя из условия технологического минимума нагрузки генератора равного 40 %.

Проводится четыре опыта:

- 1) при параллельной работе распределенной генерации и мгновенном набросе нагрузки на 10 % от номинальной мощности генератора;
- 2) при параллельной работе распределенной генерации и мгновенном набросе нагрузки на 60 % от номинальной мощности генератора;
- 3) при изолированной работе распределенной генерации и мгновенном набросе нагрузки на 10 % от номинальной мощности генератора;
- 4) при изолированной работе распределенной генерации и мгновенном набросе нагрузки на 60 % от номинальной мощности генератора;

Примечание: в исследованиях начальная загрузка агрегата составляет 40 % от номинальной мощности; загрузка осуществляется по активной мощности.

2.2.3 Оценка возможности ресинхронизации

При кратковременном нарушении синхронизма распределенной генерации с системой становится возможным самопроизвольная ресинхронизация. Цель исследования заключается в оценке возможности ресинхронизации распределенной генерации с системой после выпадения дизель-генератора из синхронизма на короткий промежуток времени.

Проводятся два опыта, первый с двигательной нагрузкой 32 %, второй с двигательной нагрузкой 64 % от номинальной мощности генератора. В опытах КЗ возникает на линии, соединяющей систему с дизель-генератором:

- 1) при нагрузке, представленной асинхронным двигателем (АД) мощностью 1 МВт и постоянной активной мощностью 1 МВт;

2) при нагрузке, представленной двумя асинхронными двигателями (АД) мощностью 1 МВт каждый и постоянной статической нагрузкой мощностью 1 МВт.

Модель сети для обоих опытов в программной среде MatLAB Simulink представлена на рисунке А.5., двигательная нагрузка на модели представлена комплексным блоком «AD load».

Принятая схема сети для первого опыта изображена на рисунке 2.12.

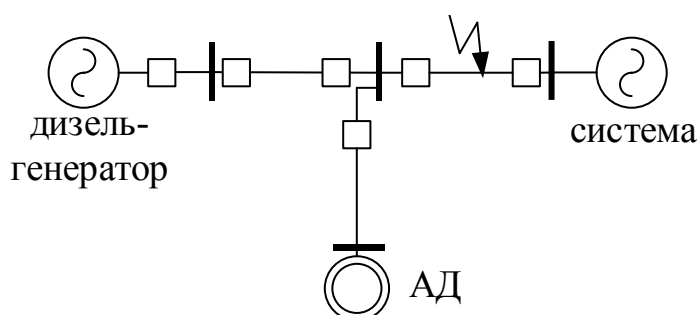


Рисунок 2.12 – Схема сети для первого опыта

Принятая схема сети для второго опыта изображена на рисунке 2.13.

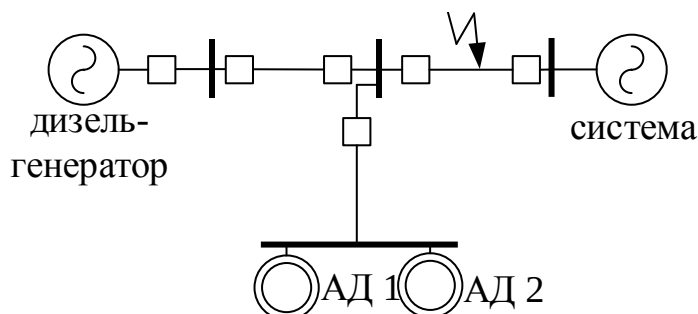


Рисунок 2.13 – Схема сети для второго опыта

Вывод

Выбор параметров модели выполнен с учетом всех технических и эксплуатационных особенностей рассматриваемых электроустановок, а именно: ограничения скачкообразного наброса нагрузки, ограничение по технологическому минимуму работы генераторной установки; диапазонов регулирования параметров. Учет данных особенностей работы дизель-генераторной установки необходим для оценки возможности обеспечения электроснабжения ответственных потребителей от распределенной генерации в послеаварийных режимах.

3 Результаты моделирования

3.1 Анализ изменения уровня тока КЗ, при присоединении распределенной генерации

Сценарий опытов, описанных в подразделе 2.2.1: трехфазное КЗ возникает на 8 секунде.

На рисунке 3.1 представлены результаты моделирования.

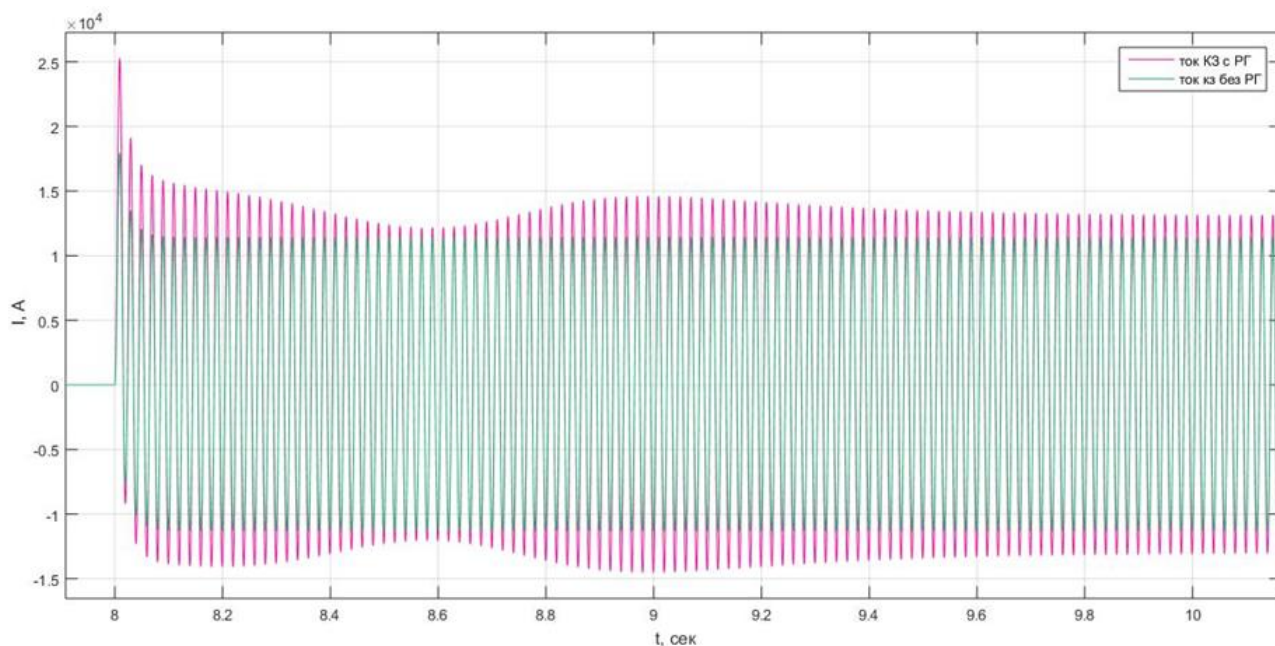


Рисунок 3.1 – Осциллограммы токов

Пояснения к рисунку: в до аварийном режиме в обоих случаях ток равен 186,6 А; ударный ток равен 25 кА при учете РГ и 18 кА при работе только системы; апериодическая составляющая тока КЗ затухает за 1 секунду при учете РГ, за 0,1 секунду при электроснабжении только от системы; увеличение тока КЗ начиная с момента времени 8,6 секунды, обусловлено приращением тока возбуждения; в установившемся режиме периодический ток КЗ при учете РГ на 200 А больше, чем в случае подпитки точки КЗ только от системы.

Описание результатов опытов:

Более длительное затухание апериодического тока при учете РГ обусловлено величиной постоянной времени, которая зависит от параметров обмотки статора для РГ и от добротности для системы, т.е. от соотношения

активного и реактивного сопротивления, чем больше реактивное и меньше активное, тем медленнее затухает апериодическая составляющая из-за этого не всегда увеличение тока короткого замыкания в установившемся режиме сопровождается увеличением времени затухания апериодической составляющей, например, если увеличить мощность генерации в энергосистеме на величину мощности РГ, то апериодическая составляющая будет затухать быстрее, чем в случае с подключением РГ к шинам НН, потому что отношение реактивной составляющей к активной при подключении РГ больше; так как в модели АРВ учтена форсировка возбуждения, то при снижении напряжения во время КЗ возникает приращение тока возбуждения, которое приводит к соответствующему увеличению тока в цепи статора, нарастание тока статора происходит не мгновенно из-за инертности системы АРВ; увеличение периодической составляющей тока КЗ обусловлено увеличением генерирующих мощностей относительно точки КЗ.

Экспериментально полученный результат показал не только увеличение тока КЗ при присоединении РГ к сети, но и увеличение времени затухания апериодической составляющей и ударного тока, что может потребовать замену коммутационного оборудования, так как повышаются требования к выключателю по номинальному току отключения и относительному содержанию апериодической составляющей. При подключении РГ к сети, необходимо проводить оценку времени затухания апериодической составляющей и действующего значения аварийного тока при коротком замыкании во внешней сети на соответствие отключающей способности существующей коммутационной аппаратуры при выборе точки выделения РГ на изолированную работу. Для снижения затрат на замену коммутационного оборудования распределительной сети при подключении новых установок РГ необходимо предусматривать мероприятия по ограничению уровней токов короткого замыкания.

3.2 Анализ работы регулятора частоты вращения турбины

Сценарий опытов: 0-8 сек.: установившийся режим; на 8-ой сек.: наброс нагрузки;

1) при параллельной работе распределенной генерации и повышении потребляемой нагрузки на 10 % от номинальной мощности генератора

Результаты регистрации частоты в первом опыте представлены на рисунке 3.3. На рисунке 3.4 в увеличенном масштабе представлен процесс изменения частоты при отработке регулятором увеличения нагрузки.

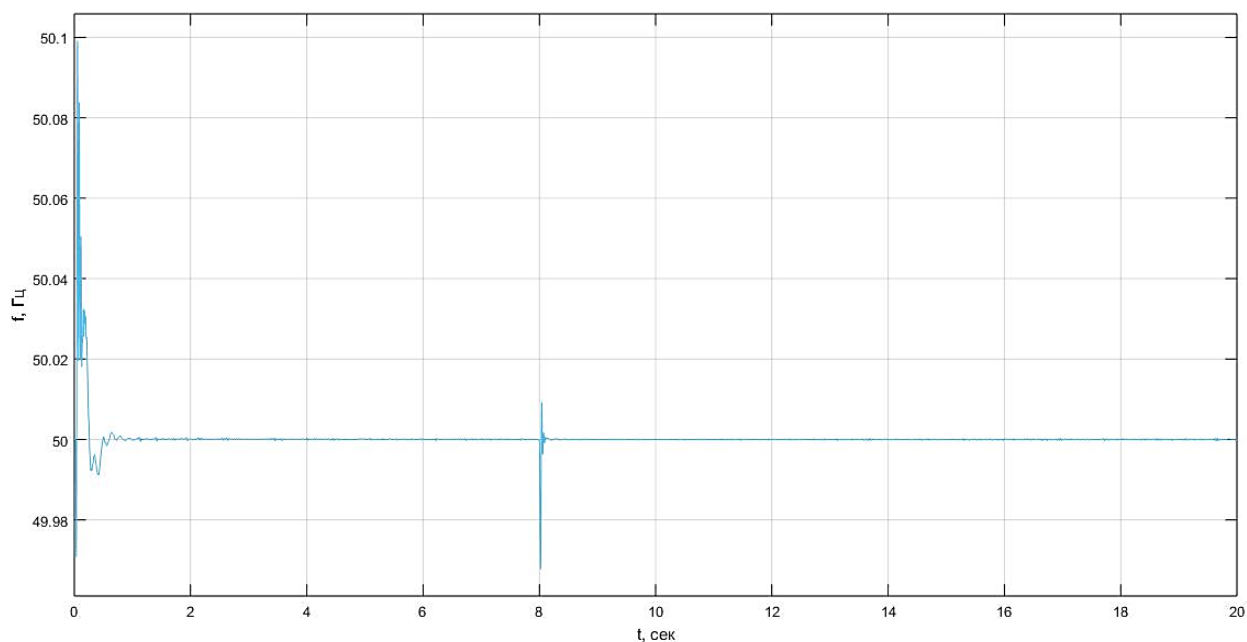


Рисунок 3.3 – Частота в первом опыте

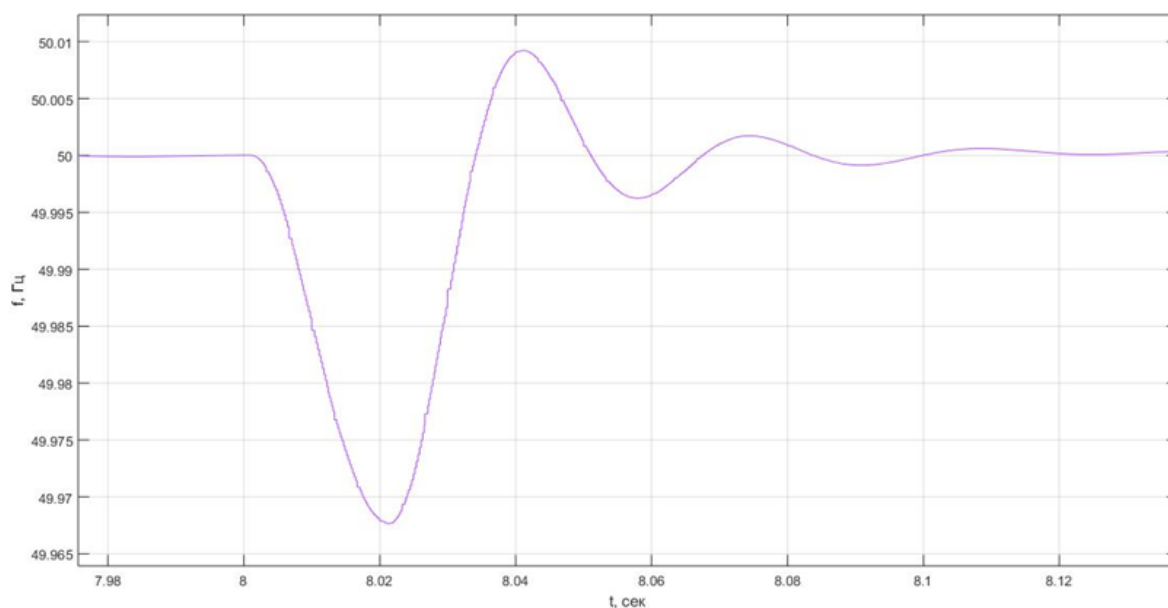


Рисунок 3.4 – Частота в первом опыте в увеличенном масштабе

Пояснения к рисункам: максимальное отклонение частоты равно 0,03 Гц от номинальной, время восстановления частоты составило 0,08 секунды.

Активные составляющие мощностей, вырабатываемых системой и РГ представлены на рисунке 3.5.

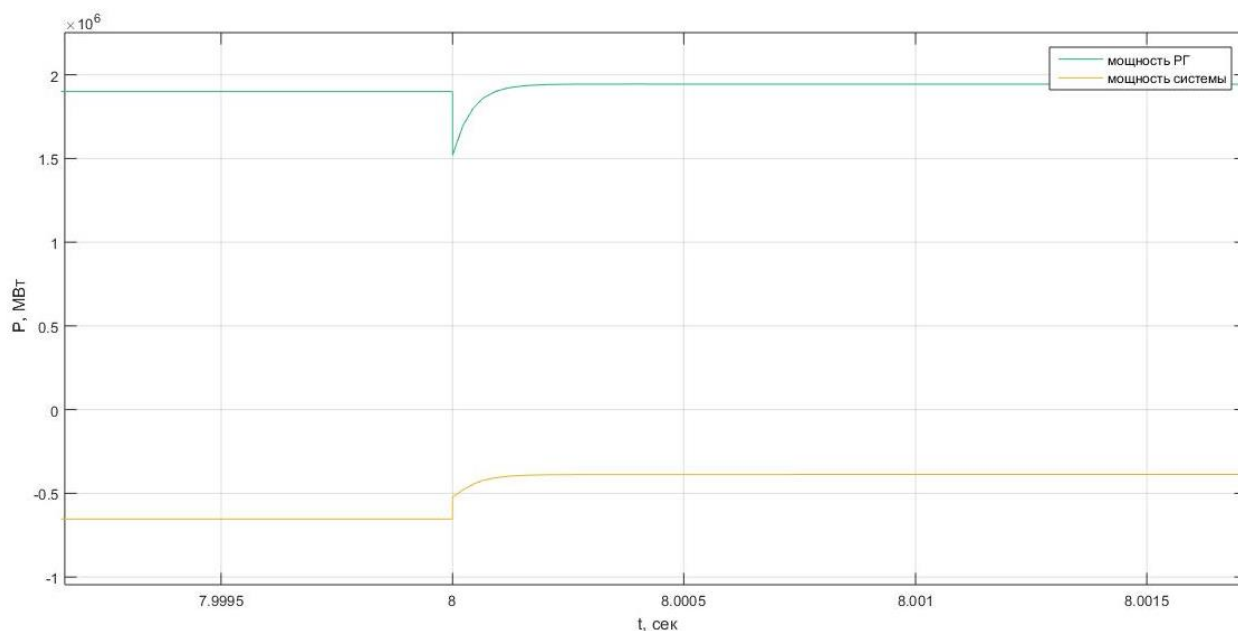


Рисунок 3.5 – Активные составляющие мощностей, вырабатываемых системой и РГ

Пояснения к рисунку: весь возникающий мгновенный наброс нагрузки воспринимает система, потому что энергосистема представлена шинами бесконечной мощности, осуществляющими балансирование мощности без инерции. При загрузке генерирующей установки на 40 % и при набросе нагрузки 10 %, РГ выдает мощность в систему.

2) при параллельной работе распределенной генерации и повышении потребляемой нагрузки на 60 % от номинальной мощности генератора

Результаты регистрации частоты во втором опыте представлены на рисунке 3.6. На рисунке 3.7 в увеличенном масштабе представлен процесс изменения частоты при отработке регулятором увеличения нагрузки.

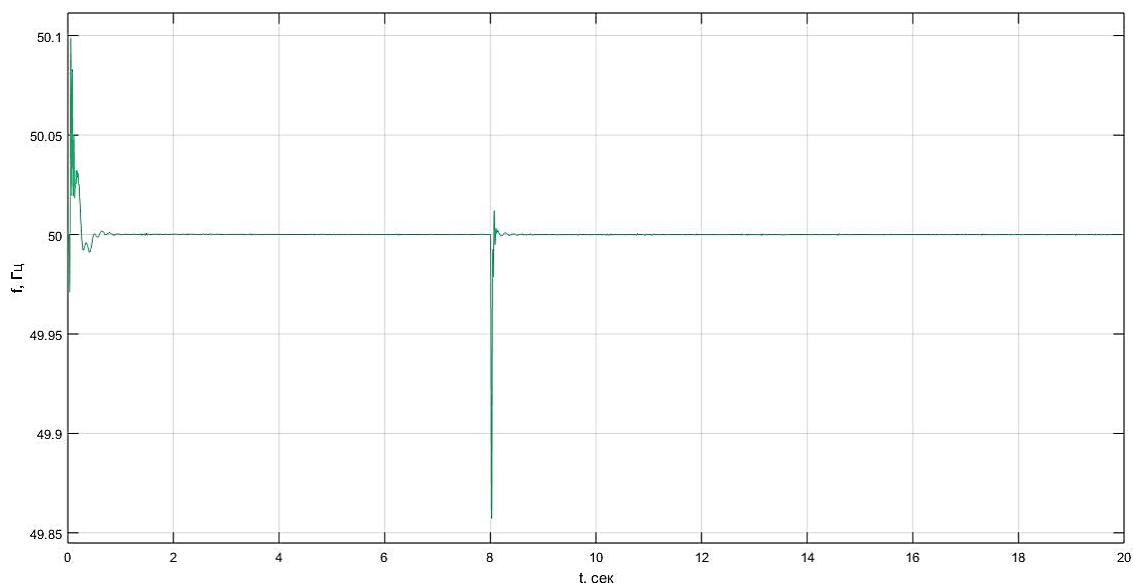


Рисунок 3.6 – Частота в втором опыте

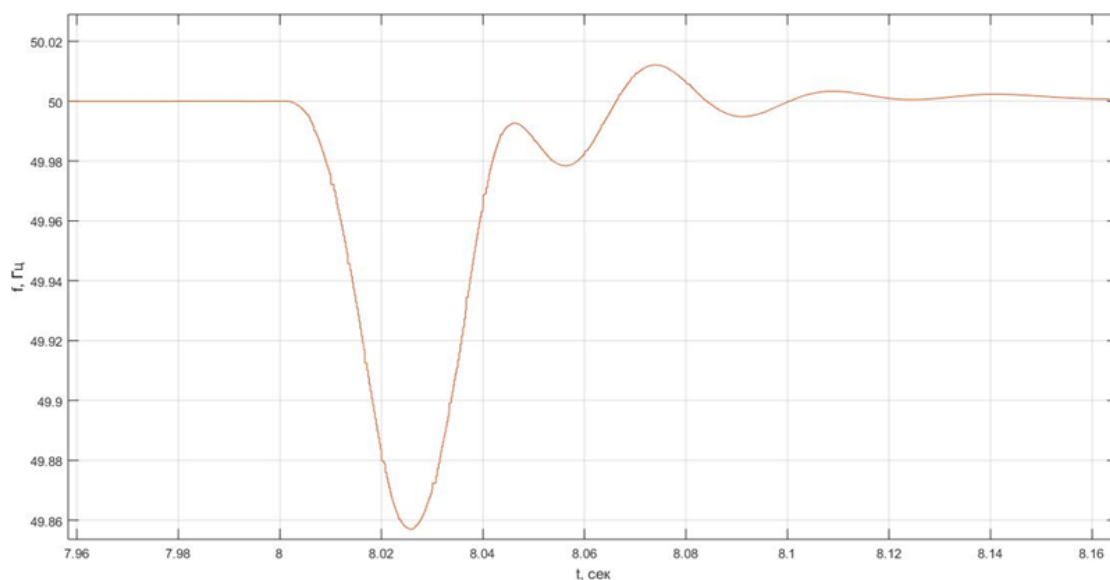


Рисунок 3.7 – Частота в втором опыте в увеличенном масштабе

Пояснения к рисунку: максимальное отклонение частоты от номинальной равно 0,14 Гц, время восстановления частоты составило 0,098 секунд.

Активные составляющие мощностей, вырабатываемых системой и РГ представлены на рисунке 3.8.

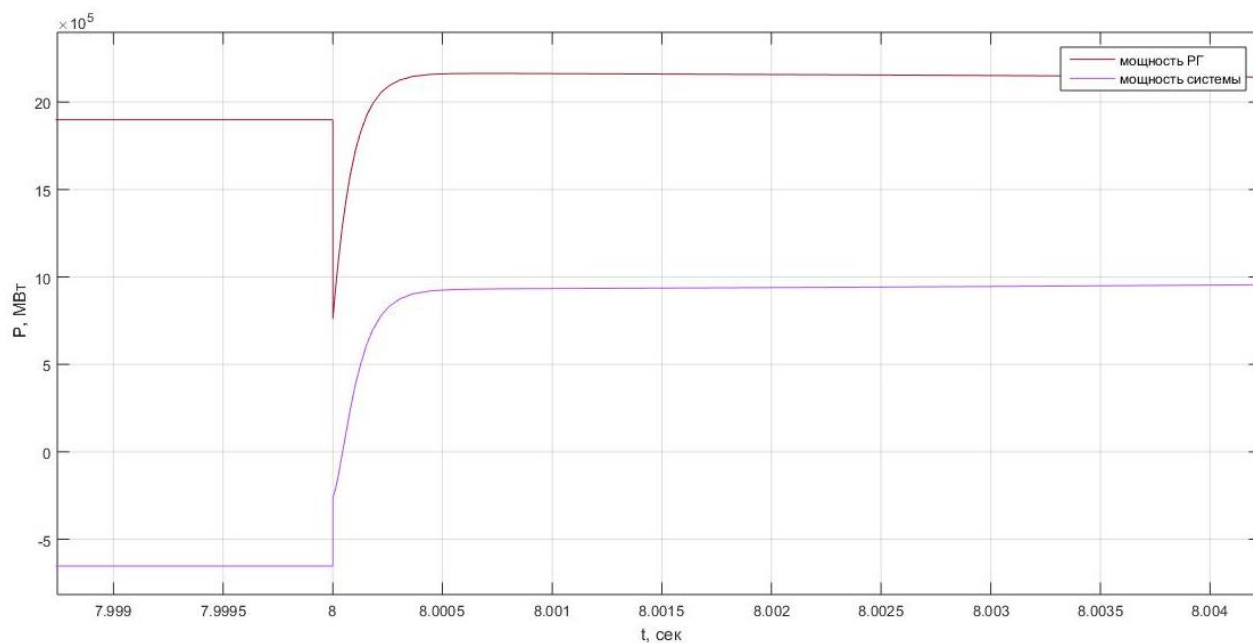


Рисунок 3.8 – Активные составляющие мощностей, вырабатываемых системой и РГ

Пояснения к рисунку: до возмущения мощность системы равна -0,65 МВт, мощность РГ равна 1,9 МВт, т.е. РГ выдает мощность в сеть; после возмущения мощность системы 0,93 МВт, мощность РГ 2,2 МВт, т.е. РГ покрывает часть нагрузки; мощность системы увеличилась на 1,58 МВт, мощность РГ увеличилась на 0,3 МВт, что относительно мало, по причине безынерционной системы регулирования мощностью системы.

3) при изолированной работе распределенной генерации и повышении потребляемой нагрузки на 10 % от номинальной мощности генератора

Результаты регистрации частоты в третьем опыте представлены на рисунке 3.9.

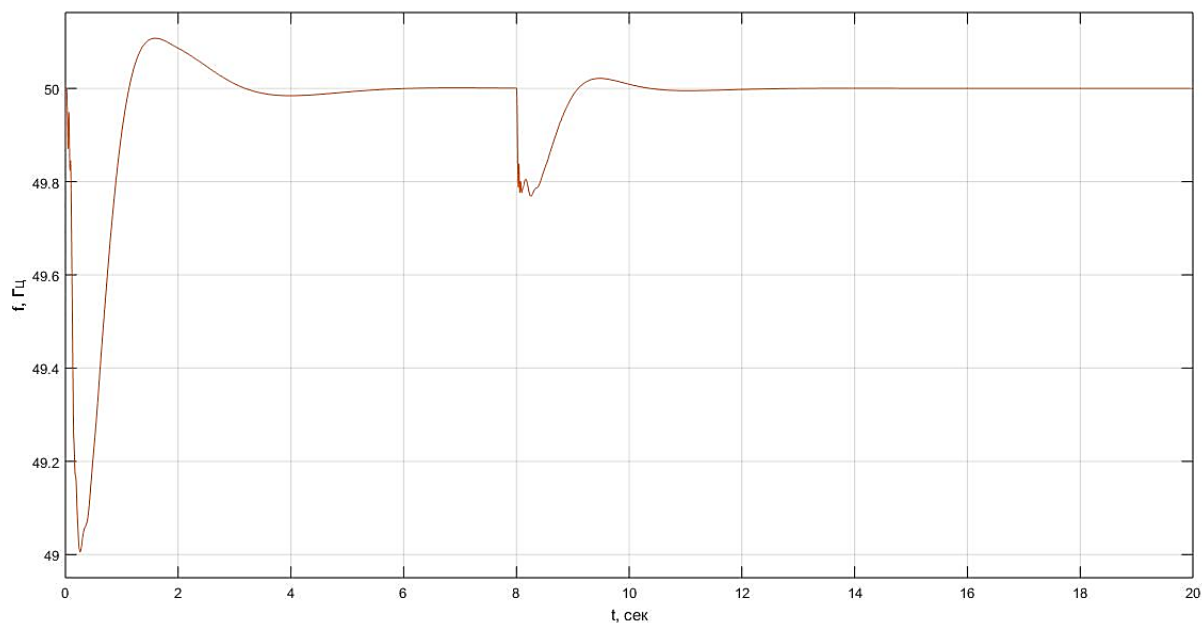


Рисунок 3.9 – Частота в третьем опыте

Пояснения к рисунку: время восстановления частоты составило 2,6 секунд, максимальное отклонение 0,23 Гц.

4) при изолированной работе распределенной генерации и повышении потребляемой нагрузки на 60 % от номинальной мощности генератора

Результаты регистрации частоты в четвертом опыте представлены на рисунке 3.10.

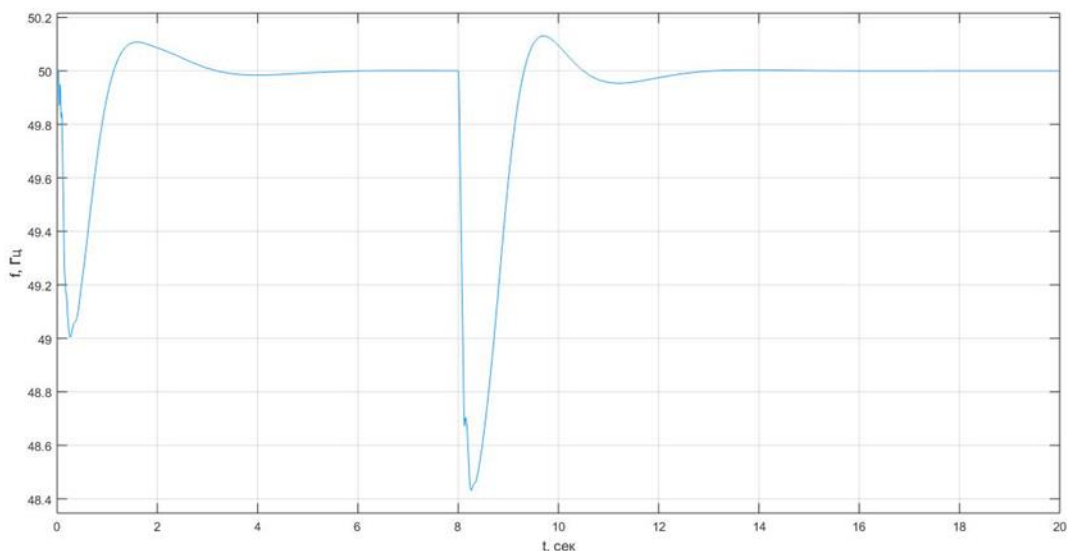


Рисунок 3.10 – Частота в четвертом опыте

Пояснения к рисунку: время восстановления частоты составило 4,6 секунд, максимальное отклонение 1,57 Гц.

Описание результатов опытов:

При параллельной работе РГ с системой восстановление частоты происходит мгновенно, за счет безынерционной системы регулирования мощности системы, что подтверждает распределение мощности между РГ и системой, практически весь возникший небаланс принимает на себя система; при работе в изолированном режиме отклонения частоты больше, чем при том же набросе мощности при параллельной работе, это различие обусловлено наличием бóльшей постоянной инерции системы регулирования частоты вращения РГ; отклонения частоты при набросе 10 % от мощности генератора не выходит за допустимые пределы регулирования при НПРЧ, при мгновенном набросе мощности 60 % максимальное отклонения частоты 48,43 Гц, что удовлетворяет требованиям [18]. Из результатов моделирования видно, что

возможности АРСВРГ и малая инерционность агрегатов позволяют обеспечить восстановление частоты при достаточно больших возмущениях. Однако существующие ограничения по набору мощности со стороны компрессорных установок ДВС требуют ограничения мощности нагрузки, которая может выделяться на изолированную работу с РГ в послеаварийном режиме. В ряде случаев величина нагрузки может быть много меньше резерва мощности генератора в послеаварийном режиме. Для обеспечения питания потребителей в послеаварийном режиме может быть предусмотрена автоматика включения потребителей время действия которой должно быть согласовано производительностью компрессора ДВС РГ.

3.3 Оценка возможности ресинхронизации

Сценарий опытов: на 13,8-ой сек. возникает КЗ на связи с системой; на 14-ой сек.: КЗ отключается; 14-25 сек.: ресинхронизация генератора.

1) Оценка возможности ресинхронизации при одном АД

График отклонения скорости ротора генератора от номинальной, при работе одного АД, изображен на рисунке 3.11.

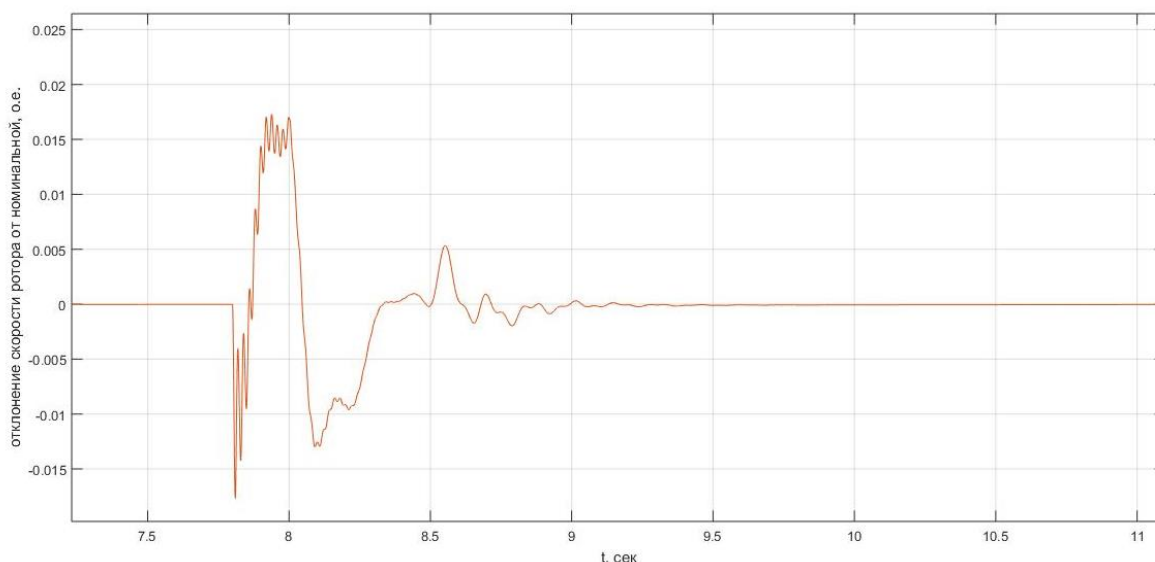


Рисунок 3.11 – График отклонения скорости ротора от номинальной

Пояснения к рисунку: при возникновении КЗ отклонение скорости увеличивается, скорость ротора увеличивается, так как электромагнитный

момент равен нулю, а механический момент остается номинальным, после устранения КЗ отклонение скорости резко уменьшается, скорость ротора резко падает и переходит в двигательный режим, т.е. электромагнитный момент тормозит вращение вала, далее действием автоматического регулятора частоты восстанавливается баланс моментов.

Осциллограмма трехфазного тока статора АД представлена на рисунке 3.12.

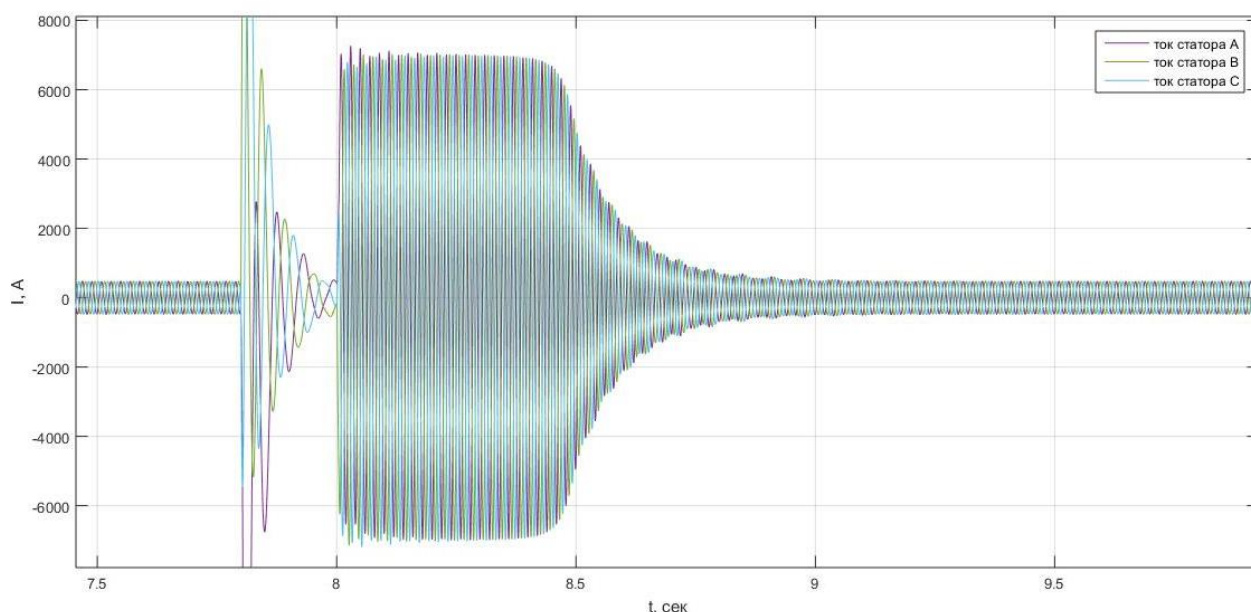


Рисунок 3.12 – Трехфазный ток статора АД

Пояснения к рисунку: до КЗ амплитуда тока равна 473,7 А, ударный ток равен 12 кА, ток после возникновения КЗ определяется запасенной в магнитном сердечнике ротора и статора энергией, после устранения КЗ амплитуда тока статора равна 7 кА, что соответствует реактивному току самозапуска. После успешного самозапуска АД, режим восстанавливается на 9-ой секунде.

График скорости вращения вала ротора АД представлен на рисунке 3.13.

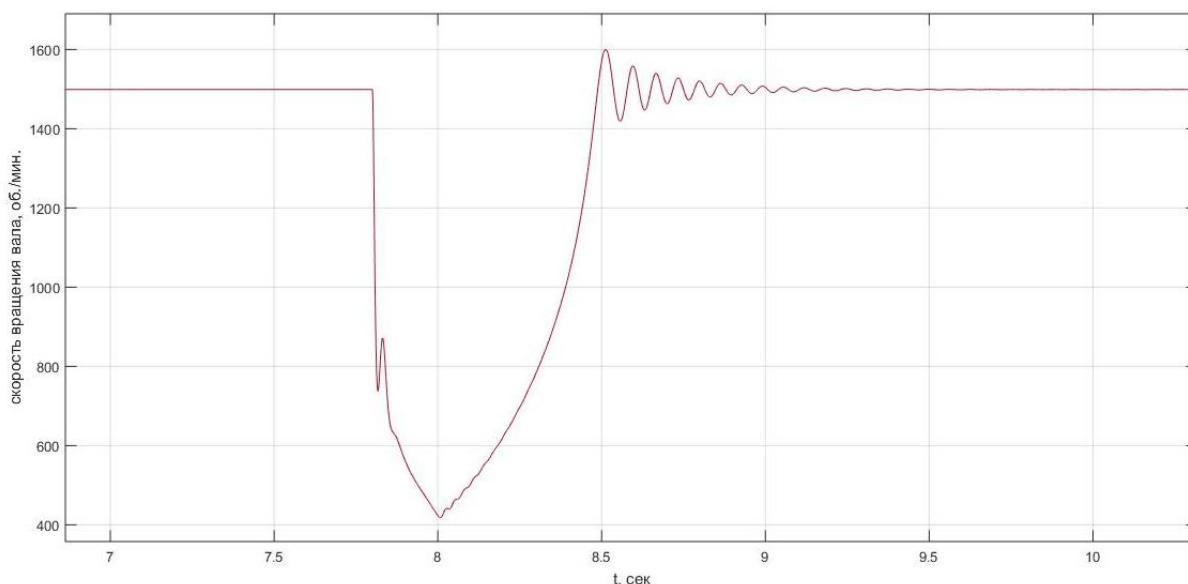


Рисунок 3.13 – График вращения вала ротора АД

Пояснения к рисунку: при возникновении КЗ скорость вращения ротора падает, так как электромагнитный момент отсутствует, соответственно увеличивается и скольжение. Увеличение скольжения приводит к росту тока статора, как было описано выше.

Действующее значение напряжения представлено на рисунке 3.14.

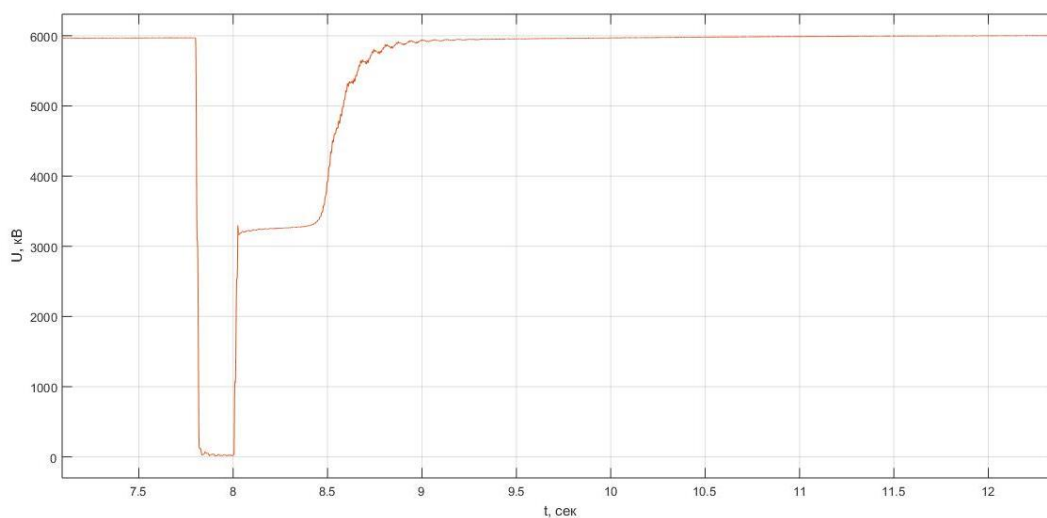


Рисунок 3.14 – Действующее значение напряжения

Пояснения к рисунку: при возникновении КЗ напряжение в точке присоединения РГ к сети падает до нуля, после устранения КЗ, напряжение восстанавливается с помощью работы АРВ и из-за восстановления нормальной работы АД, за 1 секунду.

График изменения относительного угла между напряжениями шин РГ и системы изображен на рисунке 3.15

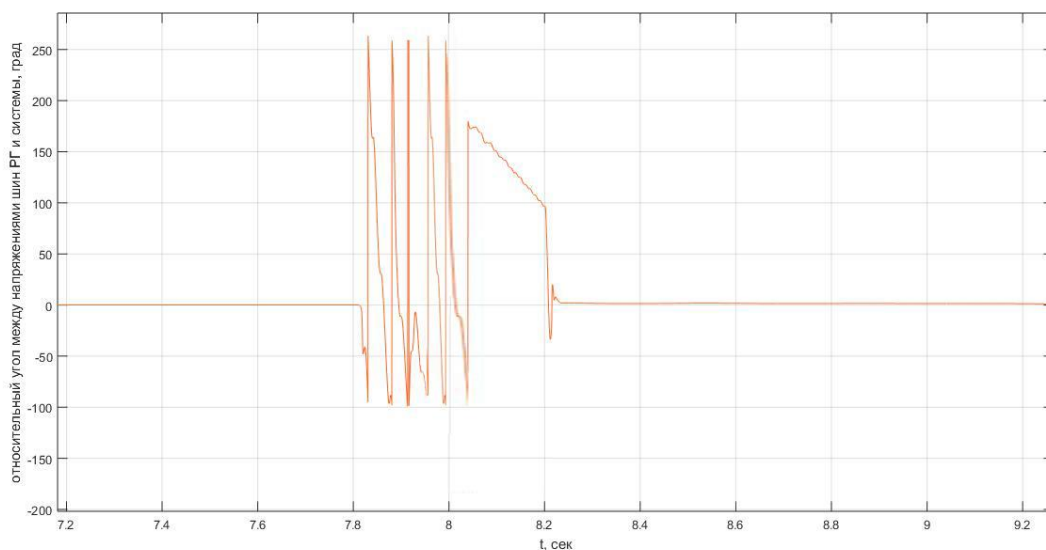


Рисунок 3.15 – График относительного угла между напряжениями шин РГ и системы

Пояснения к рисунку: в течение КЗ относительный угол изменяется от -100 до 260 градусов пять раз, что характеризует асинхронный режим, после устранения КЗ относительный угол изменяется в диапазоне от -180 до 180 градусов один раз, итого, после устранения КЗ вал прокручивается один раз и ресинхронизируется, благодаря обеспечению условий самозапуска АД в послеаварийном режиме.

2) Оценка возможности ресинхронизации при двух АД

Нагрузка представлена двумя асинхронными двигателями по 1 МВт и активной нагрузкой 1 МВт, график отклонения скорости ротора генератора от номинальной, при работе двух АД, изображен на рисунке 3.16.

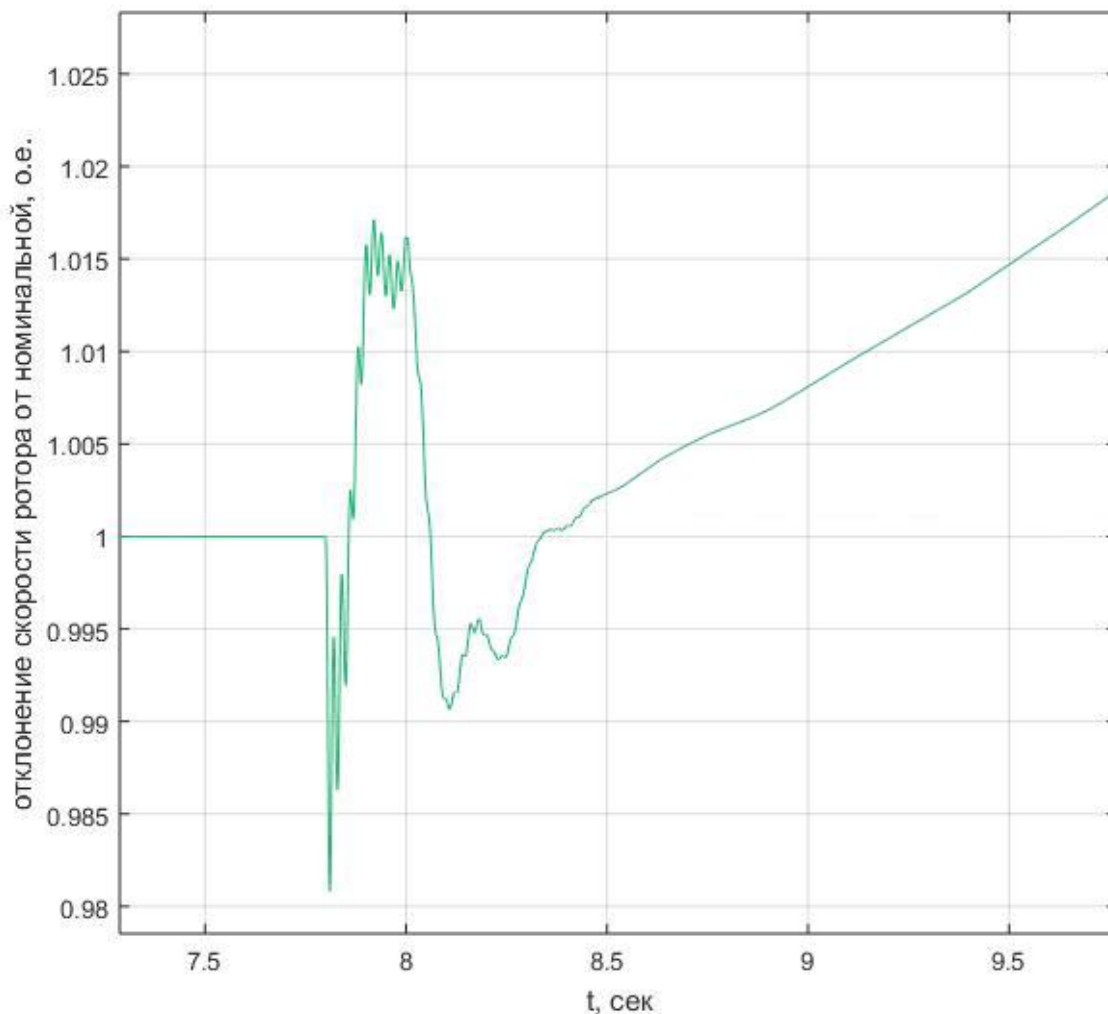


Рисунок 3.16 – График отклонения скорости ротора генератора от номинальной

Пояснения к рисунку: при возникновении КЗ отклонение скорости ротора возрастает, как и в опыте с одним АД, после устранения КЗ отклонение скорости продолжает возрастать и далее режим в программной среде MatLAB не считается, что свидетельствует о том, что режим расходится. Из-за недостаточности электромагнитной мощности, которая равна произведению тока статора, напряжения на выводах АД и косинуса угла между ними, невозможно работа АД не восстанавливается, следовательно ресинхронизация не происходит

Осциллограмма трехфазного тока статора представлена на рисунке 3.17.

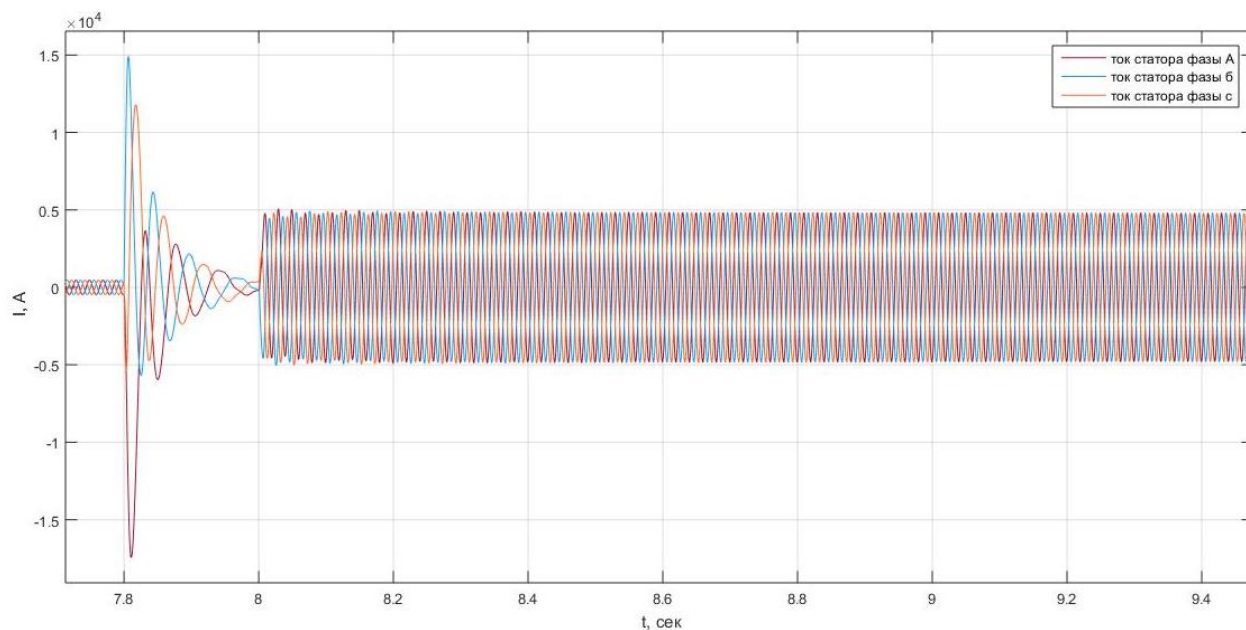


Рисунок 3.17 – Трехфазный ток АД

Пояснения к рисунку: до КЗ амплитуда тока одного АД равна 467,1 А, ударный ток равен 12 кА, ток после возникновения КЗ возникает за счет запасенной в магнитном сердечнике ротора и статора энергии, после устранения КЗ амплитуда тока статора равна 4,9 кА и определяется уровнем напряжения в послеаварийном режиме. В случае двух АД реактивный ток самозапуска приводит к просадке напряжения до величины недостаточной для успешного самозапуска двух АД.

График скорости вращения вала ротора представлен на рисунке 3.18.

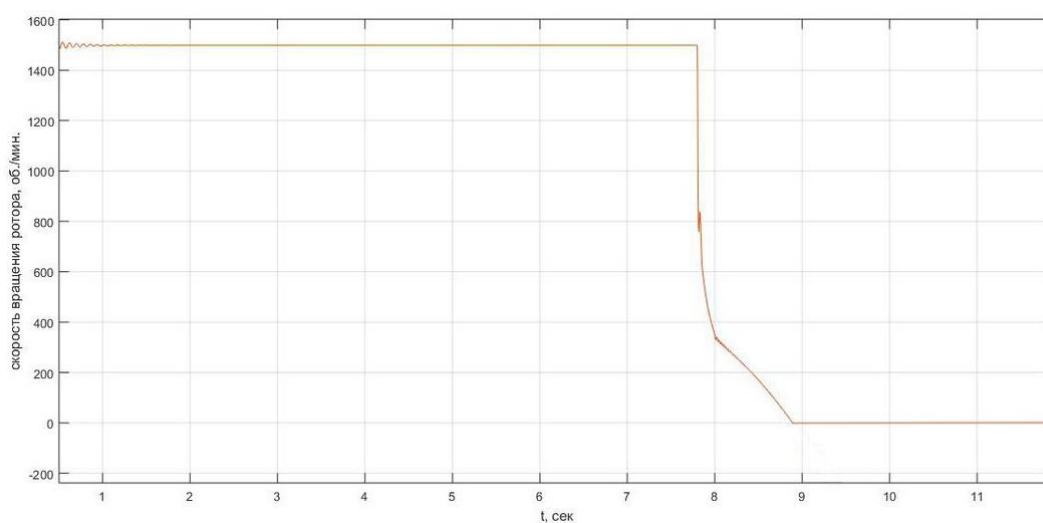


Рисунок 3.18 – График скорости вращения вала ротора АД

Пояснения к рисунку: при возникновении КЗ скорость вращения вала начинает падать, после устранения КЗ, возникающий электромагнитный момент не равен механическому моменту на валу ротора, так как напряжение на выводах АД не восстановилось до требуемого по условиям самозапуска значения, электромагнитный момент недостаточен для проворота вала двигателя.

Осциллограмма напряжения на шинах генератора при работе двух АД представлена на рисунке 3.19.

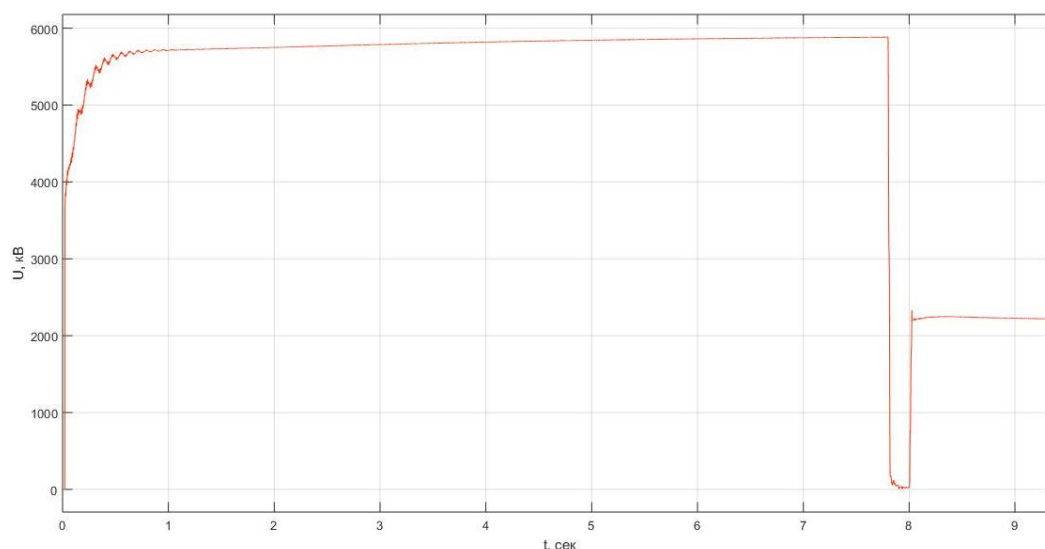


Рисунок 3.19 – Напряжение на шинах генератора при работе двух АД

График изменения относительного угла между напряжениями шин РГ и системы изображен на рисунке 3.20

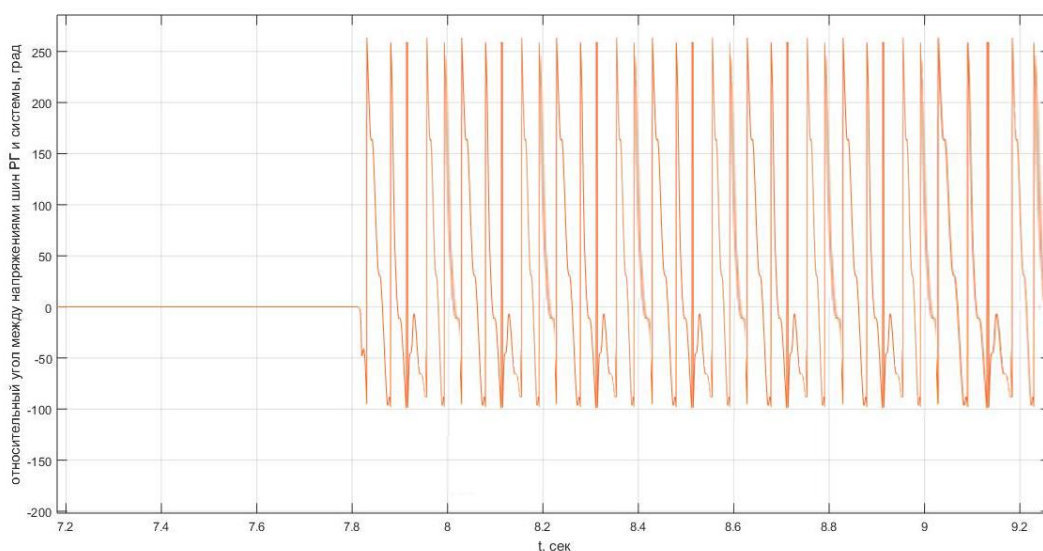


Рисунок 3.15 – График относительного угла между напряжениями шин РГ и системы

Пояснения к рисунку: в течение КЗ относительный угол изменяется от -100 до 260 градусов, что характеризует асинхронный режим, после устранения КЗ относительный угол изменяется в то же диапазоне, ресинхронизация не наступает.

Описание результатов опытов:

Возмущение (КЗ) приводят к нарушению динамической устойчивости электростанции и возникновению асинхронного режима, который характеризуется изменением относительного угла напряжений между шинами РГ и системы. Ресинхронизация не обеспечивается при двигательной нагрузке 62 % от номинальной мощности генератора, который характеризуется продолжительным увеличением отклонения скорости вращения ротора генератора после устранения КЗ. Ресинхронизация обеспечивается при доли двигательной нагрузки равной 32 % от номинальной мощности генератора. Из опытов можно сделать заключение, что чем меньше доля двигательной нагрузки, тем больше вероятность ресинхронизации РГ. В связи с этим при проектировании электроустановок, содержащих распределенную генерацию проверка возможности ресинхронизации должна проводиться с учетом параметров двигательной нагрузки и условий самозапуска двигателей. Необходимо индивидуально определять состав двигателей, участвующих в

самозапуске и обеспечивающих условия ресинхронизации генерации. Двигатели не участвующие в самозапуске должны отключаться защитами минимального напряжения.

Вывод

В данном разделе были исследованы режимы работы распределенной генерации, такие как: повышение уровней токов КЗ, ресинхронизация, в зависимости от мощности двигательной нагрузки; регулирование частоты вращения вала генератора, с учетом технологических особенностей РГ. Также рассматривались технические проблемы, возникающие при эксплуатации распределенной генерации, связанные с особенностями конструкций первичных двигателей и ввиду малой инерционности агрегатов РГ.

Исследования, проведенные в настоящей работе, представляют практический интерес поскольку при эксплуатации в сети с распределенной генерацией возникают аварийные режимы, такие как: КЗ; изолированный режим; асинхронные режимы. Надежное электроснабжение ответственных потребителей обеспечивается при электроснабжении потребителя от распределенной генерации при потере связи с внешней системой, т.е. при комбинированном режиме. На практике возможность подключения объектов РГ определяется для каждого случая индивидуально, при этом следует принять во внимание увеличение токов КЗ; ограниченность скачкообразного наброса нагрузки и минимума загрузки РГ; возможность ресинхронизации при кратковременных возмущениях, с таким соотношением двигательной нагрузки и мощности РГ, чтобы обеспечить необходимую электромагнитную мощность, которая обеспечит необходимый механический момент на валу ротора АД.

При проектировании распределенной генерации необходимо предусмотреть все особенности режимов работы распределенной генерации, чтобы обеспечить надежное электроснабжение ответственных потребителей как в параллельном, так и в изолированном режиме работы.

4 Социальная ответственность

Социальная ответственность – это ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение [20].

Данный раздел посвящен выявлению и анализу вредных и опасных факторов, имеющих место быть на производственном предприятии, а также разработка мероприятий по ограничению воздействия вредных и опасных веществ на персонал. Организационным вопросом обеспечения безопасности является необходимость соблюдения правил, норм, инструкций и прочих документов, утвержденных законом.

В данном разделе рассматривается воздействие вредных и опасных факторов на электромонтёров, обслуживающих электростанцию с дизельным генератором. Само исследование посвящено анализу режимов изолированной и параллельной работы распределенной генерации.

4.1 Производственная безопасность

4.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

При обслуживании человеком дизель-генератора и электроустановок, связанных с нормальной работой электростанции, существует ряд опасных и вредных производственных факторов.

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти [21].

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или)отрицательному влиянию на здоровье потомства.

Примечание. В зависимости от количественной характеристики (уровня, концентрации и др.) и продолжительности воздействия вредный производственный фактор может стать опасным [20].

4.1.2 Вредные факторы производственной среды

При эксплуатации дизель-генератора можно наблюдать различные вредные факторы производственной среды, которые негативно воздействуют на организм обслуживающего персонала. Вредные факторы [22]:

- шум;
- освещение;
- вибрация;
- повышенная запыленность воздуха рабочей зоны;
- повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- влажность воздуха;
- электромагнитные поля.
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового излучения.

4.1.3 Опасные факторы производственной среды

При эксплуатации дизель-генератора на электростанции можно наблюдать различные опасные факторы производственной среды. Опасные факторы [22]:

- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- вращающиеся и движущиеся части;
- повышенная температура поверхности оборудования;
- пожароопасность, из-за легковоспламеняющегося топлива.

4.1.4 Анализ вредных факторов производственной среды

4.1.4.1 Источники

4.1.4.1.1 Шум и вибрация

Шум является нежелательным звуком для человека, который создает дискомфорт при выполнении труда либо во время отдыха на рабочем месте. Звуковые волны, присутствующие в пространстве, принято называть звуковым полем.

Вибрация является механическим колебательным движением системы, содержащие упругие связи. Вибрация возникает на электростанции как правило при вращении вала турбины, на подстанциях в основном в силовых трансформаторах, в ремонтной работе трансформатор и генератор отключаются, поэтому вибрация не вредит здоровью обслуживающего персонала [20].

При работе дизель-генератора вибрация возникает вследствие возвратно-поступательного и вращательного движения неуравновешенных масс двигателя, крутильных колебаний, неточности изготовления деталей, неравномерности крутящего момента, резонансных эффектов, и других явлений, в меньшей степени вызывающих вибрацию. Вибрация вызывает дополнительные напряжения в деталях двигателя и его опоры, вызывая их разрушение, в результате которого может произойти происшествие.

При работе поршневого двигателя внутреннего сгорания возникают шумовые эффекты. В ДВС возникают шумы впуска, выпуска, шум от сгорания горючей смеси в цилиндрах, шум от работы зубчатых передач, и других причин, в меньшей степени вызывающих шум.

4.1.4.1.2 Запыленность воздуха рабочей среды

Основными источниками пылеобразования на дизельной электростанции являются процессы, связанные с измельчением твердых веществ – бурением, дроблением, размолом; операции, связанные с

перемещением, погрузкой и выгрузкой пылящих материалов, операции по обработке поверхностей изделий, очистке и обдувке деталей, аппаратов, машин и механизмов при ремонте и т. д.

4.1.4.1.3 Повышенная температура воздуха рабочей зоны

Повышенная температура воздуха рабочей зоны возникает как следствие повышенной температуры поверхности оборудования.

4.1.4.1.4 Электромагнитные поля

Наличие электромагнитных полей, воздействующих на персонал обусловлен наличием токоведущих частей электроустановок, находящиеся под напряжением.

4.1.4.1.5 Освещение

Основное количество работ, производимых на электростанции, осуществляется под контролем зрения:

- наблюдение за ходом технологического процесса;
- наблюдение за работой оборудования.

В конечном итоге для нормального функционирования человека требуется хорошее освещение, ведь проведение каких – либо разнообразных операций немыслимы без участия зрения, в слабоосвещённых помещениях.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что для рабочего персонала, который будет занят решением диспетчерских проблем, обслуживанием или ремонтом технического оборудования, главным источником освещения будет являться естественный свет, потому что основные работы будут проводиться в дневное время. А для работы персонала в ночное время суток, требуется установка электрического освещения, но при возникновении аварии должно быть предусмотрено аварийное освещение.

4.1.4.1.5 Влажность воздуха

Высокая влажность воздуха в помещениях может быть из-за наличия больших поверхностей испарения, на дизельной электростанции такие поверхности отсутствуют. Может возникнуть как повышенная влажность, так и пониженная, в зависимости от географического расположения.

4.1.4.1.6 Скорость движения воздуха

Повышенная скорость движения воздуха может быть вызвана наличием охлаждающих систем, в которых используются вентиляторы.

4.1.4.1.7 Интенсивность теплового излучения

Тепловое излучение на дизельной электростанции выделяет первичный двигатель генераторной установки, поскольку сжигает дизельное топливо.

4.1.4.2 Действие вредных факторов на организм человека

4.1.4.2.1 Шумы и вибрации

Длительное действие шума, отрицательно сказывается, на органы слуха человека, центральную нервную систему, ослабляет внимание рабочих, повышает кровеносное давление, происходит учащение дыхания и пульса, снижает производительность труда. Вредное влияние вибрации выражается в том, что у работающего персонала возникает расстройство нервной и сердечно-сосудистой системы и опорно-двигательного аппарата, что в конечном итоге может привести к виброболезни.

4.1.4.2.2 Запыленность воздуха рабочей среды

Вредные вещества, в основном это пыли металлов, проникают в организм человека главным образом через дыхательные пути, а также через кожу и с пищей. Эти вещества оказывают токсичное действие на организм человека. Эти вещества оказывают на организм человека преимущественно фиброгенное действие, вызывая раздражение слизистых оболочек дыхательных

путей и оседая в легких, практически не попадая в круг кровообращения вследствие плохой растворимости в биологических средах (крови, лимфе).

4.1.4.2.3 Повышенная температура воздуха рабочей зоны

При повышенной температуре воздуха рабочей зоны затруднена отдача теплоты организмом человека в окружающую среду. Как следствие ненормальное функционирование терморегулирующей способности организма человека.

4.1.4.2.4 Электромагнитные поля

Воздействие, проявляющееся при пребывании в электрическом поле. Эффект этого воздействия усиливается с увеличением напряженности поля и времени пребывания в нем. Длительное воздействие электрического поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем. Это выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

4.1.4.2.5 Освещение

При плохом, или слабоосвещённом помещении, происходит напряжение органа зрения, постоянное напряжение зрения может привести к утомлению организма, снизить внимательность, которая может повлечь за собой несчастный случай. При постоянном нахождении персонала слабоосвещённом помещении снижается работоспособность. Появляется возможность потери зрения. Потеря зрения может негативно повлиять и на другие органы человека.

4.1.4.2.6 Микроклимат

Микроклимат влияет на терморегулирующую способность человека.

4.1.4.2.6.1 Влажность воздуха

Чем больше влажность, тем меньше испаряется пота, что приводит к перегреву. При пониженной влажности происходят обратные явления.

4.1.4.2.6.2 Скорость движения воздуха

Чем больше скорость воздуха, тем лучше происходит теплообмен, в крайней степени может привести к переохлаждению. Маленькая скорость движения воздуха может привести к перегреву.

4.1.4.2.6.3 Интенсивность теплового излучения

По аналогии с предыдущими пунктами, чем больше температура, тем хуже происходит конвекционные процессы теплообмена. В противном случае наоборот.

4.1.4.3 Допустимые нормы вредных веществ

Соблюдение норм обеспечивает оптимальные условия работы в производственных помещениях дизельной электростанции.

4.1.4.3.1 Шумы и вибрации

Нормирование шума призвано предотвратить нарушение слуха и снижение работоспособности и производительности труда работающих.

Согласно документам СН 2.2.4/2.1.8.562-96 и ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ, «Шум на рабочих местах», устанавливаются допустимые уровни создания шума.

Таблица 4.1 – Допустимые уровни шума

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Согласно ГОСТ 12.1.002–84 и СН 2.2.4/2.1.8.556–96 «Вибрационная безопасность» установлены уровни вибрации, для качественной работы персонала, также установлено время воздействия вибрации на персонал.

Таблица 4.2 – Допустимые уровни вибрации нагрузки на персонал

Частоты октавных полос, Гц	Нормативные значения в направлениях	
	Виброускорения, дБ	Виброскорости, дБ
8	123	115
16	123	109
31,5	129	109
63	135	109
125	141	109
250	147	109
500	153	109
1000	159	109

Таблица 4.3 – Время воздействия вибрации на персонал, Тн

Показатель пре вышения вибрационной нагрузки на оператора D, дБ	T _н , мин
1/7	381/95
2/8	302/76
3/9	240/60
4/10	191/48
5/11	151/38
6/12	120/30

4.1.4.3.2 Запыленность воздуха рабочей среды

Нормирование концентрации вредных веществ в воздухе регулируется ГОСТом 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблица 4.4 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование Вредных веществ	ПДК, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Азота диоксид	2,0	3	п
Азота оксиды	5,0	3	п
Акролеин	0,2	2	п
Амилацетат	100	4	п
Аммиак	20	4	п
Ацетон	200	4	п
Бензин (углеводороды)	100	4	п
Бензол	15/5	2 к	п
Бутан	300	4	п

Продолжение таблицы 4.4

Бутилацетат	200	4	п
Винилацетат	10,0	4	п
Дихлорэтан	10,0	2	п
Ксилол	50,0	3	п
Марганец и его соединения (от 2-30 %)	0,1	2	а
Метилацетат	100	4	п
Мышьяк и его неорг. соединения	0,04/0,01	2	а
Озон	0,1	1	п
Пыль (кремнесодержащая - более 70 %)	1,5	4	а
Пыль нетоксичная (фиброгенного действия)	4,0	4	а
Ртут хлорид (сулема)	0,2/0,05	1	а
Сажа	4,0	3	а
Свинец и его соединения	0,01/0,005	1	а
Серная кислота	1,0	2	а
Сернистый ангидрид	10	3	п
Сероводород	10,0	3	п
Сероуглерод	1,0	3	п
Спирт бутиловый	10,0	3	п
Спирт изобутиловый	10,0	3	п
Спирт метиловый	5,0	3	п
Спирт этиловый	1000	4	п
Стирол	30/10	3	п
Толуол	50	3	п
Углерода оксид	20	4	п
Фенол	0,3	2	п
Фтористые соединения (газообразные)	0,5/0,1	2	п
Хлор	1,0	2	п
Хлористый водород	5,0	1	п
Этилацетат	200	4	п

4.1.3.3 Повышенная температура воздуха рабочей зоны

Температура рабочей зоны регламентируется ГОСТом 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Таблица 4.5 – Оптимальные и допустимые нормы температуры

Период года	Категор- ия работ	Температура, °С				
		оптим- альная	допустимая			
			верхняя граница		нижняя граница	
			на рабочих местах			
			постоянных	непостоянных	постоянных	непостоянных
Холодный	Средней тяжести - Пб	17-19	21	23	15	13
Теплый	Средней тяжести - Пб	20-22	27	29	16	15

4.1.4.3.4 Электромагнитные поля

Нормы на предельно допустимые напряженности электрического поля (ЭП) на промышленной частоте для персонала установлены в ГОСТ 12.1.002 – 84 «Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах»:

- $E \geq 25$ кВ/м – пребывание в ЭП без средств защиты не допускается;
- $20 < E < 25$ кВ/м – пребывание в ЭП не более 10 минут;
- при $5 < E \leq 20$ кВ/м допустимое время пребывания в ЭП вычисляют по формуле: $T, \text{ часов} = (50 / E) - 2$;
- $E \leq 5$ кВ/м – пребывание в ЭП допускается в течение полного рабочего дня.

4.1.4.3.5 Освещение

На электростанции, помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь искусственное и естественное освещение, для улучшения работоспособности персонала. Для этого устанавливают нормативные уровни освещенности, которые описаны в документе «СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03». Соблюдение настоящих санитарных правил является обязательным для персонала, во избежание несчастных случаев.

Таблица 4.6 – Уровни освещённости рабочей зоны

Место, площадка	Плоскость, в которой нормируется освещенность	Освещенность рабочей поверхности, лк
Помещения мастерских	горизонтальная	150
Шкафы и панели устройств РЗА	вертикальная	150
Основные проходы, лестницы	горизонтальная	20
Кабинеты	горизонтальная	300
Тепловые пункты, насосные, электрощитовые, машинные помещения	горизонтальная	20

4.1.4.3.6 Микроклимат

Микроклимат регулируется нормативным документом СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Таблица 4.7 – Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	III (более 290)	16 - 18	15 - 19	60 - 40	0,3
Теплый	III (более 290)	18 - 20	17 - 21	60 - 40	0,3

4.1.4.4 Средства защиты

4.1.4.4.1 Шумы и Вибрации

Мероприятия по предотвращению возникновения производственного шума на рабочих местах – это технические мероприятия, которые разделяются на три основных направления предотвращения производственного шума:

- 1) устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- 2) ослабление шума на путях передачи;
- 3) непосредственная защита работающих.

Средствами уменьшения производственного шума на рабочих местах является замена существующих технологических операций на операции с меньшим уровнем звукового давления производственного шума или операции, полностью устраняющие его возникновение. Наиболее легким для внедрения и простым с точки зрения технологии является такое техническое средство для борьбы с производственным шумом на путях распространения расположен звукоизолирующий кожух, способный отделять шумный узел машины от территории на котором работают люди. С помощью акустических экранов, отгораживающего шумный механизм от рабочего пространства, можно достигнуть значительного эффекта снижения уровня звукового давления

производственного шума. Существуют также случаи где достаточно ограничиться средствами индивидуальной защиты персонала.

Своевременной смазкой, регулировкой и ремонтом электрических машин, зачисткой и затягиванием токоведущих частей, применение шумопоглощающих прокладок можно достичь уменьшение шума. Также уменьшение шума можно достичь, устанавливая глушители шума на выхлопные и всасывающие отверстия машин. При технической невозможности устранить уровень шума, необходимо предусмотреть специальные мероприятия. Рабочий персонал необходимо снабжать специальными средствами: наушниками; шлемами; заглушками. Для устранения возникновения шума из соседних помещений, двери выполняются звуконепроницаемыми.

Вибрация устраняется статической и динамической балансировкой деталей, устраняются зазоры в соединительных узлах машины. Также для снижения вибрации применяется вибродемпфирование, которое основано на преобразовании энергии механических колебаний в тепловую.

4.1.4.4.2 Запыленность и температура воздуха рабочей зоны

Для защиты от лучистого потока теплоты производится теплоизоляция и экранирование нагретых поверхностей.

Одним из основных средств по обеспечению чистоты воздуха является его вентиляция. Вентиляцией воздуха достигается удаление загрязненного или нагретого воздуха из помещения и подачи в него свежего воздуха. Также применяются пылеуловители, фильтры.

В условиях производства не всегда удается устранить вредные летучие вещества, в этих случаях применяется средства индивидуальной защиты. Например, респираторы.

4.1.4.4.3 Электромагнитные поля

Основными видами средств коллективной защиты от воздействия электрического поля промышленной частоты являются экранирующие устройства – составная часть электрической установки, предназначенная для защиты персонала в открытых распределительных устройствах и на воздушных линиях электропередач.

4.1.4.4.4 Освещение

Для защиты глаз от механических повреждений, лучистого и теплового действия применяют специальные очки, щитки, маски. Стекла очков делают из небьющегося сталинита. При этом очки не должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой. Для защиты от лучистой энергии, ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, яркого света применяют очки со специальными светофильтрами типа «ТИС». При подборе защитных очков для лиц с плохим зрением (близорукость, дальнозоркость) и особенно для лиц, выполняющих особо точные работы, желательно защитные функции очков сочетать с коррекцией зрения и подбирать специальные (оптические) стекла.

4.1.5 Источники опасных факторов

4.1.5.1 Поражение рабочего электрическим током

На электростанции источниками возможного поражения электрическим током человека могут быть электроустановки предназначенные для производства, преобразования и передачи электроэнергии. Например: генератор; силовой трансформатор; автотрансформатор; ЛЭП; трансформаторы собственных нужд; распределительные устройства.

4.1.5.2 Работа с вращающимися и движущимися частями

Единственным источником возможного неблагоприятного воздействия при эксплуатации оборудования электростанции является вал турбины генератора, который механически связан с ротором генератора.

4.1.5.3 Повышенная температура поверхности оборудования

Повышенная температура поверхности оборудования возникает из-за нагрева обмоток статора и ротора генератора и при получении пара под высоким давлением для осуществления цикла Ренкена. Части этого оборудования могут служить источником возможного ожога.

4.1.5.4 Средства защиты

4.1.5.4.1 Поражение рабочего электрическим током

На предприятиях по производству электрической энергии является необходимым получение группы допуска по электробезопасности, соблюдение этих правил уменьшает вероятность поражения электрическим током.

В непосредственной близости от опасного оборудования или открытых токоведущих шин с целью обезопасить рабочий персонал от возможного прикосновения к электроустановкам, находящимся под напряжением, применяются ограждения в виде переносных щитов [23].

Изоляция токоведущих частей и деталей электрооборудования защищает не только от возможной утечки токов и соприкосновения разных токоведущих частей, но и защищает персонал от случайных прикосновений. Электрическое сопротивление изоляции в основном зависит от номинального напряжения в электроустановке. Для сетей с номинальным напряжением ниже 1 кВ электрическое сопротивление должно составлять не менее 0,5 МОм. Существует три вида изоляции: рабочая, двойная и усиленная рабочая. Использование рабочей изоляции характерно для приборов и электрических устройств, которые осуществляют свое нормальное функционирование и защищают от возможного электрического поражения. Двойную изоляцию,

которая состоит из рабочей и дополнительной, используют с целью повышения надежности и электробезопасности оборудования. Двойная изоляция должна иметь сопротивление в 10 раз большее сопротивление рабочей изоляции или не менее 5 МОм. Усиленная рабочая изоляция обеспечивает такую же степень защиты как двойная и используется в ответственных электроустановках.

Защитное заземление или зануление в электроустановках используется для исключения поражения человека электрическим током при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям электрооборудования [23].

Обеспечение электробезопасности и защиты от поражения электрическим током необходимо проводить в комплексе используя средства коллективной и индивидуальной защиты.

Категория по поражению электрическим током: дизельные электростанции относятся к помещениям с повышенной опасностью, из-за возможности прикосновения человека к электрооборудованию под напряжением и одновременно к заземленным частям электрооборудования [24].

4.1.5.4.2 Работа с вращающимися и движущимися частями

Безопасность от получения травмы от вращающегося оборудования обеспечивается закрытием их специальным корпусом и наличием заборов, которые ограждают рабочую зону от вращающихся частей механизмов [25].

4.1.5.4.3 Повышенная температура поверхности оборудования

Безопасность от получения ожогов от поверхности оборудования высокой температуры ограждением рабочей зоны от опасных источников заборами и предупреждающими знаками.

4.2 Экологическая безопасность

4.2.1 Отходы производимые при эксплуатации электростанции

При работе мини-ТЭЦ с дизельными двигателями образуются следующие газообразные отходы: оксиды азота, оксид углерода, углеводороды,

сажа, диоксид серы, формальдегид, 3,4 бензапирен. Также образуются твердые отходы: оборудование, после окончания срока службы.

Неблагоприятное действие на окружающую среду оказывают оксиды серы, разрушающие хлорофилл растений, повреждающие листья и хвою. Поступающий в атмосферу триоксид серы (SO_3), взаимодействуя с влагой воздуха, образует серную кислоту. При неполном сгорании топлива продукты сгорания содержат токсичную окись углерода, углеводороды, в том числе сложные полициклические ароматические углеводороды (некоторые из них являются канцерогенными соединениями) и сажу. Оксид углерода (CO) изменяет состав крови (вытесняет молекулы O_2 в гемоглобине), приводит к нарушению нервной деятельности. При сжигании топлива могут образовываться оксиды азота. При окислении молекулярного азота кислородом воздуха образуется окись азота (NO). В дальнейшем окись азота частично окисляется до двуокиси (NO_2). Диоксид азота оказывает раздражающее действие на дыхательные пути и слизистую оболочку глаза. В присутствии влаги NO_2 легко вступает во взаимодействие с кислородом воздуха, образуя азотную кислоту (HNO_3). Оксиды азота, поглощая естественную солнечную радиацию, снижают прозрачность атмосферы и способствуют образованию фотохимического смога.

4.2.2 Решение по обеспечению экологической безопасности

Экологическая безопасность регулируется ГОСТом 305-82 «Топливо дизельное. Технические условия», который предъявляет определенные требования к дизельному топливу.

С целью уменьшения издержек в производстве, а также количества и масштаба свалок оборудование на электростанция, у которого закончился срок эксплуатации или которое вышло из строя в дальнейшем отправляется на переработку. При этом предварительно перед сдачей все комплектующие оборудования необходимо сортировать по группам, в зависимости от материала.

4.3 Защита в чрезвычайных ситуациях

Возможные ЧС: пожар, аварийное отключение потребителей.

4.3.1 Пожароопасность

На электростанции возникновение пожара возможно из-за использования в качестве топлива горючих веществ, а также возможно возгорание трансформаторного масла.

Пожаробезопасность регулируется нормативными документами: ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ и ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ о «Пожаро - и взрывобезопасности» [22].

При возникновении пожара, рабочий персонал обязан соблюдать регламент и действовать согласно ему:

- 1) Вызывать пожарную команду;
- 2) Оповестить руководство станции;
- 3) Произвести необходимые отключения и заземления оборудования;
- 4) Встретить пожарную команду, производит инструктаж по ПТБ;
- 5) Выдать разрешение (допуск) на тушение пожара;

Персонал должен иметь подручные и табельные средства пожаротушения, в случае тушения пожара на начальной стадии.

– подручные: песок, вода, покрывало, одеяло и т. п.

– табельные: огнетушитель, топор, багор, ведро, пожарные краны и гидранты.

В соответствии с ГОСТ 12.4.009—75* емкости для хранения запаса воды должны быть не менее 0,2 м³ каждая и должны комплектоваться ведром.

Вместимость ящиков для песка должна быть 0,5; 1,0; 3,0 м³ и должна комплектоваться совковой лопатой по ГОСТ 3620 – 76.

Причины возникновения пожара: короткое замыкание; удар молнии; сварочные работы; курение.

Категория по пожароопасности: дизельная электростанция относится категории В1 по пожарной опасности, поскольку имеются горючие жидкости: дизельное топливо; трансформаторное масло, в больших количествах [26].

4.3.2 Аварийное отключение потребителей

Аварии на электростанциях с долговременным перерывом электроснабжения. Возможность таких аварий зависит от работы электростанции в изолированном режиме или параллельно с сетью.

При изолированной работе выход из работы генератора может быть вызван резким набросом или сбросом нагрузки большой мощности, так как в генераторы в распределительных сетях имеют малое значение постоянной инерции они легко выходят из синхронизма.

При параллельной работе наиболее частой причиной является аварии во внешней сети, например, длительное КЗ на линии соединяющий распределенную генерацию с внешней сетью, при которой сработает технологическая защита генератора и отключит его.

В настоящее время разрабатывается противоаварийная автоматика для сетей содержащих распределенную генерацию.

4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

На сегодняшний день нормы выдачи спецодежды в энергетике регламентируется Приказом Минздравсоцразвития РФ №340н от 25 апреля 2011, утверждающий отраслевые нормы выдачи спецодежды, обуви и прочих средств индивидуальной защиты работникам электроэнергетической промышленности.

Особенностью работы в сфере электроэнергетического комплекса действительно является повышенный риск получения травм различной степени тяжести. Именно поэтому в Нормах выдачи спецодежды прописано, какие

категории работников должны быть снабжены термостойкими комплектами, защищающими от электрической дуги. К ним относятся:

- электромонтеры, обслуживающие подстанции;
- электромонтеры, обслуживающие электрооборудование электростанций;
- электромонтеры главного щита управления электростанций;

Пример норм выдачи спецодежды работникам электроэнергетической промышленности представлен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Норма выдачи спецодежды электромонтеру на электростанции

Наименование спецодежды	Срок использования и нормы выдачи
Костюм из термостойких материалов	1 костюм на 2 года
Куртка-накидка из термостойких материалов	1 на 2 года
Куртка-рубашка из термостойких материалов	1 на 2 года
Фуфайка-свитер из термостойких материалов	1 на 2 года
Белье нательное хлопчатобумажное или белье нательное термостойкое	2 комплекта на 1 год

Продолжение таблицы 4.8

Перчатки трикотажные термостойкие	4 пары на 1 год
Ботинки кожаные с защитным подноском	1 пара на 1 год
Каска термостойкая с защитным щитком для лица с термостойкой окантовкой	1 на 2 года
Подшлемник под каску термостойкий	1 на 2 года
Средство индивидуальной защиты органов дыхания	До износа
Наушники противозумные	До износа
Плащ термостойкий для защиты от воды	1 на 3 года
Сапоги резиновые с защитным подноском	1 пара на 2 года

Работы по обслуживанию и ремонту действующих электроустановок с напряжением 42 В и выше переменного тока, 110 В и выше постоянного тока, а также монтажные, наладочные работы, испытания и измерения в этих электроустановках, предусматривает прохождение медосмотра с периодичностью 1 раз в 2 года.

В соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации, Правительство Российской Федерации постановлением от 20.11.2008 №870 установило работникам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и опасными и иными особыми условиями труда, по результатам аттестации

рабочих мест следующие компенсации: повышение оплаты труда, сокращенную продолжительность рабочего времени и ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск.

В соответствии со статьей 219 Трудового кодекса РФ в случае обеспечения на рабочих местах безопасных условий труда, подтвержденных результатами аттестации рабочих мест по условиям труда или заключением государственной экспертизы условий труда, компенсации работникам не устанавливаются.

Вывод

В данной работе рассматривалось воздействие вредных и опасных факторов в рабочей зоне дизельной электростанции на организм человека и меры принимаемые для ограничения воздействия этих факторов. Также были рассмотрены чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть и меры, принимаемые при возникновении таковой. Затем были рассмотрены действующие документы, регулирующие правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящей работе рассматриваются проблемы, возникающие при аварийном режиме отключения распределительной электрической сети содержащую источники генерации малой мощности от энергосистемы. Распределительные электрические сети содержащие источники генерации малой мощности является перспективным развитием в области энергетики в настоящее время так как они позволяют: сократить дорогие и неэффективные затраты на передачу электроэнергии на длинные расстояния; повысить надежность схемы, обеспечивая электроэнергией ответственных потребителей при потере связи с энергосистемой; сократить загрязнение атмосферного воздуха продуктами сжигания попутного нефтяного газа.

Само НТИ посвящается анализу режимов изолированной и параллельной работы распределенной генерации.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности НТИ, разработка механизма управления режимами и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации и эксплуатации.

5.1 Определение концепции НТИ, факторов микро- и макросреды, анализ рынка продукта, экспертная оценка эффективности, SWOT-анализ

Проводится SWOT анализ НТИ, который позволяет оценить факторы и явления способствующие или препятствующие продвижению результатов НТИ на рынок. Для анализа НТИ составлена таблица 5.1.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон НТИ, в выявлении возможностей и угроз для реализации НТИ, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 5.1 – SWOT анализ НТИ

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Уменьшение стоимости электроэнергии за счет исключения передачи электроэнергии на дальние расстояния С2. Утилизация попутного газа С3. Уменьшение выбросов вредных газов в атмосферу С4. Повышение надежности схемы С5. Повышение качества электроэнергии С6. Разгрузка электрических сетей по пропускной способности С7. Использование возобновляемых источников энергии	В1. Возможность применения на любом крупном предприятии, в городских и в сельских электросетях;
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Пересчет уставок срабатывания релейной защиты и автоматики Сл2. Понижение качества электричества Сл3. Малая постоянная инерции турбины генератора Сл4. Быстрый переход в асинхронный режим Сл. При минимальных нагрузках возможно недопустимое повышение напряжения Слб. Повышение уровней токов КЗ	У1. Отсутствие нормативных документов по присоединению генерирующих мощностей в распределительной сети

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон НТИ внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 5.2 – Интерактивная матрица НТИ

Сильные стороны НТИ								
Возможности НТИ		С1	С2	С3	С4	С5	С6	С7
	В1	+	+	+	+	+	+	+

Из приведенного анализа можно сделать вывод о том, что направление имеет огромный потенциал в сфере энергетики.

Одним из главных негативных влияний является необходимость пересчета всех уставок релейной защиты и автоматики или в наихудшем случае замена другими видами защит и автоматик, что повышает стоимость исследований.

На данном этапе развития распределенная генерация используется в основном нефте-, газодобывающими компаниями и угледобывающими предприятиями, так как эти предприятия располагают большим количеством попутного газа при добыче природных ископаемых, также непрерывное и надежное функционирование частотно-регулируемых электродвигателей бурильных установок является главным требованием при добыче, а наличие собственных мощностей уменьшает риски появления данного события при авариях во внешней сети, что позволяет уменьшить себестоимость добытого газа и нефти.

5.2 Организация и планирование исследовательских работ

5.2.1 Разработка календарного плана

В данном пункте разрабатывается комплекс взаимосвязанных организационных, технических, технологических, плановых, экономических и других мероприятий, обеспечивающих выполнение программы внедрения в необходимые сроки при минимальных затратах труда, материально-технических и других ресурсов.

Планирование исследований – это составление календарных планов выполнения комплексов работ, определение денежных средств, необходимых для их реализации, а также трудовых и материальных ресурсов [37].

Содержание работ в рамках технической подготовки внедрения исследований:

- 1) определение структуры работ в рамках НТИ;
- 2) определение участников каждой работы;
- 3) установление продолжительности работ;
- 4) построение графика осуществления НТИ;
- 5) расчет затрат на осуществление исследований.

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости ($t_{ожі}$) используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (5.1)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ представлен в таблице 5.3.

Исполнители работ: РП – руководитель; С – студент.

Таблица 5.3 – Этапы реализации исследований

Содержание работ	Продолжительность работ, ожид/день			Исполнители
	t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	
1. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП				
1.1 Разработка технического задания	1	3	2	Р,С
1.2 Сбор необходимой информации по оборудованию	4	6	5	С
1.3 Сбор необходимой информации по схеме исследования	7	10	8	С
2. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ				
2.1 Разработка и утверждение возможных аварийных режимов работы	15	30	21	Р,С
2.2 Определение возможных вариантов развития аварии	25	40	31	С
2.3 Определение возможных вариантов восстановления нормальных режимов	25	40	31	С

Продолжение таблицы 5.3

2.4 Определения возможных последствий послеаварийных режимов на генератор	6	10	10	С
2.5 Определения возможных последствий послеаварийных режимов на потребителя	6	10	10	С
2.6 Определения возможных последствий послеаварийных режимов на энергосистему	6	10	10	С
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ				
3.1 Изучение программного обеспечения MatLAB/Simulink	15	20	17	С
3.2 Моделирование режимов в программной среде MatLAB/Simulink	15	20	17	С
3.3 Анализ полученных результатов	3	4	4	Р,С
3.4 Создание отчета по проделанной работе	5	7	6	С
3.5 Согласование с руководителем	1	3	2	С
4. ВНЕСЕНИЕ КОРРЕКТИРОВОК В РАЗРАБОТКИ И ИССЛЕДОВАНИЯ				
4.1 Корректировка отчета	5	7	6	С
5. ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП				
5.1 Формирование комплекта документации	7	10	8	С
5.2 Проверка комплекта документации руководителем	1	3	2	Р
5.3 Сдача результатов НТИ	1	1	1	С

В рамках планирования НТИ необходимо построить ленточный или сетевой графики. Для достижения этой цели необходимо построить график работ, который приведен в приложении Б.

Ожидаемое время работы $T_{ож} = 191$ дней.

Результаты планирования показали, что время, затраченное на исследования для: студента (С) – 179 дней; руководителя (Р) – 12 дней. При расчете не учитывались выходные и праздничные дни. Для учета выходных и праздничных дней, рабочие дни переводятся в календарные дни, для перевода используется формула:

$$t_{кал} = \frac{t_{раб}}{K_{пер}}, \quad (5.2)$$

где $t_{кал}$ – общая продолжительность НИР в календарных днях;

$t_{раб}$ – общая продолжительность НИР в рабочих днях;

$K_{пер}$ – переводной коэффициент равный 0,66.

Итого календарных дней:

$$t_{\text{кал}} = \frac{t_{\text{раб}}}{\kappa_{\text{пер}}} = \frac{191}{0,66} = 290 \text{ дней.}$$



Рисунок 5.1 – Диаграмма длительности этапов работ

Таким образом, произведена разработка календарного плана выполнения работ и структуры работ; определен состав участников, выполняющих работы, которая включает студента и руководителя; разработан ленточный график технической подготовки производства, который позволил подсчитать количество дней выполнения всего объема работ, составляет 290 календарных дня или 191 рабочий день.

5.2.2 Расчет сметы затрат

Целью планирования себестоимости проведения НТИ является экономически обоснованное определение величины затрат на его выполнение.

Планирование и учет себестоимости НТИ производится путем составления калькуляции плановой себестоимости, которая составляется по статьям затрат и экономическим элементам. Классификация по статьям калькуляции позволяет определить себестоимость отдельной работы [38].

Исходными данными для расчета затрат является план работ и перечень требуемой аппаратуры, оборудования, сырья и материалов.

Затраты на осуществление НТИ рассчитываются по следующим статьям расходов с последующим суммированием:

- расходов на заработную плату;
- отчислений во внебюджетные страховые фонды, составляют 30% от расходов на заработную плату;
- накладные расходы, составляют 16% от полной стоимости НТИ.

5.2.3 Расчет расходов на заработную плату

Полная заработная плата состоит из основной и дополнительной заработных оплат труда.

Основная оплата труда рабочих, непосредственно занятых изготовлением конкретного изделия, которая складывается из заработной платы производственных рабочих по сдельным расценкам в соответствии с установленными по операциям технологического процесса, в данной части НТИ, нормами времени, доплат, премий, учитывая районный коэффициент выплачиваемых из ФОТ.

Дополнительная заработная плата производственных рабочих включаются выплаты, предусмотренные ТК РФ или коллективным договорами за непроработанное время:

- оплата времени отпусков (работник имеет право на отдых, обеспеченный установлением предельной продолжительности рабочего времени, предоставлением выходных дней, а также оплачиваемых ежегодных отпусков);
- оплата времени выполнения государственных и общественных обязанностей;
- оплата перерывов в работе кормящих матерей;
- оплата льготных часов подростков;

– оплата выходного пособия при увольнении и др. (Увольнение бывает: по инициативе работника, по инициативе администрации, вследствие сокращения численности или штата. В последнем случае работникам выплачивается выходное пособие в размере среднего месячного заработка, сохраняется средняя заработная плата на период трудоустройства, но не свыше двух месяцев со дня увольнения).

Принятые размеры доплат и премий представлены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Принятые размеры доплат и премий

Исполнитель	Размер доплат и премий	Основание
Руководитель	Доплата 15%	Выполнение сложного задания
	Премия 15%	Качество работы и высокий профессионализм
Студент	Доплата 20%	Выполнение сложного задания
	Премия 10%	Качество работы

Полная заработная плата труда одного исполнителя:

$$Зп_{\text{полн}} = Зп_{\text{осн}} + Зп_{\text{доп}}, \quad (5.3)$$

где $Зп_{\text{полн}}$ – полная заработная плата, тыс.руб.;

$Зп_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, тыс.руб.;

$Зп_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, тыс. руб.

Основная заработная плата:

$$Зп_{\text{осн}} = Зп_{\text{тар}} + \text{Допл} + \text{Прем} + \text{р.к.}, \quad (5.4)$$

где $Зп_{\text{тар}}$ – тарифная заработная плата с учетом количества отработанных дней, тыс.руб.;

Допл – доплаты, тыс.руб.;

Прем – премии, тыс.руб.;

р.к. – коэффициент, учитывающий районное регулирование заработной платы, тыс.руб., составляет 30% от суммы всех начислений для города Томск.

Тарифная заработная плата с учетом количества отработанных дней, для повременной заработной платы:

$$Зп_{тар} = (Кол.д. \times Окл) / 22, \text{ тыс. руб.} \quad (5.5)$$

где Кол.д. – количество дней, дн.;

Окл – оклад исполнителя, тыс. руб.

Дополнительная заработная плата:

$$Зп_{доп} = (0,12 \div 0,20) \times Зп_{осн}, \text{ тыс. руб.} \quad (5.6)$$

Результаты расчета основной заработной платы каждого исполнителя приведены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Расходы на оплату труда

Исполнители	Кол-во отработанных дней, дн.	Оклад, тыс. руб.	$Зп_{тар}$, тыс. руб.	Допл + Прем, тыс. руб.	р.к., тыс. руб.	$Зп_{осн}$, тыс. руб.
Руководитель	12	5	2,7	0,8	0,8	4,3
Студент	179	3	24,4	7,3	7,3	39
Итого						43,3

Для упрощения расчета полная заработная плата находится по выражению 5.7.

$$Зп_{полн} = 1,15 \cdot \Sigma Зп_{осн}, \text{ тыс. руб.} \quad (5.7)$$

Результат расчета полной заработной платы:

$$Зп_{полн} = 1,15 \cdot 43,3 = 49,8 \text{ тыс.руб.}$$

5.2.4 Расчет материальных расходов

Материальные затраты отражают стоимость приобретенных материалов и сырья, которые входят в состав вырабатываемой продукции, образуя ее основу, или являются необходимыми компонентами при изготовлении продукции [39].

Рассчитываем материальные затраты ($I_{мат}$). Результаты расчета сведем в таблицу 5.6.

$$I_{мат} = K_{комп} + K_{прин} + K_{бум} + K_{карт}$$

Таблица 5.6 – Материальные затраты

Материалы и оборудование	Ед. изм	Срок службы, год	Кол-во материала, ед	Цена за ед, руб	Затраты, руб
Компьютер	шт	7	1	35500	35500
Принтер лазерный цветной	шт	5	1	5500	5500
Бумага формата А4 (упаковка)	лист	-	1	200	200
Картридж ч/б	шт	-	1	400	400
Картридж цветной	шт	-	1	800	800
Итого:					42400

Амортизация основных фондов – сумма амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, вычисленная исходя из их балансовой стоимости и утвержденных норм амортизации. Корректно при расчете затрат учитывать в году приобретения и в последующие годы только ту часть затрат, которая происходит от старения основных фондов в каждом году [37].

Рассчитаем амортизацию компьютерной техники ($I_{\text{ам.комп.техн.}}$).

Для расчета амортизации оборудования воспользуемся следующей формулой:

$$I_{\text{ам.комп.техн.}} = (T_{\text{исп.к.т.}}/365) \times K_{\text{комп.т.}} \times N_a, \quad (5.8)$$

где $T_{\text{исп.к.т.}} = 290$ дней – время использования компьютерной техники;

365 дней – число дней в году;

$K_{\text{комп.т.}}$ – стоимость компьютерной техники;

N_a – норма амортизации.

$$K_{\text{комп.т.}} = K_{\text{комп}} + K_{\text{принтера}} \quad (5.9)$$

где $K_{\text{комп}}$ – стоимость компьютера, руб.;

$K_{\text{принтера}}$ – стоимость принтера, руб.;

$$N_a = 1/T_{\text{сл к.т.}}, \quad (5.10)$$

где $T_{\text{сл к.т.}}$ – срок службы компьютерной техники, год.

$$I_{\text{ам.комп.}} = (T_{\text{исп.к.т.}}/365) \times K_{\text{комп.т.}} \times N_a = (290/365) \times 35500 \times (1/7) = 4029,4 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.прин.}} = (T_{\text{исп.к.т.}}/365) \times K_{\text{комп.т.}} \times N_a = (290/365) \times 7800 \times (1/5) = 1239,4 \text{ руб.}$$

$$I_{\text{ам.комп.техн}} = 2 \cdot I_{\text{ам.комп.}} + I_{\text{ам.прин}} = 4029,4 + 1239,6 = 5268,8 \text{ руб.}$$

Результаты расчета сведем в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Затраты на амортизацию оборудования

Наименование оборудования	К _{комп.т} руб.	Т _{исп.к.т.} , дней.	I _{ам.комп.техн.} , руб
Компьютер	35500	290	4029,4
Принтер лазерный цветной	5500	290	1239,4
Итого:	5268,8		

5.2.5 Смета расходов на осуществление НТИ

В таблице 5.8 приведена смета расходов на осуществление НТИ.

Таблица 5.8 – Смета расходов на осуществление НТИ

Наименование	Сумма; тыс.руб.	Структура затрат; %
1) Материальные расходы	42,4	33,0
2) Расходы на оплату труда	49,8	39,0
3) Отчисления во внебюджетные фонды	14,9	12,0
4) Накладные расходы	20,4	16,0
Итого	127,5	100,0

Таким образом, рассчитана смета расходов на осуществление НТИ, по итогу получена полная сумма затрат в размере 127,5 тыс. руб. для реализации.

5.3 Анализ и оценка научно-технического уровня НТИ

Оценка научной ценности производится на основе расчета коэффициента научно-технического уровня. Расчет коэффициента производится по методу, балльных оценок который заключается в определении показателей научно-технического уровня которым присваивается определенное количество баллов по принятой шкале. Вывод о научно-техническом уровне можно сделать, просуммировав баллы по всем признакам с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле 5.11 [37].

$$НТУ = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \Pi_i \quad (5.11)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

Π_i – количественная оценка i – го признака.

Таблица 5.9 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0,4
Теоретический уровень	0,4
Возможность реализации	0,2

Таблица 5.10 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-3	Низкий НТУ
3-6	Средний НТУ
7-10	Высокий НТУ

Таблица 5.11 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, вещество, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0,5

Таблица 5.12 – Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
Уже реализуется, но есть много недостатков	8
В течение первых лет	6
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0,4, P_1 = 13, k_2 = 0,4, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0,2, P_3 = 8, k_4 = 0,2, P_4 = 2.$$

$$\text{НТУ} = 0,4 \cdot 13 + 0,4 \cdot 8 + 0,2 \cdot 8 + 0,2 \cdot 2 = 7,02$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что исследования имеют высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в настоящее время в Российской Федерации в основном в нефтедобывающей промышленности, из-за наличия попутного газа, который является первичным

топливом для распределенной генерации; угледобывающей промышленности, также из-за наличия попутных газов; в альтернативной энергетике.

Вывод

В данном разделе выпускной квалификационной работе произведена следующая работа:

- выявлены сильные и слабые стороны и влияние внешней среды на научно-исследовательский проект, так, выявлены технические и нормативные проблемы, связанных с внедрением распределенной генерации, но и присутствует большой потенциал в связи с утилизацией попутного газа и внедрением возобновляемых источников энергии, которые позволят разгрузить существующие сети по пропускной способности,
- осуществлено планирование работ по НТИ. Общая продолжительность работ составляет 290 календарных дня;
- рассчитана смета расходов на осуществление НТИ, по итогу получена полная сумма затрат в размере 127,5 тыс. руб. для реализации НТИ;
- произведена оценка научно-технического уровня НТИ, определившая высокую значимость теоретического и практического уровня исследования.

Таким образом, выполнены все задачи, поставленные в разделе. Данное исследование можно охарактеризовать как актуальное и целесообразное.

Заключение

Настоящая работа была посвящена исследованию особенностей режимов работы распределенной генерации при подключении их к сетям и произведена следующая работа:

- изучен опыт эксплуатации и технологического присоединения распределенной генерации, в ходе которого были изучены выявленные особенности режимов работы распределенной генерации и технические особенности электроустановок;

- оценен уровень токов КЗ при подключении распределенной генерации, который показал их рост, увеличение ударных токов, что может потребовать замены существующего оборудования;

- оценена необходимость установки регуляторов частоты с параметрами, удовлетворяющими [8], для обеспечения безаварийной работы, так как для распределенной генерации характерно малое значение постоянной инерции вала, что может относительно быстро привести к асинхронному режиму;

- оценена возможность ресинхронизации распределенной генерации, в зависимости от процентного соотношения мощности двигательной нагрузки и мощности распределенной генерации, который показал возможность ресинхронизации при меньшем её соотношении;

- проведен анализ возможных вредных и опасных факторов, воздействующих на электромонтера обслуживающего генераторную установку и предложен ряд мер необходимых для ограничения этих факторов на человека;

- оценен вред, оказывающий на окружающую среду при эксплуатации распределенной генерации и предложены меры, ограничивающие их;

- изучены правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности при эксплуатации дизельного генератора;

– определена перспективность НТИ, разработан план работ по НТИ, рассчитана смета расходов на осуществление исследований.

Таким образом, исследование особенностей режимов работы при подключении распределенной генерации является актуальной темой для изучения, поскольку имеет большое количество задач для решения.

Список используемых источников

1. Зайченко В.М., Цой А.Д., Штеренберг В.Я. Распределенной производство энергии. – М.: БуКос, 2008. – 207 с., ил.
2. Беляев А.В. Защита, автоматика и управление на электростанциях малой энергетики (Часть 1). М.: НТФ «Энергоэкспресс», 2010. – 84 с.: ил. [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик», Вып. 6 (138)].
3. Илюшин Ю.Н. Кучерова на тему «Подходы к оценке возможности обеспечения надежного электроснабжения потребителей за счет строительства объектов распределенной генерации», журнал «Электро» № 5, 2014 г.
4. Беляев А.В., Юрганов А.А. Защита, автоматика и управление на электростанциях малой энергетики (Часть 3). М.: НТФ «Энергоэкспресс», 2010. – 90 с.; ил [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 8 (140)].
5. Беляев А.В. Защита, автоматика и управление на электростанциях малой энергетики (Часть 2). М.: НТФ «Энергоэкспресс», 2010. – 84 с.; ил [Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик»; Вып. 7 (139)].
6. М.С. Волкова "Особенности схем выдачи мощности объектов распределенной генерации", журнал «Энергоэксперт» № 5, 2015 г., рубрика "Распределенная генерация". - 6 с.(7)
7. Онисова О.А. Совершенствование релейной защиты электроэнергетических систем с малыми распределёнными электрическими станциями. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Чебоксары: 2015 год. 186 с. (9)
8. В.О. Самойленко, О.Л. Коркуновой, А.В. Паздерина, Н.Н. Новикова «Особенности отключения токов коротких замыканий генераторов малой мощности», журнал «Релейщик» № 4, 2014 г. (22)
9. Илюшин П.В. Презентация на тему «Распределенная генерация (включая ВИЭ) ТК 016 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»». - М.: РНК СИГРЭ. 2014 год. - 22 стр. (17)

10. F. Gonzalez-Longatt and C. Fortoul. «Review of the Distributed Generation Concept: Attempt of Unification» International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICREPQ '05), Espana, 16-18 March 2005.(13)
11. Российская Федерация. Федеральный закон об электроэнергетике от 26.03.2003 №35-ФЗ // http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 30.05.2016) (18)
12. Правила технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электроэнергии, объектов по производству электроэнергии, а также объектов электросетевого хозяйства, принадлежащих сетевым организациям и иным лицам, к электрическим сетям: Постановление Правительства Российской Федерации №861 от 27.12.2004 г. (19)
13. Приказ Минпромэнерго РФ от 30.04.2008 N 216 "Об утверждении Методических рекомендаций по определению предварительных параметров выдачи мощности строящихся (реконструируемых) генерирующих объектов в условиях нормальных режимов функционирования энергосистемы, учитываемых при определении платы за технологическое присоединение таких генерирующих объектов к объектам электросетевого хозяйства". (20)
14. Правила технической эксплуатации дизельных электростанций. - М.: Изд. ЭНАС. 2005 год. - 202 с.
15. ГОСТ Р 55231-2012. Системы автоматического регулирования частоты вращения (САРЧ) судовых, тепловозных и промышленных двигателей внутреннего сгорания. - М.: Стандартинформ 2013 год. - 18 с.
16. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. - М.: Изд. Омега-Л. 2013 год. - 256 с.
17. Обеспечение надежного электроснабжения потребителей от объектов распределенной генерации при параллельной работе с сетью и в изолированном режиме. Илюшин П.В. Казань 2015 Техническая инспекция ЕЭС 23 с.
18. Распоряжение правительства Российской Федерации от 20 октября 2015 г. № 2098-р. Москва. - 6 с.
19. Презентация отдела развития электроэнергетических систем, Филиал ОАО «НТЦ ЕЭС». Особенности проектирования схем выдачи мощности (СВМ) объектов распределенной генерации. Нормативная база при выполнении СВМ. - М. 2015 год. - 17 с.
20. ГОСТ Р ИСО 26000. Руководство по социальной ответственности. - М.: Стандартинформ, 2014 год. - 11 с.

21. ГОСТ 12.0.002-80*. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002 год. - 14 с.
22. НПБ 05-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Введ. 2003-08-01. 31 с.
23. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок: приказ министерства труда и социальной защиты РФ от 24 июля 2013 г. № 328н. - М., 2013.- 99 с.
24. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. 2003 год. - 7 с.
25. Рожкова Л.Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. - 3-е изд., стер. - Москва: Академия, 2006. - 448 с.
26. Правила устройства электроустановок ПУЭ : Утв. Мин.топлива и энергетики РФ. - 7-е изд. - Москва: НЦ ЭНАС, 2013. - 579 с.
27. ГОСТ 12.1003-83. Шум общие требования безопасности. - М.: Стандартиформ, 2015 год. - 9 с.
28. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. - М.: Информационно-издательский центр, 2010 год. - 5 с.
29. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. - М.: Стандартиформ, 2005 год. - 8 с.
30. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 февраля 2014 г. – М.: КНОРУС, 2014. - 488 с.
31. ГОСТ 12.1.002-84 ССБТ. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. - М.: Издательство стандартов, 2009 год. – 3 с.
32. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы. - М.: Минздрав России, 1997 год. - 9 с.
33. ГОСТ 12.1.005-88* ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2004 год. - 16 с.
34. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России. 2003 год. - 7 с.

35. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. - М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997. - 16 с.
36. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание. - М.: ИПК Издательство стандартов. 2004 год. - 10 с.
37. Кондратьева М.Н. Экономика и организация производства: учебное пособие/ М.Н. Кондратьева, Е.В. Баландина, - Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 98 с.
38. Балашов А.И. Управление проектами: учебник для бакалавров/ А.И. Балашов, Е. М. Рогова, М. В. Тихонова, Е. А. Ткаченко; под ред. Е. М. Роговой. — М. : Издательство Юрай, 2013. — 383 с. — Серия : Бакалавр. Базовый курс.
39. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: Учебник для вузов. 6-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 496 с.

Приложение А

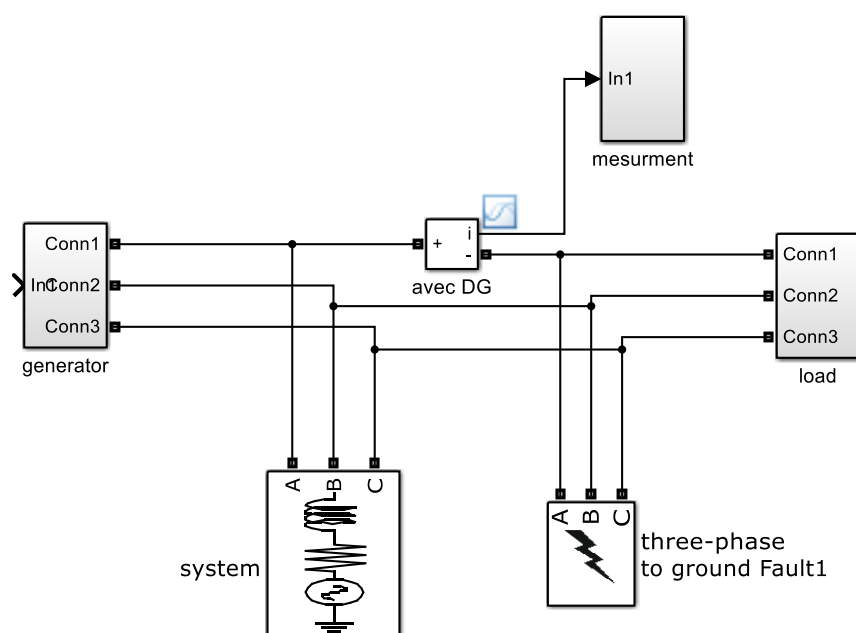


Рисунок А.1. Модель системы электроснабжения от распределенной генерации и системы

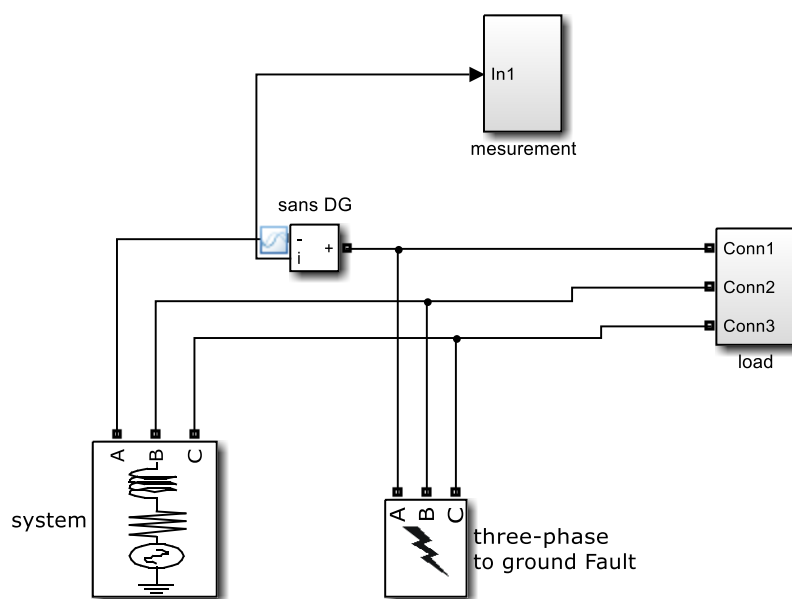
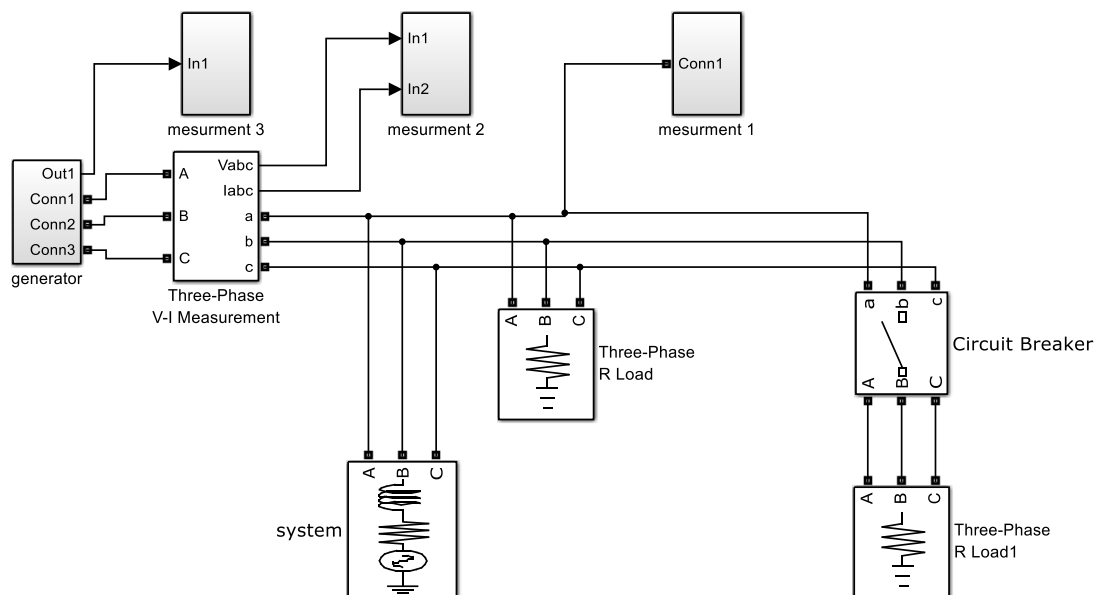
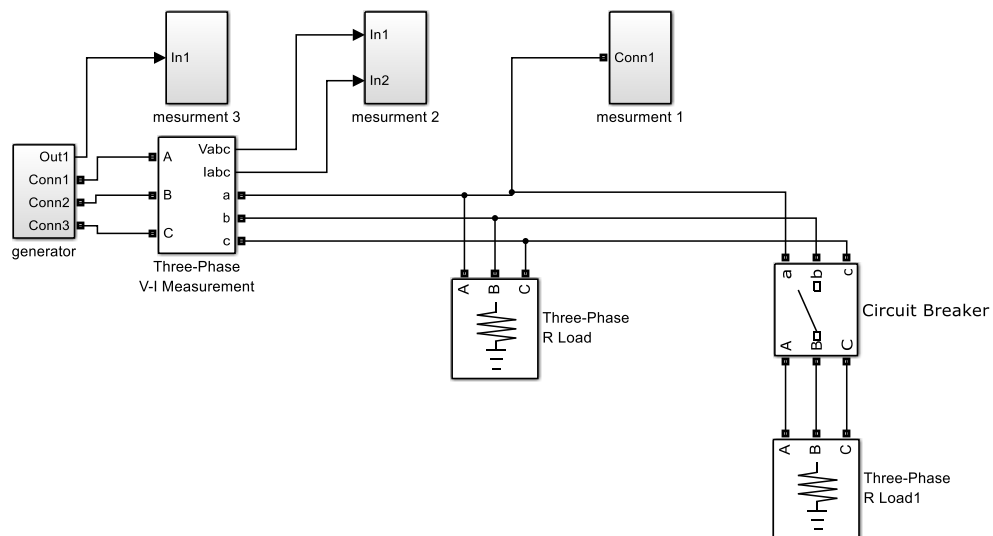


Рисунок А.2. Модель системы электроснабжения от системы



А.3. Модель системы при параллельной работе РГ



А.4. Модель системы при параллельной работе РГ

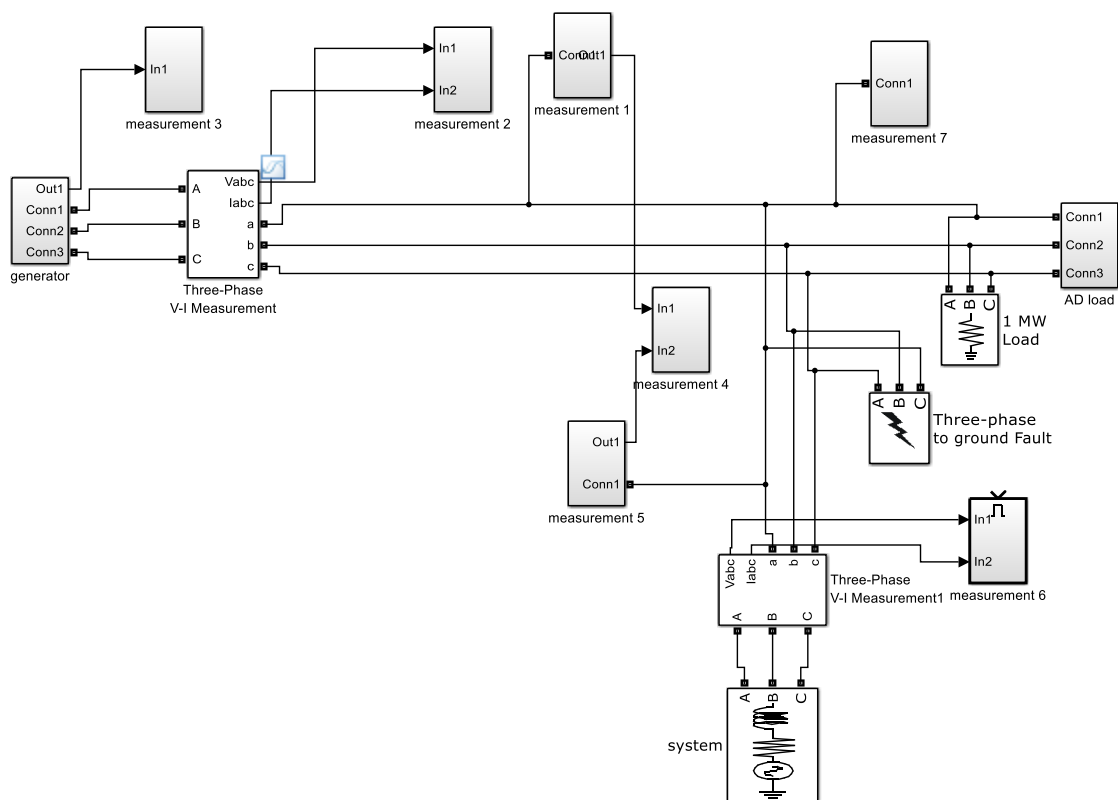


Рисунок А.5. Модель сети при исследовании ресинхронизации

Приложение Б

Таблица Б.1 – Графическое планирование работ

[illegible]

Продолжение таблицы П.1

Содержание работ						Рабочий день №														
						100	101	102	103	104	105	106	107	108	109					
2.4 Определения возможных последствий послеаварийных режимов на генератор																				
						110	111	112	113	114	115	116	117	118	119					
2.5 Определения возможных последствий послеаварийных режимов на потребителя																				
						120	121	122	123	124	125	126	127	128	129					
2.6 Определения возможных последствий послеаварийных режимов на энергосистему																				
Содержание работ				Рабочий день №																
				130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
3.1 Изучение программного обеспечения MatLAB/Simulink																				
Содержание работ			Рабочий день №																	
			147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	
3.2 Моделирование режимов в программной среде MatLAB/Simulink																				
Содержание работ												Рабочий день №								
												164	165	166	167					
3.3 Анализ полученных результатов																				
Содержание работ										Рабочий день №										
										168	169	170	171	172	173					
3.4 Создание отчета по проделанной работе																				
Содержание работ													Рабочий день №							
													174	175						
3.5 Согласование с руководителем по НТИ																				

Продолжение таблицы П.1

Содержание работ				Рабочий день №					
				176	177	178	179	180	181
4.1 Корректировка отчета									
Содержание работ				Рабочий день №					
				182	183	184	185	186	187
5.1 Оформление пояснительной записки									
Содержание работ								Рабочий день №	
								190	191
5.2 Проверка готовой пояснительной записки руководителем									
Содержание работ								Рабочий день №	
								192	
5.3 Сдача результатов НТИ									